T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BİR BETONARME BİNANIN TBDY-2018'E GÖRE PERFORMANS ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Necmettin KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Orkun YILMAZ

Kasım, 2024

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BİR BETONARME BİNANIN TBDY-2018'E GÖRE PERFORMANS ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Necmettin KAYA tarafından hazırlanan tez çalışması 15.11.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Orkun YILMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Orkun YILMAZ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Serkan BEKİROĞLU, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Hasan ÖZKAYNAK, Üye
Beykent Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Orkun YILMAZ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Mevcut Bir Betonarme Binanın TBDY-2018'e Göre Performans Analizi ve Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Necmettin KAYA

Değerli Aileme...

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başından sonuna her aşamasında farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, bana güvenen, yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Orkun YILMAZ'a teşekkürü borç bilirim.

Tez sürecinde desteklerini esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. İsmail AKKAYA'ya, İnş. Yük. Müh. Çağdaş TUNÇ'a, İnş. Yük. Müh. Saygı KOÇAK'a, İnş. Müh. Halit AKSOY'a teşekkür ederim.

Bu zorlu süreçte güveni ve sabrı ile her zaman yanımda olan ve dostluğunu, manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli Dr. Zeynep ÜNSAL ASLAN'a teşekkür ederim.

Bu süreçte desteğini esirgemeyen, sabır ve anlayışla yanımda olan değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Necmettin KAYA

(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ix
KISALTMA LİSTESİ xii
ŞEKİL LİSTESİ xiii
TABLO LİSTESİ xvii
ÖZET xxi
ABSTRACT xxiii
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 14
1.3 Orjinal Katkı 14
2 DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ VE ANALİZ 15
2.1 Doğrusal Hesap Yöntemleri 15
2.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri 16
2.2.1 İtme Yöntemleri 16
2.2.2 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri 18
2.3 Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri 19
2.3.1 Yığılı Plastik Davranış Modeli 21
2.3.2 Yayılı Plastik Davranış Modeli 22
2.4 Fiber Eleman Modellemesi 23
2.4.1 Fiber Elemanların Teorik Temelleri 23
2.4.2 Kesitlerin Liflere Bölünmesi ve Hesaplamalar 24
2.5 Plastik Mafsal Modellemesi 26
2.5.1 Plastik Mafsalların Davranış Modelleri 26
2.5.2 Moment-Eğrilik İlişkisi ve Kapasite Eğrisi 29
2.5.3 Plastik Mafsal Bölgelerinde Enerji Tüketimi 31

2.6 Betonarme Sistem Davranışı 33
2.6.1 Beton Malzemenin Davranışı 35
2.6.2 Çelik Malzemenin Davranışı 37

3 MEVCUT YAPININ GENEL ÖZELLİKLERİ İLE DEPREM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ 39

3.1 Mevcut Yapının Genel Özellikleri 39
3.1.1 Taşıyıcı Sistem Bilgileri 45
3.1.2 Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi 48
3.1.3 Zemin Bilgilerinin Belirlenmesi 50
3.2 Mevcut Yapının Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi 52
3.2.1 Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Önem Katsayısının Bulunması 52
3.2.2 Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)'nin Bulunması 53
3.2.3 Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)'nin Bulunması 54
3.2.4 Mevcut Yapının Bina Performans Hedefinin Belirlenmesi 55
3.3 Mevcut Yüklerin Tanımlanması 55
3.3.1 Sabit ve Hareketli Düşey Yüklerinin Belirlenmesi 55
3.3.2 Yatay Elastik Tasarım Spektrum Verilerinin Belirlenmesi 56
3.3.3 Bölgenin Depremselliği ve Geçmiş Depremler 58
3.3.4 Mevcut Yapı İçin Deprem Kayıtlarının Seçilmesi 59

4 ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ İLE MEVCUT YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ 64

4.1 Mevcut Yapının Taşıyıcı Sistem Modellenmesi 64
4.1.1 Taşıyıcı Sistem Modeli 64
4.1.2 Doğrusal Olmayan Hesap Modeli İçin Uygulanan Adımlar 66
4.1.3 Taşıyıcı Sistem İçin Tanımlanan Malzeme Sınıfları 67
4.1.4 Taşıyıcı Sistem İçin Tanımlanan Zemin Sınıfı 68
4.2 Doğrusal Olmayan Hesap Modeli 68
4.2.1 Malzeme Modellerinin Tanımlanması 68
4.2.2 Kolon ve Kiriş Elemanlar İçin Davranış Modelleri 73

4.2.3 Zaman Tanım Analında Doğrusal Olmayan Analiz Yönteminde Kullanılacak Deprem Yüklemelerin Tanımlanması 82

4.2.4 Zaman Tanım Analizinde Kullanılacak Sönüm Tanımlanması 85

4.2.5 Betonarme Taşıyıcı Elemanların Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi 86

4.2.6 Betonarme Yapı Elemanları İçin İzin Verilen Şekil Değiştirme Sınırlarının Belirlenmesi 87

4.2.7 Mevcut Yapı Modellemesine Ait Kolon ve Kiriş Etiketleri 95

4.2.8 Mevcut Yapı Mod ve Periyot Değerleri 101

4.2.9 Kolon ve Kiriş Elemanlarda Eğilme Tipi Hasar Dağılımları 102

4.2.10 Kolon ve Kiriş Elemanların Kesmede Etki/Kapasite Oranları 118

4.2.11 Mevcut Yapı Göreli Kat Ötelemelerinin Belirlenmesi 138

4.2.12 Mevcut Yapı Tepe Yer Değiştirme Değerleri 140

4.3 Elde Edilen Sonuçlara Göre Mevcut Yapının Deprem Performansının Değerlendirilmesi 141

4.3.1 Kolon Elemanlar 141

4.3.2 Kiriş Elemanlar 142

4.3.3 Yer Değiştirmeler (Göreli Kat Ötelemeleri) 142

4.3.4 Tepe Yer Değiştirme Değerleri 142

5 SABİT TEK MODLU İTME YÖNTEMİNE GÖRE MEVCUT YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ 143

5.1 Mevcut Yapının SAP2000 ile Sabit Tek Modlu İtme Yöntemine (Pushover Analizi) Göre Analizinin Yapılması 144

5.1.1 Sabit Tek Modlu İtme Yönteminin Yapı İçin Uygulanabilirlik Tahkikleri 146

5.1.2 Kapasite (İtme) Eğrisinin Elde Edilmesi 147

5.1.3 Modal Kapasite (İtme) Eğrisinin Elde Edilmesi 149

5.1.4 Hedef Yerdeğiştirme Talebinin Elde Edilmesi 150

5.2 Belirlenen Hedef Yerdeğiştirme Değerlerine Göre İtme Analizi Sonuçları 153

5.2.1 İtme Analizi Sonucunda Kolon ve Kiriş Elemanlarda Eğilme Tipi Hasar Dağılımları 153

5.2.2 İtme Analizi Sonucunda Kolon ve Kirişlerin Kesmede Etki/Kapasite Oranları 169

5.3 İtme Analizinden Elde Edilen Sonuçlara Göre Mevcut Yapının Deprem Performansının Değerlendirilmesi 181

5.3.1 Kolon Elemanlar 182

5.3.2 Kiriş Elemanlar 182

5.3.3 Tepe Yer Değiştirme Değerleri 183

6 SONUÇ **184**

KAYNAKÇA **192**

A BETONARME KOLONLARDA FİBER SAYISININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ **197**

A.1 Amaç 197

A.2 Kapsam 197

A.3 Yöntem 199

A.4 Değerlendirme 204

A.5 Sonuç 210

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **211**

SİMGE LİSTESİ

ϕ_y	Akma eğriliği [m^{-1}]
Δ_i	Ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi
Δ_{Ort}	Ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi
$S_{aR}(T)$	Azaltılmış tasarım spektral ivmesi [g]
E_c	Betonun elastisite modülü [MPa]
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]
V_c	Betonun kesme kuvveti dayanımına katkısı [kN]
f_{cm}	Betonun ortalama basınç dayanımı [MPa]
T_p	Binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
I	Bina önem katsayısı
H_N	Bina toplam yüksekliği [m]
a_i	Bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
T_1	Birinci moda ait doğal titreşim periyodu [s]
ω_1	Birinci mod doğal açısal frekansı [rad/s]
f_{yk}	Çeliğin karakteristik akma dayanımı [MPa]
$S_{de}(T)$	Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme [m]
$S_{di}(T)$	Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme [m]
Ø	Donatı çapı
ε_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
f_{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
E_s	Donatı çeliğinin elastisite modülü
ε_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
f_{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
b_k	En dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
s	Enine donatı aralığı [mm]
A_{sh}	Enine donatının alanı [mm^2]
f_{ywe}	Enine donatının ortalama akma dayanımı [MPa]

ω_{we}	Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirme sınırı
$\theta_p^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
ϕ_u	Göçme öncesi eğrilik [m^{-1}]
$\rho_{sh,min}$	Hacimsel enine donatı olanı küçük olanı
Φ_{Nx1}	i'inci katta birinci itme adımında belirlenen ve itme hesabı boyunca hiç değiştirilmeyen sabit mod şeklinin x doğrultusundaki genliği
η_{bi}	i'inci katta burulma düzensizliği katsayısı
S_s	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
F_s	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
b_w	Kirişin gövde genişliği
V_e	Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme kuvveti dayanımı
$\varepsilon_s^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim kısalması sınırı
$\theta_p^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\varepsilon_c^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
Γ	Modal katkı çarpanı
a_1	Modal sözde ivme [m/s^2[
d_1	Modal yerdeğiştirmesi [m]
L_p	Plastik mafsal boyu [m]
M_p	Plastik moment
F_1	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
α_{se}	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
b_o, h_o	Sargılı beton boyutları (Sargı donatısı eksenlerinden ölçülen)[mm]
$\varepsilon_s^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim kısalması sınırı

$\theta_p^{(SH)}$ [rad]	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
$\varepsilon_c^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
C_R	Spektral yerdeğiştirme oranı
ϕ_t	Toplam eğrilik
$S_{ae}(T)$	Yatay doğrusal elastik spektral ivme (g)
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
E	Yer değiştirme vektörü bileşenleri
V_d	Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
U_{Nx1}	(X) deprem doğrultusu için k'ıncı itme adımında N'inci katta (binanın tepesinde) x ekseni doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirme

KISALTMA LİSTESİ

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
BHB	Belirgin Hasar Bölgesi
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DD-1	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1
DD-2	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2
DD-3	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3
DD-4	Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
ETABS	Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GB	Göçme Bölgesi
GÖ	Göçme Öncesi Hasar
İHB	İleri Hasar Bölgesi
KH	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
PEER	Pacific Earthquake Engineering Research Center
PERFORM 3D	Performance-Based Design of 3D Structures
SAP2000	Integrated Software for Structural Analysis and Design
SH	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
ŞGDT	Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS500	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları [2]..... 2
Şekil 2.1 Doğrusal ve doğrusal olmayan (yığılı) eleman modellerinin karşılaştırılması 22
Şekil 2.2 Doğrusal ve doğrusal olmayan (yayılı) eleman modellerinin karşılaştırılması 22
Şekil 2.3 Sargılı-sargısız beton gerilme-şekil değiştirme diyagramı [1]..... 37
Şekil 2.4 Donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme diyagramı [1]..... 38
Şekil 3.1 Bodrum kat tavan kalıp planı 40
Şekil 3.2 Zemin kat tavan kalıp planı 41
Şekil 3.3 1.-2. Normal kat tavan kalıp planı 42
Şekil 3.4 3. Normal kat tavan kalıp planı 43
Şekil 3.5 A-A kesiti 44
Şekil 3.6 B-B kesiti.....45
Şekil 3.7 Kolon ve kiriş donatı detayları 46
Şekil 3.8 Türkiye deprem tehlike haritası [56] 57
Şekil 3.9 DD1-DD2-DD3 için spektral ivme-zaman grafiği 58
Şekil 3.10 Proje sahası çevresinde 1900-2023 yılları arasında kaydedilen depremler [58].....59
Şekil 3.11 Hedef spektrumun sisteme tanımlanması [59] 61
Şekil 3.12 Deprem kayıtlarının hedef spektrum ile çakıştırılması [59] 62
Şekil 4.1 Etabs üç boyutlu yapı modeli 64
Şekil 4.2 Etabs üç boyutlu hacimsel yapı görünüşü 65
Şekil 4.3 PERFORM-3D üç boyutlu yapı modeli 65
Şekil 4.4 Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme diyagramı [1]... 68
Şekil 4.5 C15-CONFINED sargılı beton mazeme grafiği PERFORM-3D için 70
Şekil 4.6 C15-CONFINED-2 sargılı beton mazeme grafiği PERFORM-3D için. 71
Şekil 4.7 Örnek Donatı çeliğine ait gerilme-şekil değiştirme grafiği [1] 72
Şekil 4.8 S220 donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme grafiği PERFORM-3D için 73
Şekil 4.9 Kolonların SAP2000 yardımı ile fiberlere parçalanması 74

Şekil 4.10 PERFORM-3D C50x25 kolonu için oluşturulan komponent (üst kat kolonları) 78

Şekil 4.11 PERFORM-3D C50x25 kolonu için oluşturulan komponent (bodrum kat kolonları) 78

Şekil 4.12 SAP2000'de B25x60-A kirişi için oluşturulan mander beton modeli . 79

Şekil 4.13 SAP2000'de B25x60-A kirişi için oluşturulan çelik donatı modeli..... 80

Şekil 4.14 PERFORM-3D B25x60-A kirişi için oluşturulan komponent 81

Şekil 4.15 Ölçeklendirilmiş deprem kayıtları 84

Şekil 4.16 X(H1) doğrultusu için eklenmiş olan deprem ivme kaydı (ivme (düşey)-zaman (yatay) grafiği) (ölçeklenmemiş) 84

Şekil 4.17 Y(H2) doğrultusu için eklenmiş olan deprem ivme kaydı (ivme (düşey)-zaman (yatay) grafiği) (ölçeklenmemiş) 85

Şekil 4.18 Tanımlanan rayleigh sönüm oranı 86

Şekil 4.19 Bodrum kat kolon ve kiriş eleman etiketleri 96

Şekil 4.20 Zemin kat kolon ve kiriş eleman etiketleri 97

Şekil 4.21 1. Normal kat kolon ve kiriş eleman etiketleri 98

Şekil 4.22 2. Normal kat kolon ve kiriş eleman etiketleri 99

Şekil 4.23 3. Normal kat kolon ve kiriş eleman etiketleri 100

Şekil 4.24 Yapının X(H1) doğrultusundaki periyodu (3.mod)..... 101

Şekil 4.25 Yapının Y(H2) doğrultusundaki periyodu (1.mod)..... 102

Şekil 4.26 Örnek Kesit hasar bölgeleri [1] 103

Şekil 4.27 Kolon ve kiriş elemanlarının DD-2 deprem düzeyi için göçme öncesi (GÖ) performans kriteri kontrolü (eğilme kontrolü) 104

Şekil 4.28 Kolon ve kiriş elemanlarının eğilme etkisinde kontrollü hasar (KH) performans kriteri kontrolü (eğilme kontrolü) 105

Şekil 4.29 Kolon ve kiriş elemanlarının eğilme etkisinde sınırlı hasar (SH) performans kriteri kontrolü (eğilme kontrolü) 105

Şekil 4.30 Bodrum kat kolonları hasar dağılım grafiği 110

Şekil 4.31 Zemin kat kolonları hasar dağılım grafiği 110

Şekil 4.32 1. Normal kat kolonları hasar dağılım grafiği 110

Şekil 4.33 2. Normal kat kolonları hasar dağılım grafiği 111

Şekil 4.34 3. Normal kat kolonları hasar dağılım grafiği 111

Şekil 4.35 Bodrum kat kirişleri hasar dağılım grafiği 117

Şekil 4.36 Zemin kat kirişleri hasar dağılım grafiği 117

Şekil 4.37 1. Normal kat kirişleri hasar dağılım grafiği 118

Şekil 4.38 2. Normal kat kirişleri hasar dağılım grafiği 118

Şekil 4.39 3. Normal kat kirişleri hasar dağılım grafiği 118

Şekil 4.40 Kolon ve kiriş kesme kuvveti gösterimi 119
Şekil 4.41 Bodrum kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör). 126
Şekil 4.42 Bodrum kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör). 127
Şekil 4.43 Zemin kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör). 127
Şekil 4.44 Zemin kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör). 127
Şekil 4.45 1. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör). 128
Şekil 4.46 1. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör). 128
Şekil 4.47 2. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör). 128
Şekil 4.48 2. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör). 129
Şekil 4.49 3. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör). 129
Şekil 4.50 3. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör). 129
Şekil 4.51 Bodrum kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 136
Şekil 4.52 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 136
Şekil 4.53 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 137
Şekil 4.54 2.Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 137
Şekil 4.55 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 137
Şekil 4.56 22 deprem kaydı için maksimum ve ortalama X yönü rölatif yerdeğiştirme grafiği (DD-2) 139
Şekil 4.57 22 deprem kaydı için maksimum ve ortalama Y yönü rölatif yerdeğiştirme grafiği (DD-2) 140
Şekil 5.1 Mevcut 4 katlı yapının 3 boyutlu görünüşü (SAP2000) 145
Şekil 5.2 Mevcut 4 katlı yapının 3 boyutlu hacimsel görünüşü (SAP2000) 145
Şekil 5.3 X doğrultusu statik itme eğrisi 148
Şekil 5.4 Y doğrultusu statik itme eğrisi 148
Şekil 5.5 X doğrultusu modal kapasite eğrisi 150
Şekil 5.6 Y doğrultusu modal kapasite eğrisi 150
Şekil 5.7 X doğrultusu için hedef yerdeğiştirmenin belirlenmesi 152
Şekil 5.8 Y doğrultusu için hedef yerdeğiştirmenin belirlenmesi 153
Şekil 5.9 Mevcut yapının SAP2000 modelindeki eleman numaraları 154
Şekil 5.10 +X (PUSH-XP) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar 155
Şekil 5.11 -X (PUSH-XN) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar 155
Şekil 5.12 +Y (PUSH-YP) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar 156
Şekil 5.13 -Y (PUSH-YN) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar 156

Şekil A.1 Tipik kat kalıp planı.....198
Şekil A.2 SAP2000 3-boyutlu hacimsel görünüş 199
Şekil A.3 C30 için sargısız ve sargılı beton modelleri 201
Şekil A.4 Durum-1 için kolon kesitlerinin fiberlere (lif) ayrılmış hali (25 adet fiber (lif) parça) 202
Şekil A.5 Durum-2 için kolon kesitlerinin fiberlere (lif) ayrılmış hali (49 adet fiber (lif) parça) 202
Şekil A.6 SAP2000'de durum-1 için oluşturulan fiber PM2M3 mafsalı (sırasıyla 30x30, 35x35, 40x40) 203
Şekil A.7 SAP2000'de durum-2 için oluşturulan fiber PM2M3 mafsalı (sırasıyla 30x30, 35x35, 40x40) 203
Şekil A.8 SAP2000'de 30x50 kirişi için oluşturulan moment M3 plastik mafsalı 204
Şekil A.9 Yapının X doğrultusundaki modu (2.mod) ve periyot değeri =0,5749 (durum-1) 204
Şekil A.10 Durum-1 ve durum-2 için itme eğrisi karşılaştırma 206
Şekil A.11 Durum-1 ve durum-2 için moment değerleri karşılaştırma (40x40) .207
Şekil A.12 Durum-1 ve durum-2 için dönme değerleri karşılaştırma (40x40) ...207
Şekil A.13 Durum-1 ve durum-2 için moment değerleri karşılaştırma (35x35) .208
Şekil A.14 Durum-1 ve durum-2 için dönme değerleri karşılaştırma (35x35) ...208
Şekil A.15 Durum-1 ve durum-2 için moment değerleri karşılaştırma (30x30) .209
Şekil A.16 Durum-1 ve durum-2 için dönme değerleri karşılaştırma (30x30) ...209

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Bodrum kat kolon donatıları 46
Tablo 3.2 Zemin kat kolon donatıları 47
Tablo 3.3 1.-2. Normal kat kolon donatıları 47
Tablo 3.4 3. Normal kat kolon donatıları 48
Tablo 3.5 Kiriş donatıları 48
Tablo 3.6 Karot deney sonuçları 49
Tablo 3.7 Beton silindir dayanımının bulunması 50
Tablo 3.8 MASW zemin ölçüm sonuçları 51
Tablo 3.9 Yapı için belirlenen zemin ve deprem parametreleri 52
Tablo 3.10 Bina kullanım sınıfları ve önem katsayıları [1] 53
Tablo 3.11 Deprem tasarım sınıfları (DTS) [1] 54
Tablo 3.12 Bina yükseklik sınıfları (BYS) [1] 54
Tablo 3.13 Mevcut bina performans hedefleri [1] 55
Tablo 3.14 Hareketli yük kütle katılım katsayısı [1] 56
Tablo 3.15 Deprem kaydı seçimi için girilen parametreler [59] 62
Tablo 3.16 Seçilen 11 adet deprem kaydının parametreleri [59] 63
Tablo 4.1 C15-UNCONFINED sargısız beton değerleri PERFORM-3D için 69
Tablo 4.2 C15-CONFINED sargılı beton malzeme parametreleri 69
Tablo 4.3 C15-CONFINED sargılı beton değerleri PERFORM-3D için 70
Tablo 4.4 C15-CONFINED-2 sargılı beton değerleri PERFORM-3D için 70
Tablo 4.5 C15-CONFINED-2 sargılı beton değerleri PERFORM-3D için 71
Tablo 4.6 Donatı çeliklerine ait bilgiler [1] 72
Tablo 4.7 S220 donatı çeliği parametreleri [1] 72
Tablo 4.8 PERFORM-3D için S220 donatı tanımlama verileri 73
Tablo 4.9 C25x25 kolon fiber elemanları 75
Tablo 4.10 C40x25 kolon fiber elemanları 75
Tablo 4.11 C50x25 kolon fiber elemanları 76
Tablo 4.12 C70x25 kolon fiber elemanları 77
Tablo 4.13 B25x60-A kirişinin SAP2000 yardımıyla bulunan moment-eğrilik değerleri 80

Tablo 4.14 B25x60-A kirişinin PERFORM-3D'de tanımlanan M3 moment mafsal verileri 81
Tablo 4.15 Deprem kayıtları için alınan ölçek katsayıları 83
Tablo 4.16 X(H1)-Y(H2) doğrultuları için oluşturulan toplam 22 deprem yüklemesi 85
Tablo 4.17 Etkin kesit rijitlik çarpanları [1] 87
Tablo 4.18 C50x25 kolonu için birim şekil değiştirme limitlerinin hesaplanması 90
Tablo 4.19 C25x25 kolonu için birim şekil değiştirme limitlerinin hesaplanması 91
Tablo 4.20 B25x60-A kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması 92
Tablo 4.21 B25x60-B kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması 93
Tablo 4.22 B25x60-C kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması 94
Tablo 4.23 B25x60-D kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması 95
Tablo 4.24 Periyot ve kütle katılım oranları 101
Tablo 4.25 Bodrum kat kolonlarının hasar dağılımları 106
Tablo 4.26 Zemin kat kolonlarının hasar dağılımları 107
Tablo 4.27 1. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları 107
Tablo 4.28 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları 108
Tablo 4.29 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları 108
Tablo 4.30 Kolon elemanlarda eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları [%] ... 109
Tablo 4.31 Bodrum kat kirişlerinin hasar dağılımları 112
Tablo 4.32 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları 112
Tablo 4.33 1. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları 114
Tablo 4.34 2. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları 115
Tablo 4.35 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları 116
Tablo 4.36 Kiriş elemanlarda eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları [%] 117
Tablo 4.37 Bodrum kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü 119
Tablo 4.38 Zemin kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü 121
Tablo 4.39 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü 122
Tablo 4.40 2. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü 124
Tablo 4.41 3. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü 125
Tablo 4.42 Bodrum kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 130
Tablo 4.43 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 131
Tablo 4.44 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 132
Tablo 4.45 2. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 133

Tablo 4.46 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü 135
Tablo 4.47 X yönü için göreli kat öteleme oranları (DD-2) 138
Tablo 4.48 Y yönü için göreli kat öteleme oranları (DD-2) 139
Tablo 5.1 X doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları 146
Tablo 5.2 Y doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları 146
Tablo 5.3 SAP2000'den elde edilen mod, periyot ve kütle katılım oranları..... 147
Tablo 5.4 X doğrultusu için modal parametreler 149
Tablo 5.5 Y doğrultusu için modal parametreler 149
Tablo 5.6 X doğrultusu için tepe yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi 151
Tablo 5.7 Y doğrultusu için tepe yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi 151
Tablo 5.8 Zemin kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu) 157
Tablo 5.9 1. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu) 158
Tablo 5.10 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu) 158
Tablo 5.11 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu) 159
Tablo 5.12 Kolonların eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (X doğrultusu) 160
Tablo 5.13 Zemin kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu) 160
Tablo 5.14 1. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu) 161
Tablo 5.15 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu) 161
Tablo 5.16 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu) 162
Tablo 5.17 Kolonların eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (Y doğrultusu) 163
Tablo 5.18 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu) 163
Tablo 5.19 1. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu) 164
Tablo 5.20 2. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu) 165
Tablo 5.21 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu) 165
Tablo 5.22 Kirişlerin eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (X doğrultusu) 166
Tablo 5.23 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu) 166
Tablo 5.24 1. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu) 167
Tablo 5.25 2. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu) 168
Tablo 5.26 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu) 168
Tablo 5.27 Kirişlerin eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (Y doğrultusu) 169
Tablo 5.28 Zemin kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) ... 170
Tablo 5.29 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) 170

Tablo 5.30 2. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) 171
Tablo 5.31 3. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) 172
Tablo 5.32 Zemin kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) ... 173
Tablo 5.33 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) 173
Tablo 5.34 2. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) 174
Tablo 5.35 3. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) 175
Tablo 5.36 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) 176
Tablo 5.37 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) 176
Tablo 5.38 2. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) 177
Tablo 5.39 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) 177
Tablo 5.40 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) 178
Tablo 5.41 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) 179
Tablo 5.42 2. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) 180
Tablo 5.43 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) 181
Tablo A.1 Kolon donatı tablosu 201
Tablo A.2 Kiriş donatı tablosu 201
Tablo A.3 Durum-1 ve durum-2 için periyot değerleri 205

ÖZET

Mevcut Bir Betonarme Binanın TBDY-2018'e Göre Performans Analizi ve Değerlendirilmesi

Necmettin KAYA

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orkun YILMAZ

TBDY-2018'e göre elastik tasarımın yanı sıra doğrusal olmayan davranışın da dikkate alındığı hesap, model ve yöntemlerin belirli durumlarda zorunlu olmasından dolayı doğrusal olmayan davranışın bilinmesi ve dikkate alınması gerekmektedir. Doğrusal olmayan davranışın belirlenebilmesi için yığılı ve yayılı plastisite gibi çeşitli analiz türleri mevcuttur. Günümüzde fiber modeller, yayılı plastisite analiz türü için en gelişmiş modellerden biridir. Bu yöntem yığılı plastisite modeline kıyasla gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir.

Yüksek lisans tezi kapsamında, mevcut bir betonarme konut binasının deprem performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme TBDY-2018'e göre gerçekleştirilmiştir. Mevcut yapı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ve sabit tek modlu itme yöntemi kullanılarak bodrum kat dahilinde 5 katlı betonarme bir yapının deprem performansı değerlendirilmiştir. Mevcut yapının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi için PERFORM-3D programı, sabit tek modlu itme yöntemi için ise SAP2000 programı kullanılmıştır. Ayrıca ETABS programından yararlanılmıştır. Tez çalışmasının ilk bölümünde, literatür özeti ve tezin amacı hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde,

doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri açıklanmıştır. Yığılı ve yayılı plastik davranış modellerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, mevcut yapının genel özellikleri ve deprem parametreleri açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, Beton ve çelik malzemelerinin doğrusal olmayan davranış modelleri belirlenmiş ve taşıyıcı sistem elemanlarının davranış modelleri tanımlanmıştır. Kiriş elemanların davranış modeli için yığılı plastik davranış modeli seçilmiş ve kolon elemanlar için ise yayılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz için on bir adet deprem kaydı seçilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda taşıyıcı elemanların hasar bölgeleri plastik dönme, şekil değiştirmeler, kesme dayanımları ve göreli kat öteleme değerleri belirlenerek tablolaştırılmıştır. Beşinci bölümde, mevcut yapının deprem performansının değerlendirilmesi amacıyla sabit tek modlu itme yöntemi kullanılarak itme analizleri yapılmıştır. İtme analizleri için gerekli olan hedef yerdeğiştirme talepleri belirlenmiştir. Uygulanan itme analizleri sonucunda, taşıyıcı elemanlardaki hasar bölgeleri, plastik dönme, şekil değiştirmeler ve kesme dayanım değerleri belirlenerek tablolar halinde sunulmuştur. Son bölümde, sayısal sonuçlar değerlendirilip karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sargılı beton modelleri, Deprem performansı, Fiber plastik mafsal, Mevcut betonarme yapılar, Doğrusal olmayan analiz

ABSTRACT

Performance Analysis and Evalution of An Existing Reinforced Concrete Building According to TBDY-2018

Necmettin KAYA

Department of Civil Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Orkun YILMAZ

According to TBDY-2018, in addition to elastic design, it is necessary to consider non-linear behavior in calculations, models, and methods in certain circumstances. Therefore, it is essential to understand and take into account non-linear behavior. Various types of analysis, such as concentrated and distributed plasticity, are available to determine non-linear behavior. Today, fiber models are among the most advanced models for the distributed plasticity analysis type. This method provides results that are closer to reality compared to the concentrated plasticity model.

In the master's thesis, the earthquake performance evaluation of an existing reinforced concrete residential building has been conducted. This evaluation has been carried out according to TBDY-2018. For the existing structure, the non-linear analysis method in the time domain and the fixed single-mode pushover method have been used to assess the earthquake performance of a five-story reinforced concrete structure, including the basement. The PERFORM-3D software has been utilized for the non-linear time-domain analysis, while the SAP2000 software has been employed for the fixed single-mode pushover method. Additionally, the ETABS program has been utilized. In the first section of the thesis, general information is provided regarding the literature review and the aim of the thesis. The second section explains the linear and non-linear calculation methods and discusses the equivalent and distributed plastic behavior models. In the third

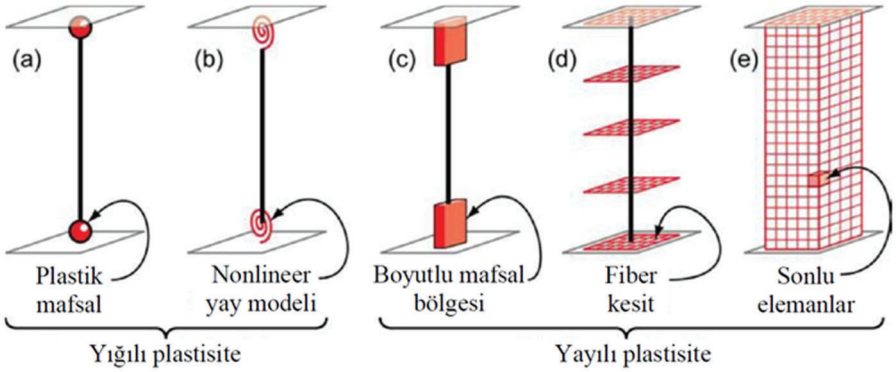
section, the general characteristics of the existing structure and the earthquake parameters are explained. The fourth section identifies the non-linear behavior models of concrete and steel materials and defines the behavior models of the structural system elements. A concentrated plastic behavior model has been selected for beam elements, while a distributed plastic behavior model has been used for column elements. For the non-linear time-domain analysis, eleven earthquake records have been selected. As a result of the analyses conducted, the damage regions of the structural elements have been tabulated, including plastic rotation, deformations, shear capacities, and relative inter-story drifts. In the fifth section, pushover analyses have been performed using the fixed single-mode method to evaluate the earthquake performance of the existing structure. Required target displacements for the pushover analyses have been determined. As a result of the pushover analyses conducted, the damage regions in the structural elements, plastic rotations, deformations, and shear capacity values have been presented in tabular form. In the final section, the numerical results have been evaluated and compared.

Keywords: Confined concrete models, Earthquake performans, Fiber plastic hinge, Existing reinforced concrete structures, Nonlinear analysis.

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Yapılaşma sayısının dünya genelinde ve ülkemizde hızla artması, yapı tasarımlarının ve değerlendirmelerinin doğrusal olmayan analiz ve yöntemlere olan ihtiyacını artırmaktadır. Bu durum, mühendislik alanında daha karmaşık ve dikkatli hesaplamaların yapılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, yapıların güvenliği ve dayanıklılığı için doğrusal olmayan analiz ve yöntemlerin öneminin giderek arttığı görülmektedir. Bu analizler, yapının gerçek davranışını daha doğru bir şekilde tahmin edebilir ve yapıların olası hasar veya çökme durumlarında daha iyi bir şekilde önlem alınmasını sağlayabilir. Dolayısıyla, bu doğrusal olmayan analiz ve yöntemlerin yapı mühendisliği alanında daha fazla önem kazanacağı öngörülmektedir. Yapısal elemanların kesit özelliklerine, malzeme özelliklerine ve en önemlisi yapının konumuna bağlı olarak doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemler, yapıların daha gerçekçi bir şekilde davranışlarını modellemeye olanak tanır ve depremselliği hesaba katar. Dolayısıyla, doğrusal olmayan analiz yöntemleri, yapısal güvenlik ve dayanıklılık analizlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebeple, Deprem riski altında bulunan ülkemizde, yeni inşa edilecek yapılar için deprem dayanıklılığı esas alınarak tasarım yapılması, mevcut yapıların ise deprem performanslarının titizlikle değerlendirilmesi son derece önem arz etmektedir. Bu yaklaşım, hem halkın güvenliği hem de altyapının sürekliliği açısından kritik bir gereklilik teşkil etmektedir. Binalar depreme karşı, doğrusal elastik ve doğrusal olmayan davranışı dikkate alan doğrusal elastik olmayan yöntem kullanılarak tasarlanabilmektedir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine [1] göre, bazı durumlarda doğrusal olmayan davranışın dikkate alınması zorunludur. Bundan dolayı bu davranışın bilinmesi ve dikkate alınması gerekmektedir. TBDY-2018 Bölüm 5.3'te doğrusal olmayan analiz yöntemleri arasında yığılı plastik davranış modeli ve yayılı plastik davranış modelleri yer alır (Şekil 1.1) [1].



Şekil 1.1 Doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları [2].

Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerinin araştırılması ve geliştirilmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar yapı elemanlarındaki hasar sınırlarının ifadesi veya yapı elemanı performansı gibi geniş bir yelpazede yapılmış, hasar ve performans odaklı birçok sonuç ortaya konmuştur.

Lee ve Mosalam'ın [3] çalışması, betonarme yapıların probabilistik fiber eleman modellemesini incelemektedir. Çalışma, betonarme yapıların doğrusal olmayan davranışlarını modellemek için probabilistik yaklaşımları fiber eleman modelleme ile birleştirerek, yapıların belirsizliklerini daha iyi anlamayı hedeflemiştir. Bu modelleme, özellikle yapısal elemanların olasılıksal davranışını tahmin etmede kullanılmıştır. Probabilistik fiber eleman modelleme, yapıların belirsizlikler altında nasıl performans göstereceğini tahmin etmede güçlü bir araç olarak sunulmuştur. Çalışmada, yapıların olasılıksal analiziyle daha güvenilir ve kapsamlı performans tahminleri yapılabildiği gösterilmiştir. Bu modelleme yöntemi, doğrusal olmayan analizlerde yapısal davranışın belirsizlikler altında nasıl değişebileceğine dair önemli bilgiler sağlamıştır.

Kaya [4] gerçekleştirilen çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte (DBYBHY) belirtilen doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin betonarme binaların deprem performanslarını belirlemede karşılaştırılması yapılmıştır. Araştırmada ayrıca, önceki yıllara ait yönetmeliklere göre tasarlanmış betonarme binaların da sayısal analizleri gerçekleştirilmiş ve mevcut yönetmeliğe göre deprem performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, mevcut yönetmelikte belirtilen doğrusal olmayan hesap yöntemi ile belirlenen kesit hasar bölgelerinin genelde daha elverişli sonuçlar verdiği ancak doğrusal yönteme göre önemli farklar içermediği belirlenmiştir. Ayrıca, Afet

Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe (ABYYHY) göre uygun boyutlandırılan binaların mevcut yönetmelik hasar sınırlarına göre tasarım uygun olduğu fakat önceki yönetmeliklere göre tasarlanan binaların mevcut yönetmelikte belirtilen hasar sınırlarına göre tasarım ilkelerinde ciddi sıkıntılar olduğu vurgulanmıştır.

Özmen vd. [5] çalışmasında, betonarme elemanların doğrusal ötesi davranışları ve bu davranışların nasıl modellenebileceği incelenmiştir. Çalışma, doğrusal ötesi modelleme tekniklerinin, yapıların deprem yükleri altındaki davranışlarının daha doğru tahmin edilmesine olanak tanıdığını göstermektedir. Farklı modelleme yaklaşımları karşılaştırılmış ve doğrusal olmayan analizlerin yapı performansı değerlendirmesindeki önemi vurgulanmıştır.

Damcı [6], yapıların doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak deprem performanslarının incelenmesi ele alınmıştır. Çalışmada deprem etkisi altında yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranışlarını modellemek için kullanılan yöntemler tartışılmıştır. Bu çalışmada sonuç olarak doğrusal olmayan analizlerin yapıların deprem yükleri altındaki performanslarını doğru bir şekilde değerlendirmede kritik olduğu ve bu analizlerin performans esaslı tasarım yaklaşımında önemli bir rol oynadığı vurgulanmıştır.

Lu vd. [7] çalışması, betonarme çerçevelerin ilerleyici göçme analizlerinde fiber modelinin uygulanmasını ele almaktadır. Bu çalışmada betonarme çerçevelerde meydana gelen ilerleyici göçme senaryoları fiber eleman yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Model, betonarme yapıların ani eleman kaybı durumlarında nasıl davrandığını ve göçmenin nasıl geliştiğini simüle etmeye odaklanmıştır. Çalışma, çerçeve sistemlerde göçme mekanizmalarını ve yapısal bütünlüğü değerlendiren önemli bulgular sunmaktadır.

Sucuoğlu ve Acun [8,9] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada eğilme davranışı için tasarlanan on iki adet betonarme kolon, tekrarlı ve yüksek genlikli öteleme çevrimleri altında test edilmiştir. Test sonuçları, Eurocode-8, ASCE/SEI-41 ve DBYBHY-2007'de belirtilen performans sınırlarının değerlendirilmesi için kullanılmıştır. DBYBHY-2007'de Yapılan deneylerde, kolonlara uygulanan öteleme genlikleri ve genliklerin dizini temel değişken olarak seçilmiştir. Çalışmada, yönetmeliklere uygun ve mevcut güçlendirme gerektiren binaları

yansıtmak amacıyla uygun olmayan şeklinde iki ayrı grup numune üretilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, yönetmeliklere uygun olarak üretilen kolon numuneleri için belirtilen performans sınırlarının makul değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Yönetmeliklere uygun olmayan kolon numunelerinin belirlenen performans sınırlarının güvenlik açısından yetersiz olduğu ve değerlendirme sürecinde yanıltıcı olabileceği tespit edilmiştir.

İlki ve Işıltan [10] gerçekleştirilen bir çalışmada, mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi ve deprem güvenliği açısından DBYBHY-2007, Eurocode-8 ve FEMA-356 yönetmeliklerinde kullanılan hesap yöntemleri, kabuller ve performans hedefleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda PEER veri tabanında yer alan farklı araştırmacılar tarafından yapılmış betonarme kolon deneyleri detaylı bir şekilde araştırılmış, deney sonuçları ile her bir yönetmelik tarafından belirlenen performans değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yönetmeliklerin birbirinden oldukça farklı performans sınırları belirlediği ve mevcut deney sonuçlarının bu performans sınırlarıyla uyumsuz olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, mevcut yapıların deprem performansının standartların ötesinde olması gerektiği ve yönetmeliklerin de gözden geçirilerek güncellenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Xuewei vd. [11], fiber eleman teorisi kullanarak çok katlı bir yapıda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapmışlardır. Bu analizlerde, 2 yapay ve 5 gerçek deprem kaydı kullanılmış ve doğrusal olmayan analiz sonuçları zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Analizlerde, elasto-plastik model için PERFORM-3D ve elastik model için ETABS programları kullanılmıştır. Depremin belirli bir safhasından sonra bazı elemanların plastik davranış sergilediği ve bu durumun yapının periyoduyla ilişkili olarak tüm yapının davranışını değiştirdiği gözlemlenmiştir. Analizlerde, elemanlara elastik ötesi davranışı yansıtmak için mühendislik uygulamalarında kabul görmüş malzeme modelleri, histerezis döngüleri ve enerji azalım katsayıları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, fiber eleman yöntemiyle yapılan doğrusal olmayan analizin mikro ölçekte elemanların özelliklerini ortaya çıkardığı ve tüm yapının makro özelliklerini gösterdiği belirtilmiştir. Bu nedenle, bu yöntemin mühendislik uygulamalarında daha güvenilir ve etkili bir yöntem olduğu vurgulanmıştır.

Yavaş ve Türker [12], tarafından yapılan bir çalışmada, sargı donatısı bakımından yetersiz olan kolonlarda TDY-2007'de belirtilen şekil değiştirme esaslı hasar sınırları deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, TDY'deki hasar sınırları ve bölgelerinin, kolon elemanlarında gözlenen hasarlarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Minimum hasar sınırına ulaşan elemanlarda kalıcı bir hasar oluşmadığı, güvenlik hasar sınırına ulaşan elemanlarda ise kalıcı hasarlar oluşsa da güvenliği etkilemeyecek düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, göçme hasar sınırına ulaşan elemanlarda önemli kalıcı hasarlar meydana gelmiş, ancak elemanın taşıma kapasitesinde bir azalma görülmemiştir.

Wu ve Zang [13], ABAQUS, PERFORM-3D ve NosaCAD gibi doğrusal olmayan analiz programlarını karşılaştırmışlardır. ABAQUS ve PERFORM-3D'nin modellemenin zaman alıcı olduğunu belirtmişlerdir. PERFORM-3D'de ETABS ve SAP2000 programlarından model aktarma özelliği olduğunu ve NosaCAD aracılığıyla ABAQUS ve PERFORM-3D için modellemenin kolaylaştırılabileceğini belirtmişlerdir. Yüksek katlı bir model NosaCAD üzerinde modellendikten sonra diğer programlara aktarılmış ve analizleri yapılmıştır. Üç programdan elde edilen doğal titreşim periyotları sunulmuştur. El Centro deprem kaydını kullanarak üç ayrı modelde zaman tanımlı doğrusal olmayan analizler de yapılmıştır. Dünya çapında en çok kullanılan üç bilgisayar programından elde edilen sonuçların yapıların deprem performansını değerlendirmek amacıyla uyumlu olduğu gösterilmiştir.

Bhosale [14], 2012 yılında yaptığı yüksek lisans tezinde, kesme hasarının doğru şekilde modellenmesinin yapıların deprem performansını belirlemede önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. Mühendislerin, yapıları eğilme hasarı yerine kesme hasarı verecek şekilde tasarlamaları gerektiğini belirtmiş ve uluslararası standartların, yapıların kesme hasarı görmesini istemediğini, ancak Hindistan'da yapı uygulamalarının kesme hasarına karşı güvenliği garanti etmediğini söylemiştir. Bhosale, literatürde kesme etkisinin doğrusal olmayan modellenmesinin bulunmadığını ve sadece eğilme için doğrusal olmayan modelleme yapıldığını belirtmiştir. Bu tez çalışmasında, kesme için doğrusal olmayan kuvvet-yer değiştirme modeli geliştirmeye çalışmıştır. Nihai kesme dayanımı için ACI-318 standardından faydalanmış ve kesme akma dayanımıyla ilgili eksiklik olduğunu belirtmiştir. Nihai kesme yer değiştirmesi için kabul görmüş

literatür çalışmalarını kullanarak kesme plastik mafsalı değerlerini hesaplamıştır. Ayrıca, var olan bir yapı üzerinde kesme plastik mafsalı olup olmadığı durumları için iki ayrı itme analizi modellemesi yaparak önemini vurgulamış ve kesme plastik mafsalı olmaması durumunda abartılı bir taban kesmesi-çatı yer değiştirme kapasitesi elde etmiştir.

Martinelli vd. [15] çalışması, hafif (az) donatılı bir betonarme perde duvarın sismik analizinde fiber kiriş-kolon elemanlarının performansını değerlendirmektedir. Bu çalışmada, perde duvarların sismik yükler altındaki doğrusal olmayan davranışları fiber eleman modelleme kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma, özellikle hafif (az) donatılı perde duvarların enerji yutma kapasitesi, deformasyon özellikleri ve genel yapısal performansını incelemiştir. Fiber kiriş-kolon eleman modelinin hafif (az) donatılı perde duvarların sismik performansını başarılı bir şekilde tahmin edebildiği belirtilmiştir. Modelin doğrusal olmayan analizlerde etkili sonuçlar verdiği ve yapıların enerji yutma kapasitesini artırmada kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yön ve Calayır [16] çalışmasında, betonarme binalarda sargı donatısının etkisi yayılı plastik mafsal modeli kullanılarak incelenmiştir. Sargı donatısının, betonarme elemanların sünekliğini ve dayanımını artırdığı ve bu elemanların deprem yükleri altındaki davranışlarını önemli ölçüde iyileştirdiği gösterilmiştir. Yayılı plastik mafsal modeli, bu tür donatının etkisini daha iyi anlamak için etkili bir araç olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, sargı donatısının betonarme elemanlar üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır.

Karaton [17] çalışmasında fiber-Bernoulli&Euler eleman yöntemi kullanılarak betonarme çerçevelerin doğrusal olmayan dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma, betonarme çerçevelerin dinamik yükler altında doğrusal olmayan davranışını analiz etmek için bu yöntemleri kullanmış ve çeşitli senaryolar altında yapıların performansı değerlendirilmiştir. Fiber eleman yöntemi, çerçevelerin malzeme davranışını daha gerçekçi bir şekilde modelleyerek analizlerde kullanılmıştır. Çalışma, fiber-Bernoulli&Euler eleman yöntemlerinin, betonarme çerçevelerin doğrusal olmayan dinamik analizlerinde etkili sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu yöntemlerle yapılan analizler, yapıların dinamik yükler altında nasıl tepki verdiğini detaylı bir şekilde ortaya koymuş ve yapısal analizlerde bu tekniklerin kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Kılıç [18], literatürde yer alan hızlı değerlendirme yöntemlerinden Hassan İndeks yöntemi [19], P25 hızlı değerlendirme yöntemi [20] Şanlıurfa ilinin Haliliye ilçesinde, DBYBHY-2007 deprem yönetmeliği esas alınarak inşa edilmiş olan mevcut yapıların risk durumları değerlendirilmiştir. Bu yapıların mevcut durumları, hızlı değerlendirme yöntemleriyle tespit edilerek, risk durumlarına göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca, söz konusu yapıların TBDY-2018'e göre doğrusal olmayan performans analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır [21].

Alemdar [22] çalışmasında betonarme köprü kolonlarının plastik mafsal bölgelerinin modellenmesi üzerine odaklanılmıştır. Çalışmada plastik mafsal bölgelerinde oluşan deformasyonlar ve bu bölgelerin performansını etkileyen faktörler incelenmiştir. Plastik mafsal bölgeleri, deprem yükleri altında yapı elemanlarının enerji yutma kapasitesini etkileyen kritik alanlar olduğundan doğru bir modelleme deprem performansının güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir.

Gencer [23], çerçeve sistemlerin doğrusal olmayan analizinde kullanılan ticari yazılımlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada farklı yazılımların doğrusal olmayan analiz kabiliyetleri ve kullanıcı dostu olmaları değerlendirilmiş, bu yazılımların çerçeve sistemlerin deprem yükleri altındaki performanslarını doğru bir şekilde modelleyebilme yetenekleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çeşitli yazılımların performansları arasında belirgin farklar olduğunu ve yazılım seçiminde yapı türüne ve analiz gereksinimlerine dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Görgülü ve Taşkın [24], betonarme dolgu duvarların sismik davranışını incelemek için iki tanınmış deneyi kullanarak sayısal modeller geliştirmişlerdir. Bu deneylerin simülasyonları PERFORM-3D programında gerçekleştirilmiştir. Birinci deneyde, betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilmiş bir betonarme çerçeve tekrarlı yüklemelere tabi tutulmuştur. Kolonlar, kirişler ve perdeler fiber yöntemi kullanılarak genel duvar elemanı olarak modellemiştir. Sonuçlar, fiber yaklaşımının betonarme dolgu duvarların doğrusal olmayan davranışını başarıyla yansıttığını göstermektedir. İkinci simülasyonda ise, yenilenmiş histeretik kurallarla oluşturulan modelin analiz sonuçları, hasar görmemiş betonarme dolgu duvarlar ve hasar görmüş betonarme çerçeve sistemlerinin sismik davranışını inceleyen

deneylerle uyumluluk göstermiştir. Yazarlar, genel olarak kullanılan histerezis modellerin bazen betonarme duvarlarla güçlendirilmiş çerçeve sistemlerinin davranışını tam olarak yansıtamadığını belirtmişlerdir.

Tepençelik [25] çalışması, perdelerin doğrusal olmayan modelleri için fiber model ve plastik mafsal modeli kullanılarak çözümler yapılmıştır. Başlıklı ve başlıksız perdelerin davranışları incelenmiş ve perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistemlere sahip dört 5 katlı bina modeli oluşturulmuştur. Her bir binaya doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz uygulanmış, perde duvarları fiber elemanlar veya orta-dikme çubuk elemanları ile modellenmiştir. Orta-dikme çubuk modeli için plastik mafsalların kullanıldığı doğrusal olmayan malzeme davranışı modellenirken, fiber eleman modelinde beton ve donatılar ayrı ayrı tanımlanmıştır. Zaman tanım alanında yapılan doğrusal olmayan analizlerle taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışları incelenmiş ve farklı modellerin deplasman ve plastik dönme sonuçları karşılaştırılmıştır.

Gao vd. [26] çalışmalarında betonarme kolonların hasar analizini fiber kiriş-kolon elemanı tabanlı modelleme yaklaşımıyla incelemiştir. Çalışmada, fiber elemanlar kullanılarak betonarme kolonların malzeme özelliklerine dayalı olarak hasar davranışı analiz edilmiştir. Deprem yükleri altında kolonların kayma ve eğilme davranışı detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Fiber kiriş-kolon eleman modeli ile yapılan analizler, betonarme kolonların yükleme altındaki hasar dağılımını etkili bir şekilde tahmin edebilmiştir. Bu modellemenin özellikle kolonların deprem sırasında oluşabilecek farklı hasar modlarını tahmin etmede başarılı olduğu gösterilmiştir.

Vasquez vd. [27] çalışması, deprem mühendisliği ve yapısal dinamikler açısından betonarme yapıların deprem performansını analiz etmektedir. Bu çalışmada, betonarme yapıların farklı deprem senaryoları altında nasıl davrandıkları, yük taşıma kapasiteleri ve deformasyon özellikleri incelenmiştir. Yapısal elemanların deprem anındaki performansı, hem deneysel hem de analitik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Çalışma, betonarme yapıların deprem sırasında maruz kaldıkları dinamik yükler altında dayanım ve süneklik özelliklerini ortaya koymuştur. Yapısal elemanların uygun tasarım ve güçlendirme stratejileriyle daha yüksek performans gösterdiği ve deprem riskini azaltabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Li vd. [28] çalışması, betonarme çerçevelerin sismik yanıtını incelemek için doğrusal olmayan ayrıştırılmış fiber kiriş-kolon modeli kullanmaktadır. Bu model, çerçeve elemanlarının eğilme ve kesme deformasyonlarını ayrı ayrı ele alarak daha detaylı bir analiz yapmayı amaçlamaktadır. Modelin betonarme çerçevelerin dinamik yükler altındaki davranışını daha doğru bir şekilde simüle etmek için kullanıldığı çalışmada, çeşitli deprem senaryoları altında yapılan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Garcia ve Tingatinga'nın [29] çalışması, betonarme kolonların deplasman esaslı doğrusal olmayan analizleri için basit bir mafsal modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu modelde betonarme kolonların doğrusal olmayan davranışını daha basit bir yaklaşımla temsil etmek için mafsal modelleri kullanılmıştır. Model, özellikle deprem yükleri altında yapısal deplasmanları daha doğru tahmin edebilmek için optimize edilmiştir. Çalışmada geliştirilen mafsal modelinin deplasman esaslı analizlerde etkili bir şekilde kullanılabileceği ve betonarme kolonların doğrusal olmayan davranışını tahmin etmede yeterli doğrulukta sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Modelin uygulaması, mevcut analiz yöntemlerine kıyasla daha hızlı ve daha az hesaplama yükü gerektirmektedir.

Özyürek [30] çalışması farklı ülkelerde ve uluslararası düzeyde kullanılan yüksek yapı yönetmeliklerinin incelenerek, İstanbul'da 50 katlı ve 190 metre yüksekliğindeki bir yapının deprem performansının değerlendirildiği belirtilmektedir. Yapısal elemanlarda doğrusal olmayan malzeme ve geometri özelliklerinin kullanıldığı bilgisi paylaşılmakta, yapı modelinin kolon, kiriş ve perdelerde plastisite modelleri ile oluşturulduğu ifade edilmektedir. Yapıya uygulanan deprem yüklemesi sonucunda elde edilen verilerin, birim şekil değiştirme ve plastik dönme sınırları ile karşılaştırıldığı belirtilmektedir. İnceleme, yapı elemanlarının Performans seviyelerini; Kontrollü Hasar ve Sınırlı Hasar açısından ele alıyor ve uzak ile yakın alan depremlerinin davranış farklılıklarını inceliyor. Uzak alan depremlerinin yapıda daha uzun süreli sönümleme sağladığı ve bu nedenle yapı elemanlarında daha düşük kesit zorlamaları oluşturduğu sonucu ortaya konmuştur. Bu olayın, uzak alan depremlerinin frekans içeriğiyle ilişkili olduğu vurgulanmaktadır.

Özen [31], fiber eleman modeli ile gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizlerin çözüm sürelerini iyileştirmek ve gelecekteki çalışmalara katkıda bulunmak

amacıyla, yöntemin algoritması birebir uygulanan bir MATLAB programı geliştirilmiştir. Programın doğruluğunu test etmek için, elde edilen analiz sonuçları, aynı çözüm algoritmasını kullanan ticari bir yazılım olan SeismoStruct ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, çözüm sürelerinde iyileştirme sağlamak amacıyla, doğrusal olmayan problemlerin çözüm yöntemlerinde kullanılan Dengelenmemiş kuvvet düzeltme yönteminin seçilen modele uygulanabilirliği, yapılan karşılaştırmalarla detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Dalyan ve Şahin [32] çalışmasında mevcut betonarme bir binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem performansı karşılaştırılmıştır. Çalışmada doğrusal olmayan artımsal itme analizi yöntemi kullanılmış ve hem DBYBHY-2007 hem de TBDY-2018'e göre bina performansı değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda her iki yönetmelik arasındaki en büyük farkın betonarme kesitlerin etkin kesit rijitlikleri ve hasar sınırları olduğu belirtilmiştir. Sonuçlar, TBDY-2018'in daha detaylı ve kapsamlı bir değerlendirme sunduğunu göstermektedir.

Altan vd. [33] çalışmalarında TBDY-2018'a göre mevcut bir betonarme binanın performans değerlendirmesi ve zemin etkileri incelenmiştir. Çalışmada düşey yer hareketi spektrumu kullanılarak bina performansı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yeni yönetmelikteki düzenlemelerin zemin-yapı etkileşimine daha fazla vurgu yaptığını göstermiştir. İncelenen bina için kontrollü hasar performans düzeyi belirlenmiş ve yapının TBDY-2018'a uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Paudel ve Bhusal [34] çalışmasında betonarme çerçevelerin doğrusal olmayan analizleri için kullanılan çeşitli modelleme yaklaşımları incelenmiştir. Çalışma, betonarme çerçevelerin doğrusal olmayan davranışlarını tahmin etmek için kullanılan fiber eleman modellemesi, plastik mafsal modelleri ve diğer yaklaşımlar arasında karşılaştırmalar yapmaktadır. Her bir modelleme yönteminin doğruluk ve hesaplama süresi gibi performans kriterlerine odaklanılmıştır. Çalışma, fiber eleman yönteminin betonarme çerçevelerin doğrusal olmayan davranışını doğru bir şekilde tahmin etmekte en etkili modelleme yöntemi olduğunu göstermektedir. Plastik mafsal modelleri de hızlı hesaplamalar için uygun bulunmuş fakat fiber eleman modelinin doğruluğuna kıyasla bazı sınırlamalar tespit edilmiştir.

İbiş ve Ulutaş [35] çalışmalarında TBDY-2018'e göre tasarımı yapılmış ve yapımı devam eden betonarme bir binanın deprem performans analizi yapılmıştır. Bu analizde tek modlu statik itme analizi yöntemi kullanılarak binanın performans düzeyi belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda kolonlar ve betonarme perdelerde herhangi bir hasar gözlenmemiştir fakat bazı kirişlerde belirgin hasar oluştuğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, TBDY-2018'de belirtilen hedef performans seviyesi ile karşılaştırılmış ve binanın yönetmelikteki performans hedeflerini karşıladığı belirlenmiştir.

Bingöl [36], Farklı düzensizlik temelli betonarme binaların deprem etkisi altındaki doğrusal olmayan davranışları incelenmiştir. Bu araştırmanın amacı, kolonların yayılı mafsal davranışıyla tanımlandığı betonarme yapılarda, kirişler ve döşemeler için uygulanan farklı tanımlama yaklaşımlarının yapısal performansa etkilerini analiz etmektir. Çalışmada sekiz farklı model oluşturulmuş ve bu modeller arasındaki performans sonuçları karşılaştırılmıştır. Analizlerde kirişlerin fiber mafsallarla modellenmesinin daha rasyonel sonuçlar verdiği ve döşemelerin rijit diyafram kabulü ile modellenmesinin kirişlerin fiber mafsallarla modellendiği durumlarda daha gerçekçi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Kullanılan bilgisayar programlarının farklı yaklaşımlar barındırdığı ve analiz sonuçlarında farklılıklara neden olduğu belirtilmiştir.

Caglar ve Tatar [37] çalışması, betonarme kolonların fiber tabanlı modelleme stratejilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada betonarme kolonların nonlineer davranışı dikkate alınarak farklı modelleme yaklaşımları karşılaştırılmıştır. Fiber tabanlı modellemenin, yapıların gerçekçi ve hesaplanabilir performans analizleri yapmada nasıl kullanılabileceği üzerinde durulmuştur. Özellikle malzeme modelleme stratejileri ve lif sayısının modelleme doğruluğuna etkisi değerlendirilmiştir. Fiber tabanlı modellemenin, betonarme kolonların davranışını daha doğru ve detaylı bir şekilde tahmin etmede etkin bir yöntem olduğu belirtilmiş ve bu modelleme stratejisinin yapısal analizlerde kullanımının artması gerektiği vurgulanmıştır.

Hamzah [38] çalışmasında fiber mafsal kavramı ve zaman entegrasyonu yöntemi kullanılarak betonarme kolonların sismik performansı analiz edilmiştir. Çalışmada fiber mafsal modeli, kolonların doğrusal olmayan davranışını tahmin etmek amacıyla kullanılmış ve zaman entegrasyonu yöntemi ile deprem yükleri altında

kolonların performansı değerlendirilmiştir. Modelleme, kolonların deprem yükleri altındaki deformasyonlarını ve hasar dağılımlarını detaylı bir şekilde ele almıştır. Hamzah'ın çalışması, fiber mafsal modelinin betonarme kolonların sismik davranışını doğru bir şekilde tahmin etmede etkili olduğunu göstermiştir. Zaman entegrasyonu yöntemi ile yapılan analizler, kolonların deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışını daha detaylı bir şekilde ortaya koymuş ve modelin deprem mühendisliği uygulamalarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Turan [39], TBDY-2018 uyarınca mevcut bir yapının deprem performansı değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme TBDY-2018'in Bölüm 15'inde belirtilen kurallar ve hesaplama yöntemlerine dayanmaktadır. Bodrum katı da dahil olmak üzere beş katlı betonarme bir yapının deprem performansı, doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, mevcut yapının yönetmelikte belirtilen standartları karşılamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, mevcut yapı için TBDY-2018'in Bölüm 15.10'unda yer alan betonarme binaların güçlendirilmesine ilişkin kurallar doğrultusunda iki farklı güçlendirme çalışması yapılmıştır.

Karaton ve Yılmaz'ın [40] çalışması, betonarme binaların burulma davranışını fiber eleman yöntemiyle incelemektedir. Çalışmada fiber eleman modelleme tekniği kullanılarak binaların burulma etkisine karşı davranışları değerlendirilmiştir. Özellikle asimetrik yapıların burulma davranışı ve bu tür yapıların doğrusal olmayan analizleri üzerinde durulmuştur. Çalışma, fiber eleman yöntemiyle burulma davranışının daha doğru bir şekilde simüle edilebildiğini ve asimetrik binaların burulma etkilerine karşı daha duyarlı olduğunu göstermiştir. Fiber eleman yönteminin, betonarme yapıların burulma davranışını analiz etmek için etkili bir araç olduğu vurgulanmıştır.

Gökçe vd. [41] çalışmasında TBDY-2018'de önerilen doğrusal hesap yönteminin betonarme binaların deprem performansını belirlemedeki etkinliği incelenmiştir. Üç katlı bir mevcut betonarme binanın doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada doğrusal hesap yönteminin konservatif olduğu ve binanın kontrollü hasar performans seviyesini sağlamadığı sonucuna varılmıştır fakat doğrusal olmayan analizler ile bina bu performans seviyesini karşılamıştır. Sonuç olarak doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin daha az konservatif olduğu görülmüştür.

Karaton vd. [42] çalışmasında ACI-318 ve TS-500 yönetmeliklerine göre betonarme yapıların doğrusal olmayan sismik analizleri, kuvvet tabanlı fiber eleman yaklaşımı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma, bu iki farklı yönetmelikteki tasarım kriterlerinin betonarme yapıların sismik performansı üzerindeki etkilerini incelemektedir. Fiber eleman yöntemi kullanılarak, yönetmeliklerin yapısal davranış üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Çalışma, ACI-318 ve TS-500 yönetmeliklerinin sismik analizlerde benzer sonuçlar verdiğini, ancak TS-500'ün belirli durumlarda daha konservatif yaklaşımlar sunduğunu ortaya koymuştur. Fiber eleman yöntemi ile yapılan analizlerde her iki yönetmelikte de betonarme yapıların doğrusal olmayan sismik davranışlarının güvenilir bir şekilde tahmin edilebildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Ceylan [43], binaların deprem performanslarının belirlenmesi için yeni bir yöntem olan VD yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde, eleman uçlarında oluşacak dönmeler deplasmanlarla ilişkilendirilerek kesme kuvveti ve deplasman temelli formülasyonlar kullanılarak bina performansı tahmin edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda VD yöntemi ile TBDY-2018 arasında %100 uyum olduğu ancak aşırı düzensiz yapılar için uyumun daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, ülkemizde sıkça kullanılan yapısal analiz programlarıyla uyumlu olup, diğer paket programlara göre daha güvenli bir şekilde sonuçlar vermektedir. Bu çalışma, VD yönteminin alternatif bir deprem performans değerlendirme tekniği olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu yüksek lisans tezinin amacı, mevcut 5 katlı betonarme yapı için taşıyıcı sistemin moment çerçeve yapısına sahip olduğu durumlarda, kolonlarda fiber plastik mafsal kullanıldığında yapının deprem performansını incelemektir. Bu inceleme, TBDY-2018 esas alınarak, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ve doğrusal olmayan itme analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Zaman tanım alanındaki doğrusal olmayan analizler PERFORM-3D yazılımı, itme yöntemine dayalı analizler ise SAP2000 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

1.3 Orjinal Katkı

Tez kapsamında, mevcut betonarme bir yapının deprem performansını değerlendirmek için kolonlarında fiber plastik mafsal kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ile doğrusal olmayan itme analiz yöntemleri kullanılarak kolonlarda fiber plastik mafsal kullanılmasının etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca tez çalışmasında mevcut az katlı betonarme yapılarında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri için PERFORM-3D programı kullnılarak doğrusal olmayan analizlerin yapılması hedeflenmektedir. Tez kapsamında incelenen mevcut yapının güvenliği ve dayanıklılığı ile ilgili önemli bilgiler sunmaktadır ve gelecekteki mevcut yapıların deprem performans çalışmalarına katkı sağlamaktadır.

2
DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ VE ANALİZ

2.1 Doğrusal Hesap Yöntemleri

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri TBDY-2018 Bölüm 4.7 tanımlanmış olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Bölüm 4.8.2'de tanımlanmış olan Mod Birleştirme Yöntemi'dir. TBDY-2018 Bölüm 15.5.1'e göre bu yöntemlerle ilgili olarak aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

- Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği binalar TBDY-2018 Tablo 4.4'te verilmiştir. Binaların deprem hesabında ek dışmerkezlik göz önünde alınmayacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) Denklem (4.9) ve Denklem (4.8)'e göre hesabında $R_a = 1$ alınacaktır.
- Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre, Bölüm 4.8.1'de deprem hesabında $R_a = 1$ olarak alınacaktır. Uygulanan deprem yönüyle uyumlu olan eleman iç kuvvetleri ile kapasitelerinin hesaplanmasında, hâkim modda elde edilen iç kuvvet yönleri dikkate alınacaktır.

TBDY-2018 Bölüm 15.5.3 uyarınca mevcut bina değerlendirme analizinde doğrusal uygulama sınırları bulunmaktadır. Ancak bu uygulama sınırları oldukça katı sınırlar içermekte ve yöntemin kullanımını oldukça kısıtlayabilmektedir. TBDY-2018 Madde 15.5.3 detaylı incelendiğinde, BYS'nin (Bina Yükseklik Sınıfı) 5'ten küçük olması ve B3 düzensizliği yöntemin kullanımını engellemektedir. Taşıyıcı elemanlar üzerindeki kesme kuvvetleri dikkate alınarak TBDY-2018 Denklem 15.1'e göre düzenlenen Etki/Kapasite Oranı (EKO) değerlerinin, Bölüm 15.5.3.1(c) ve (d) sınırlamalarını sağlaması gerekmektedir [1].

2.2 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

Doğrusal olmayan hesap yöntemleri, iki ana kategori altında incelenmektedir: itme yöntemleri ve zaman tanım alanında uygulanan doğrusal olmayan hesap yöntemleri.

2.2.1 İtme Yöntemleri

İtme yöntemi, yapıların sismik etkilere karşı gösterdiği davranışları ve performans seviyelerini değerlendirmek amacıyla geliştirilen bir analiz tekniğidir. Son yıllarda, bu yöntem, diğer doğrusal olmayan analiz yaklaşımlarına kıyasla daha fazla ilgi toplamaktadır. Bunun ana nedeni ise yönteminin daha sade ve anlaşılır bir biçimde sunulmasıdır.

İtme analizi, izlenen değişkenlere bağlı olarak farklı hesaplama yöntemleri sunmaktadır. Bu hesaplama yöntemleri, deplasman (yer değiştirme) kontrolü ve yük (kuvvet) kontrolü olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Deplasman kontrollü itme analizi yöntemi, yapının en üst noktasında belirlenen bir noktaya düzenli aralıklarla yatay kuvvet artışı uygulanarak gerçekleştirilir. Belirlenen üst nokta, hedeflenen yer değiştirme miktarına ulaşılıncaya kadar itme işlemi devam ettirilir.İtme analizi (pushover analysis), kuvvet artışları ile elde edilen kuvvet-deplasman ilişkisini detaylı bir şekilde inceleme imkânı sunar. Bu ilişkiler doğrultusunda yapının ve/veya elemanlarının deprem davranışları net bir şekilde değerlendirilebilir ve kontrol edilebilir. İtme analizi yöntemi, mevcut yapılara ve yeni yapıların matematiksel modellerine uygulanabilme özelliği taşımaktadır. TBDY-2018 çerçevesinde itme analizi, iki farklı yöntemle ele alınmıştır: tek modlu itme analizi ve çok modlu itme analizi. Bu yöntemler, yapıların deprem performansının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır [1].

Tek modlu itme analizinde yapı sadece birinci modun (ilk doğal titreşim modunun) etkisi altında değerlendirilmektedir. Yani yapının deprem etkisi altındaki davranışının büyük kısmının birinci mod tarafından kontrol edildiği varsayılmaktadır. Bu yöntem, genellikle düşük ve orta katlı binalar için uygundur çünkü bu tip binalarda birinci mod, yapının deprem performansını belirleyen en önemli etkendir. Bununla beraber tek modlu itme analizinin hesaplamaları basit ve hızlı olduğundan dolayı mühendislik uygulamalarında sıkça tercih edilen bir yöntemdir. Çok modlu itme analizinde ise yapı birden fazla modun etkisi altında

değerlendirilmektedir. Bu bağlamda yüksek katlı veya karmaşık yapıların dinamik davranışlarının birden fazla doğal titreşim moduna bağlı olması nedeniyle bu yöntem, daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Genel olarak çok modlu itme analizi, yapının her bir modunun etkisini dikkate alarak yapı elemanlarının deprem esnasındaki daha karmaşık davranışlarını anlamaya ve değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Bu yöntem, özellikle yüksek ve asimetrik binalar gibi karmaşık sistemler için daha uygundur fakat hesaplamalar daha karmaşık ve zaman alıcı olabilir.

Her iki yöntemde de TBDY-2018'e göre yapıların performans seviyeleri belirlenmekte ve yapıların deprem sonrası güvenli olup olmadığı, can güvenliği seviyesini sağlayıp sağlamadığı ya da göçme riski taşıyıp taşımadığına dair kararlar verilmektedir. Bu çerçevede TBDY-2018 yönetmeliği, mevcut ve yeni yapıların performans analizlerini gerçekleştirmek için bu itme yöntemlerini detaylı bir şekilde açıklamakta ve hangi tür yapılarda hangi yöntemin tercih edilmesi gerektiği konusunda mühendislik rehberliği sunmaktadır. Bu bağlamda TBDY-2018'de yer alan itme yöntemleri, yapıların farklı performans seviyelerinde nasıl davrandıklarını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu performans seviyeleri, yapının deprem yükleri altındaki hasar durumu ile ilişkilidir ve dört ana performans seviyesi öngörülmüştür [1]. Bu bağlamda,

- Göçme öncesi performans seviyesi (Collapse Prevention - CP) yapının büyük bir deprem sonrası ayakta kalmasını sağlayan en düşük performans seviyesidir. Yapı ağır hasar almış olabilir ancak tamamen yıkılmamıştır. Bu seviyedeki binalarda onarım genellikle ekonomik olmaz ve yapı yeniden kullanılabilir durumda olmayabilir.
- Can güvenliği performans seviyesinde (Life Safety - LS) ise yapı ciddi hasar almış olabilir ancak bina, deprem sırasında bina sakinlerinin güvenliğini sağlayacak şekilde ayakta kalır. Yani bina çökmeyecektir ancak onarım gerektiren hasarlar oluşabilir. Bu performans seviyesi, özellikle insanların yaşamını korumaya yönelik olup yaygın olarak kullanılan bir kriterdir.
- Hizmet verebilirlik performans seviyesindeyse (Immediate Occupancy - IO) seviyede yapı minimal hasar alır ve deprem sonrasında hemen kullanılabilir durumda kalır. Yapıda sadece küçük onarımlar gerekebilir.

Özellikle kritik yapılarda (hastaneler, okullar vb.) bu performans seviyesi tercih edilir.

- Sınırlı hasar performans seviyesindeyse (Operational - OP) yapının depreme karşı neredeyse hiç hasar almadan işlevine devam etmesini ifade eder. Genellikle yüksek önem arz eden yapılarda talep edilir ve bu yapılar depremin hemen ardından kesintisiz olarak kullanılabilir.

Yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde TBDY-2018, bu dört ana performans seviyesini dikkate alarak mevcut yapıların değerlendirilmesini ve güçlendirilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda itme analizlerinin sonuçları, yapıların hangi performans seviyesine karşılık geldiğini belirlemek için kullanılmaktadır. İtme analizleri sonucunda elde edilen kuvvet-deplasman eğrileri, yapıların doğrusal olmayan davranışlarını incelemeye olanak tanımaktadır. Bu eğriler, yapının deprem esnasında hangi noktada elastik sınırlarını aştığını, plastik deformasyonlarının ne kadar olduğunu ve son olarak yapının hangi performans seviyesine ulaştığını göstermektedir. Özellikle deprem sonrası yapının hangi seviyede onarım gerektirdiği ya da güçlendirilmesinin zorunlu olup olmadığı bu analizler ile belirlenmektedir.

2.2.2 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplama, deprem hareketinin etkisi altındaki yapının dinamik davranışını tanımlayan diferansiyel denklemler grubunun zaman artışları ile adım adım doğrudan integrasyonunu içermektedir. Bu hesaplama sürecinde, sistemin doğrusal olmayan davranış özellikleri nedeniyle rijitlik matrisinin zaman içerisindeki değişimi dikkate alınmaktadır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi, yapıların deprem etkisi altındaki karmaşık ve doğrusal olmayan dinamik davranışlarını daha detaylı ve hassas bir şekilde incelemek için kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle yapıların gerçek deprem hareketine maruz kalırken sergilediği anlık tepkileri adım adım izlemek amacıyla tercih edilmektedir. Yöntemin en önemli özelliği, her bir zaman adımında yapının rijitlik matrisinin güncellenmesi ve doğrusal olmayan davranışların zaman içinde nasıl değiştiğinin takip edilmesidir. Bu, yapının elastik sınırlarını aşan ve plastik deformasyonların başladığı anları detaylı bir şekilde analiz etme olanağı sağlamaktadır. Bu bağlamda zaman tanım alanında doğrusal

olmayan hesap yönteminin kullanılabilmesi amacıyla yapının geometrik ve malzeme doğrusal olmayanlıklarını dikkate alan bir model oluşturulması gerekmektedir. Malzeme doğrusal olmayanlığı, yapı elemanlarının yük-deplasman ilişkilerinde doğrusal elastik davranışın ötesine geçerek plastik deformasyonlar meydana getirdiği durumu temsil etmektedir. Geometrik doğrusal olmayanlık ise büyük yer değiştirmelerin veya stabilite problemlerinin olduğu durumlarda yapının davranışını yansıtır. Bu iki doğrusal olmayanlık, yapıların deprem performansını gerçekçi bir şekilde analiz etmede hayati öneme sahiptir. Tüm bunlarla beraber zaman tanım alanında yapılan analizlerde, yapıya etki eden deprem yer hareketi verileri (zaman tanım alanındaki ivme kayıtları) doğrudan modelde kullanılmaktadır.

Deprem sırasında yapının nasıl bir ivmeye, hıza ve deplasmana maruz kaldığı, bu analizler ile belirlenebilmektedir. Ayrıca her bir zaman adımında yapının iç kuvvetleri ve yer değiştirmeleri hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar, yapının her an nasıl bir tepki verdiğini göstermektedir. Genel olarak zaman tanım alanı yönteminin bir diğer önemli avantajı, farklı deprem kayıtları kullanılarak analiz yapılabilmesidir. Bu sayede yapının farklı büyüklüklerdeki depremler karşısında nasıl davrandığı ve hangi performans seviyesine ulaştığı belirlenebilir. Yönetmelikler, bu tür analizlerde belirli bir sayıda farklı deprem kaydının kullanılması gerektiğini belirtmektedir. TBDY-2018 de bu konuda çeşitli kriterler öne sürmekte ve analizlerde kullanılacak deprem kayıtlarının yerel zemin koşullarına uygunluğunu şart koşmaktadır. Tüm bunlarla beraber zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleri, yapının gerçek deprem hareketi altındaki davranışını en doğru şekilde tahmin etmek ve deprem sırasında ortaya çıkabilecek potansiyel hasarları belirlemek için kullanılan etkili bir analiz yöntemidir.

2.3 Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

Yapı malzemelerinin gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinin doğrusal elastik bölgede kaldığı ve deplasmanların ihmal edilebilir seviyelerde olduğu varsayılarak, yapıların doğrusal davrandığı kabul edilmiştir. Ancak, dış kuvvetlerin etkisiyle taşıma gücü sınırlarına yaklaşılması sonrasında yapıda gözlemlenen gerilmelerin elastik olmayan bölgeye geçiş yaptığı ve oluşan deplasmanların ihmal

edilemeyecek düzeylere ulaştığı belirlenmiştir. Bu durum, yapının doğrusal olmayan bir davranış sergilediğini göstermektedir. Genel olarak, yapı tasarımında doğrusal şekil değiştirmeye dayalı yöntemler tercih edilmiştir. Ancak, bu yöntemler yalnızca güvenlik gerilmesi esaslı ve taşıma gücüne dayalı hesaplar yapmakta, doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri dikkate almamaktadır. Doğrusal olmayan davranışların analizine yönelik yapılan çalışmalar, deprem yüklerinin etkisinin azaldığını göstermiştir. Bu durum, yapının deprem sırasında gerçeğe daha yakın bir davranış sergilemesini sağlamakta ve detaylı bir inceleme imkânı sunmaktadır. Doğrusal olmayan davranış modelleri, TBDY-2018'de idealizasyon şekillerine göre iki temel grupta incelenmiştir. Bu yaklaşımla, yapıların deprem karşısındaki performansının daha hassas bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanınmaktadır [1].

Doğrusal olmayan davranış modelleri, TBDY-2018'de iki temel grupta incelenmiştir. Bunlar malzeme doğrusal olmayanlığı ve geometrik doğrusal olmayanlık şeklindedir. Bu iki kavram, yapıların deprem yükleri altında nasıl bir davranış sergileyeceğini anlamak ve analizlerde gerçekçi sonuçlar elde etmek için kritik öneme sahiptir. Malzeme doğrusal olmayanlığı, yapı elemanlarının elastik sınırlarını aştığı durumları ifade etmektedir. Yapı malzemeleri elastik bölgede belirli bir gerilme-şekil değiştirme bağıntısı ile davranmakta fakat taşıma gücünün sınırına yaklaştığında bu bağıntı doğrusal olmayan bir hale gelmektedir. Bu durumda malzeme, yük altındaki deformasyonları geri döndürülemez şekilde biriktirmeye başlamakta, yani plastik davranış sergilemektedir. Tüm bunlarla beraber malzeme doğrusal olmayanlığını modellemek için çeşitli idealize modeller kullanılmaktadır. TBDY-2018'de bu modeller, yapıların davranışını daha doğru bir şekilde temsil etmek amacıyla kullanılmıştır [1].

Malzeme modelleri, yapı elemanlarının elastik davranış sınırlarını, akma noktalarını ve plastik deformasyon kapasitelerini tanımlayarak yapının deprem sırasında nasıl bir performans göstereceğini öngörmektedir. Bu çerçevede TBDY-2018'e göre doğrusal olmayan malzeme davranışları genellikle betonarme ve çelik yapıların performans analizlerinde kullanılmaktadır. Betonarme elemanlar için doğrusal olmayan davranış modeli, betonun basınçta ezilmeye ve çekmede çatlamaya başlamasıyla birlikte belirgin hale gelirken çelik elemanlar için ise akma noktası ve sonrasında oluşan plastik şekil değiştirmeler esas alınmaktadır. Bu tür

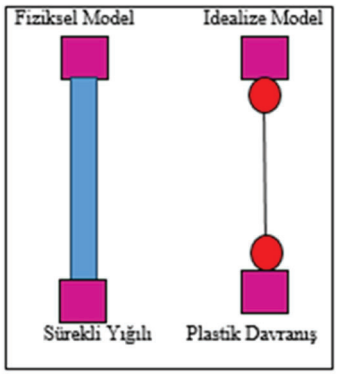
modeller, yapı elemanlarının deprem anındaki kırılma, göçme veya ağır hasar alma risklerini daha iyi analiz etmeye yardımcı olmaktadır. Tüm bunlarla beraber geometrik doğrusal olmayanlık ise yapı elemanlarının büyük yer değiştirmelere maruz kaldığı durumları ifade etmektedir. Yapıların deprem sırasında büyük deformasyonlar geçirmesi durumunda başlangıçtaki rijitlik ve denge durumu değişmektedir. Bu durumda yapının davranışı artık küçük yer değiştirmelerle lineer şekilde modellenemez; sistemin rijitliği sürekli olarak değişir ve analizlerde bu durumun göz önüne alınması gerekmektedir.

Genel olarak TBDY-2018'de geometrik doğrusal olmayanlık, özellikle yüksek binalar veya deprem etkisi altında büyük deplasmanlar yaşanma riski taşıyan yapılar için dikkate alınmalıdır. Geometrik doğrusal olmayanlık modellemesi, yapının deprem sırasında stabilitesini ve göçme riskini değerlendirmek için önemlidir. Ayrıca yapının burkulma, yana doğru devrilme veya lokal stabilite problemleri gibi riskleri bu modellerle daha doğru bir şekilde analiz edilebilir. Doğrusal olmayan davranış modelleri, yapı tasarımında önemli bir değişim yaratmıştır. Geleneksel olarak doğrusal tasarım yöntemleri kullanıldığında, yapının elastik sınırlar içinde kalacağı varsayılır ve deprem yüklerine karşı güvenlik gerilme esaslı hesaplar yapılmakta fakat bu yöntemler, yapının deprem esnasında doğrusal olmayan deformasyonlara maruz kalabileceğini göz ardı etmektedir. Bu durum, yapıların tasarım aşamasında beklenmedik deformasyonlara ve hasarlara neden olabilmektedir. Doğrusal olmayan analizler, yapının elastik sınırlarını aşarak plastik deformasyonlara ulaştığı durumlarda deprem yüklerinin daha düşük seviyelere indirgenebileceğini göstermektedir. Bu, yapının enerji yutma kapasitesini artırarak, yapının deprem esnasında daha esnek davranmasını sağlar ve böylece genel yapı güvenliği artırılmaktadır.

2.3.1 Yığılı Plastik Davranış Modeli

Çerçeve sonlu elemanlarıyla tasarlanmış yapı elemanlarında, plastik mafsal olarak adlandırılan kesitlerde doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin toplandığı kabul edilen bir plastik davranış modelidir. Bu model çerçevesinde, toplam şekil değiştirme oranının doğrusal şekil değiştirme oranına göre belirgin bir derecede daha büyük olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla, yapı elemanlarının yalnızca plastik mafsallar aracılığıyla doğrusal olmayan bir davranış sergilediği, diğer kısımlarda ise doğrusal bir davranış gösterdiği kabul edilmektedir. Bu bağlamda,

yapının doğrusal ve doğrusal olmayan (yığılı) eleman modelleri Şekil 2.1'de sunulmuştur.

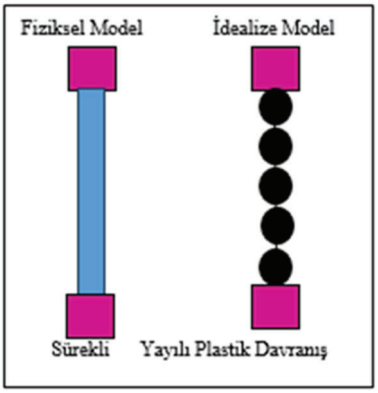


Şekil 2.1 Doğrusal ve doğrusal olmayan (yığılı) eleman modellerinin karşılaştırılması

Plastik deformasyonların düzgün bir biçimde dağılmış olduğu kabul edilmektedir. Plastik mafsal boyu, etki doğrultusundaki kesit alanının yarısına eşit olarak kabul edilmektedir.

2.3.2 Yayılı Plastik Davranış Modeli

Yığılı plastik davranışının aksine, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin belirli bir kesitte odaklanmadığı, yapının uzunluğu boyunca devam ettiği kabul edilmektedir. Bu bağlamda, yapının doğrusal ve doğrusal olmayan (yayılı) eleman modelleri Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Doğrusal ve doğrusal olmayan (yayılı) eleman modellerinin karşılaştırılması

2.4 Fiber Eleman Modellemesi

2.4.1 Fiber Elemanların Teorik Temelleri

Fiber eleman modellemesi (FEM), mühendislik yapılarının özellikle doğrusal olmayan analizlerinde kullanılan güçlü bir yöntemdir. Bu yöntemin dayandığı teorik temeller, yapısal elemanların malzeme davranışlarını ve geometri özelliklerini daha ayrıntılı bir şekilde modellemeye dayanmaktadır. Fiber eleman modellemesi, her bir elemanı kesitler halinde bölmekte ve her bir kesiti fiber adı verilen küçük malzeme bölümlerine ayırarak elemanın doğrusal olmayan davranışını hesaplamaktadır. Bu yaklaşımla kesit düzleminde yer alan farklı malzeme özelliklerine sahip bölgeler, birbirinden bağımsız olarak analiz edilebilmektedir. Bu da yapı elemanlarının malzeme özellikleri farklılık gösteren bölümlerinde daha hassas bir hesaplama yapılmasını sağlamaktadır [22].

Fiber elemanların teorik temelleri, klasik kiriş teorisinden farklı olarak malzeme doğrusal olmayan kısmı ve kesit şekil değiştirme etkilerini dikkate alarak genişletilmiştir. Bu modelleme yaklaşımında, temel varsayım olarak her fiberin eksenel doğrultuda gerilme-şekil değiştirme ilişkisi kullanılarak hesaplanabileceği kabul edilir. Elemanlar, farklı malzemelerden oluşan liflere bölündüğünde her lifin malzeme özelliklerine göre bağımsız olarak analiz edilmesi mümkündür. Tüm bunlarla beraber fiber eleman modellemesi, özellikle kiriş ve kolon gibi kesitlerinin hem beton hem de çelik içeren yapı elemanları için uygundur.

Her bir fiberin davranışı ayrı ayrı hesaplanarak, elemanın genel davranışı daha doğru bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Bu modellemenin teorik temellerinde önemli bir diğer unsur da plastik şekil değiştirme kavramıdır [6]. Fiber elemanlar, özellikle betonarme yapılarda plastik şekil değiştirme bölgelerinin modellenmesinde büyük avantaj sağlamaktadır. Bununla beraber geleneksel eleman modellerinde plastik mafsallar genellikle elemanların belirli noktalarında varsayılmakta ama fiber eleman modeli, plastik mafsalların eleman boyunca daha geniş bir bölgede oluşabileceğini ve bu bölgelerin zamanla nasıl geliştiğini daha iyi analiz etmektedir. Bu sayede doğrusal olmayan analizlerin doğruluğu ve hassasiyeti artmaktadır. Genel olarak fiber eleman modellemesinin teorik temelleri, malzeme ve geometrik doğrusal olmayanları dikkate alan gelişmiş bir hesaplama yaklaşımına dayanmaktadır. Bu yöntem, özellikle deprem gibi büyük yükler altında yapıların

nasıl davrandığını analiz etmek için oldukça etkili bir modeldir. Fiber elemanların gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinin detaylı olarak ele alınması, yapı elemanlarının performans değerlendirilmesinde daha hassas ve gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Bu kapsamda fiber eleman modellemesinin en önemli avantajlarından biri, bu tür farklı malzeme davranışlarını ve malzemeler arasındaki etkileşimleri bir arada inceleyebilmesidir. Bu bağlamda teorik olarak fiber eleman modeli, Bernoulli kiriş teorisinin geliştirilmiş bir versiyonuna dayanmaktadır [44]. Bernoulli kiriş teorisinde, kesit düzleminin eğilme sırasında düz kaldığı ve kesit boyunca gerilmelerin lineer olarak dağıldığı varsayılmakta ama fiber eleman modelinde bu varsayımlar daha esnek hale getirilmiştir. Kesit düzleminin eğilmesi ve şekil değiştirmesi sırasında her bir fiberin farklı bir gerilme ve şekil değiştirme değerine sahip olabileceği kabul edilmektedir. Bu durum, kesitteki farklı noktaların farklı davranışlar gösterebileceği anlamına gelmektedir [45]. Dolayısıyla fiber eleman modeli, doğrusal olmayan ve karmaşık şekil değiştirme etkilerinin simüle edilmesinde daha doğru sonuçlar sağlamaktadır. Bu süreç, özellikle büyük yer değiştirmelerin ve şekil değişikliklerinin söz konusu olduğu durumlarda önem kazanmaktadır. Deprem gibi büyük dış kuvvetler altında yapı elemanlarında büyük deformasyonlar meydana gelebilmektedir. Fiber eleman modellemesi, bu deformasyonların hesaplanmasında da etkili bir yöntemdir.

2.4.2 Kesitlerin Liflere Bölünmesi ve Hesaplamalar

Fiber eleman modellemesinde yapı elemanlarının kesitlerinin liflere bölünmesi, malzeme davranışlarının daha detaylı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yaklaşım, kesit düzlemi üzerindeki her bir noktanın ayrı ayrı değerlendirilebileceği varsayımına dayanmaktadır. Özellikle betonarme yapıların doğrusal olmayan analizlerinde, malzeme özelliklerinin kesit boyunca farklılık gösterdiği durumlarda fiber eleman modellemesi ile bu farklılıklar dikkate alınarak daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Kesitlerin liflere bölünmesi işlemi, yapı elemanlarının malzeme özelliklerine göre kesit düzlemi üzerinde homojen olmayan bir dağılım göstermesi durumunda devreye girmektedir. Örneğin betonarme bir kolon kesitinde hem beton hem de çelik donatılar bulunmakta ve bu iki malzeme, farklı mekanik özelliklere sahiptir [46].

Fiber eleman modellemesinde, bu kesit, belirli sayıda lifi temsil eden küçük bölümlere ayrılmaktadır. Her bir fiber, kesit düzlemi üzerinde belirli bir alana karşılık gelir ve bu alan, o fiberin malzeme özellikleri ile ilişkilendirilmektedir. Bu sayede her fiber, gerilme-şekil değiştirme ilişkisine göre bağımsız olarak analiz edilmekte ve kesit düzleminde meydana gelen kuvvetler bu bağımsız hesaplamalar üzerinden elde edilmektedir. Bu çerçevede kesitlerin liflere bölünmesi işlemi, genellikle betonarme elemanların doğrusal olmayan analizlerinde kritik bir rol oynamaktadır.

Beton ve çelik gibi malzemelerin farklı mekanik davranışları, farklı yükleme koşullarında farklı şekil değiştirme ve gerilme sonuçları doğurmaktadır. Örneğin betonun çekme dayanımı düşükken basınç dayanımı yüksektir. Çelik ise hem çekme hem de basınç dayanımında daha iyi bir performans göstermektedir [23]. Fiber eleman modellemesinde bu farklılıkları dikkate alarak kesit düzlemi üzerinde çelik ve beton malzemeler ayrı ayrı lifler şeklinde temsil edilmektedir. Her bir lifin malzeme modeli, beton veya çeliğin doğrusal olmayan davranışına göre tanımlanmakta ve bu şekilde liflerin her biri, yapı elemanının genel davranışına katkıda bulunmaktadır.

Genel olarak kesitlerin liflere bölünmesi ile ilgili bir diğer önemli husus, kesit düzleminde oluşan gerilme dağılımlarının daha detaylı olarak incelenmesidir. Geleneksel doğrusal analizlerde bir kesitteki gerilme dağılımları genellikle basit modellerle temsil edilmekte ve bu modeller genellikle kesit boyunca homojen bir gerilme dağılımı fakat fiber eleman modellemesi, kesit boyunca farklı malzemeler ve bu malzemelerin farklı şekil değiştirme davranışlarını dikkate alarak gerilme dağılımlarını daha gerçekçi bir şekilde hesaplamaktadır. Bu sayede kesit üzerindeki her bir fiber, belirli bir gerilme ve şekil değiştirme değeri alabilmektedir [17]. Örneğin bir betonarme elemanın yük altında çatlaması durumunda, betonun çekme dayanımını kaybettiği bölgeler, fiber eleman modellemesinde doğrudan simüle edilebilmekte ve bu bölgelerde gerilmelerin çelik donatılar tarafından taşındığı gözlemlenebilmektedir. Fiber eleman modellemesinde kesitlerin liflere bölünmesi, aynı zamanda eleman boyunca şekil değiştirme ve gerilme hesaplamalarının daha hassas bir şekilde yapılmasına olanak tanımaktadır. Kesit düzlemi üzerindeki her bir fiber, belirli bir şekil değiştirme ve gerilme ilişkisine sahip olduğundan bu liflerin davranışı, kesitin genel davranışını belirlemektedir. Bu bağlamda eleman

boyunca oluşan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin hesaplanması, fiber eleman modellemesinde doğrusal olmayan analizlerde büyük bir hassasiyet sağlamaktadır [47].

Tüm bunlarla beraber hesaplamalar aşamasında fiberlerin gerilme-şekil değiştirme ilişkisi kullanılarak kesitteki her bir fiberin taşıdığı kuvvetler hesaplanmaktadır. Bu kuvvetler daha sonra tüm kesit boyunca toplanarak elemanın genel taşıma kapasitesi ve davranışı belirlenmektedir. Bu işlem sırasında, betonun doğrusal olmayan basınç ve çekme davranışları, çelik donatının doğrusal ve doğrusal olmayan gerilme-şekil değiştirme eğrileri gibi malzeme modelleri dikkate alınmaktadır. Fiber eleman modellemesi, her bir fiberin bu malzeme modellerine göre hesaplamalarını yaparak kesit düzlemindeki gerilme dağılımlarını ve bu dağılımların elemanın genel davranışına etkilerini analiz etmektedir. Tüm bunlarla beraber kesitlerin liflere bölünmesi ve hesaplamalar, fiber eleman modellemesinin temel prensiplerinden biridir [48]. Bu yaklaşım, kesit düzlemindeki malzeme davranışlarının daha detaylı bir şekilde incelenmesini sağlar ve doğrusal olmayan analizlerde büyük bir doğruluk sunmaktadır.

2.5 Plastik Mafsal Modellemesi

2.5.1 Plastik Mafsalların Davranış Modelleri

Plastik mafsallar, yapı elemanlarının taşıma kapasitesini aşan dış kuvvetler altında oluşan plastik deformasyon bölgeleridir ve yapı mühendisliğinde doğrusal olmayan davranışları modellemek için kullanılan kritik bir kavramdır. Plastik mafsalların davranış modelleri, yapıların nasıl şekil değiştirdiğini, gerildiğini ve hangi noktada kalıcı deformasyonlara uğradığını anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu modeller, yapı elemanlarının plastik bölgelere ulaştığında nasıl bir performans sergilediğini simüle ederek özellikle deprem gibi büyük yükler altında yapının dayanıklılığını ve enerji sönümleme kapasitesini analiz etmektedir. Bu çerçevede plastik mafsalların davranış modelleri, yapıların doğrusal olmayan analizlerinde büyük bir öneme sahiptir. Plastik mafsalların oluştuğu bölgelerde malzeme elastik davranıştan çıkarak plastik davranışa geçmektedir [16].

Bu geçişin nasıl gerçekleştiği ve elemanın plastik bölgede ne tür şekil değiştirme ve gerilme davranışı sergilediği, plastik mafsal modelleri ile belirlenmektedir. Bu

modeller, yapı elemanlarının genel stabilitesini ve dayanıklılığını değerlendirmek için kullanılan performans tabanlı tasarım süreçlerinin temel bileşenlerinden biridir. Tüm bunlarla beraber plastik mafsalların en yaygın kullanılan davranış modelleri arasında elastik-plastik davranış modeli yer almaktadır. Bu model, elemanın önce elastik bir bölgede şekil değiştirdiğini ve belirli bir sınırın aşılmasının ardından plastik bölgeye geçtiğini varsaymaktadır [22]. Eleman, elastik bölgede gerilme ve şekil değiştirme arasında doğrusal bir ilişki sergilemekte fakat taşıma kapasitesinin aşılması durumunda plastik deformasyon meydana gelmektedir. Bu kapsamda elastik-plastik davranış modeli, genellikle çelik elemanlarda kullanılmaktadır. Çelik, elastik sınırına kadar şekil değiştirirken elastik özelliklerini korumakta ve yük kaldırıldığında eski haline dönmekte ama bu sınır aşıldığında çelik, kalıcı deformasyona uğrar ve plastik bölgeye girmektedir. Bu noktada çeliğin daha fazla şekil değiştirme kapasitesi vardır, ancak taşıma kapasitesi sınırına ulaşmıştır. Plastik mafsal modeli, bu elastik ve plastik bölgeler arasındaki geçişi simüle eder ve yapının enerji sönümleme kapasitesini analiz etmektedir.

Bu çerçevede ideal elastik-plastik model, yapı elemanının elastik bölgede doğrusal bir şekilde gerilme ve şekil değiştirme ilişkisinin sürdüğünü fakat plastik bölgeye geçildiğinde gerilmenin sabit kaldığını varsaymaktadır [44]. Yani eleman, plastik bölgede daha fazla gerilme yaşamadan sadece şekil değiştirmeye devam etmektedir. Bu model, genellikle çelik yapı elemanlarında kullanılmakta ve plastik mafsal oluşumunu basitleştirilmiş bir şekilde temsil etmektedir. Bu kapsamda elastik-kısmi sertleşmeli plastik davranış modeli, elemanın elastik sınırını aştıktan sonra, gerilmenin artmaya devam ettiği ve elemanın bir miktar daha taşıma kapasitesi kazandığı bir davranış modelidir. Bu model, özellikle çelik yapı elemanlarının gerilme-şekil değiştirme ilişkilerini daha gerçekçi bir şekilde simüle etmektedir. Çelik elemanlar, elastik bölgeden plastik bölgeye geçtikten sonra belirli bir seviyede sertleşme (gerilme artışı) göstermektedir. Bu durum, elemanın plastik deformasyon altında taşıma kapasitesini bir miktar artırdığı anlamına gelmektedir. Tüm bunlarla beraber elastik-kısmi sertleşmeli plastik model, yapı elemanlarının daha karmaşık gerilme-şekil değiştirme ilişkilerini simüle etmek için kullanılmaktadır [45].

Bu model, elemanların plastik bölgeye geçtikten sonra bile yük taşıma kapasitelerini artırabileceğini göstermektedir. Bu model, özellikle çelik yapıların

performans tabanlı tasarımında ve büyük deformasyonlar altında nasıl davrandıklarını analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Tam plastik davranış modeli, elemanın elastik sınırını aştıktan sonra tamamen plastik bir hale geldiği ve büyük şekil değiştirmelere uğradığı bir durumu simüle etmektedir. Bu modelde yapı elemanı plastik bölgeye ulaştığında artık daha fazla gerilme taşıyamaz ve deformasyon kapasiteleri tükenene kadar sürekli olarak şekil değiştirmektedir [6]. Tam plastik model, elemanın taşıma kapasitesinin tamamıyla tükendiği ve artık yük taşıyamadığı durumu temsil etmektedir. Bu model, özellikle deprem mühendisliğinde ve aşırı yükler altındaki yapı elemanlarının çökme davranışlarını analiz etmek için kullanılmaktadır. Elemanlar, büyük yükler altında plastik bölgeye geçtiğinde, artık taşıma kapasitesine sahip olmadıkları için büyük deformasyonlar sergilemekte ve yapının genel stabilitesi tehlikeye girmektedir. Tam plastik davranış modeli, bu tür kritik durumları simüle eder ve yapı elemanlarının nihai çökme davranışlarını anlamak için kullanılmaktadır [46].

Genel olarak plastik mafsalların davranış modelleri, özellikle deprem mühendisliğinde büyük bir öneme sahiptir. Depremler sırasında yapılar, elastik sınırlarını aştıktan sonra plastik bölgelere ulaşır ve bu bölgelerde büyük deformasyonlar meydana gelmektedir. Plastik mafsal modeli, bu deformasyonların nasıl gerçekleştiğini ve yapı elemanlarının hangi noktada enerji sönümleme kapasitesine ulaştığını göstermektedir. Yapılar, plastik mafsallar oluşturarak deprem enerjisini sönümler ve bu sayede büyük kuvvetler altında çökme riskini azaltmaktadır. Bu çerçevede plastik mafsalların davranış modelleri, yapıların doğrusal olmayan davranışlarını anlamada ve modellemede kritik bir araçtır [23]. Elastik-plastik, ideal elastik-plastik, elastik-kısmi sertleşmeli plastik ve tam plastik davranış modelleri gibi farklı yaklaşımlar, yapı elemanlarının dış yükler altındaki performansını analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu modeller, yapı elemanlarının taşıma kapasitesini aştığında nasıl tepki vereceğini, ne kadar şekil değiştirebileceğini ve enerji sönümleme kapasitelerini simüle etmektedir. Özellikle deprem mühendisliğinde plastik mafsal davranış modelleri, yapıların güvenliği ve dayanıklılığı açısından büyük bir öneme sahiptir ve performans tabanlı tasarım süreçlerinde vazgeçilmez bir rol oynamaktadır.

2.5.2 Moment-Eğrilik İlişkisi ve Kapasite Eğrisi

Yapı mühendisliğinde, moment-eğrilik ilişkisi ve kapasite eğrisi, yapı elemanlarının yük altında nasıl davrandığını anlamak için kullanılan temel kavramlardır. Bu kavramlar, özellikle betonarme ve çelik yapıların doğrusal olmayan analizlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Moment-eğrilik ilişkisi, yapı elemanlarının yük altında oluşan iç momentler ile elemanın eğrilikleri (curvature) arasındaki bağıntıyı tanımlamaktadır. Kapasite eğrisi ise yapı elemanlarının ya da yapı sistemlerinin yük taşıma kapasitesinin belirlenmesi için kullanılan bir grafiktir. Bu iki kavram, yapıların büyük dış kuvvetler altında nasıl şekil değiştirdiğini, taşıma kapasitesini nasıl artırdığını ve nihayetinde hasara uğrayacağını anlamaya yardımcı olmaktadır [17].

Moment-eğrilik ilişkisi, bir yapı elemanının uygulanan eğilme momenti altındaki davranışını anlamak için kullanılmaktadır. Eğilme momenti, bir yapı elemanına uygulanan kuvvetlerin elemanda bir bükülme veya eğilme oluşturduğu iç kuvvetlerdir. Eğrilik (curvature) ise bu eğilme kuvvetlerinin elemanın ekseni boyunca oluşturduğu şekil değişikliğini ifade etmektedir. Moment-eğrilik ilişkisi, özellikle elemanın elastik bölgeden plastik bölgeye geçişini anlamak ve elemanın yük altında nasıl tepki verdiğini modellemek için kritik öneme sahiptir. Bu ilişki, yapı elemanlarının elastik ve plastik davranışlarını açıklayan bir grafiktir [47]. Başlangıçta eleman, elastik sınırlar içinde moment ve eğrilik arasında doğrusal bir ilişki sergilemektedir. Bu durumda uygulanan moment arttıkça eleman doğrusal bir şekilde bükülmekte ve eğrilik artmaktadır fakat moment elemanın taşıma kapasitesini aşmaya başladığında, eğrilik daha hızlı artar ve eleman plastik davranışa geçmektedir. Bu geçiş, elemanın kalıcı deformasyon göstermeye başladığı ve yük altında büyük şekil değiştirmelere maruz kaldığı bir aşamayı temsil etmektedir.

Moment-eğrilik ilişkisi, elemanın plastik mafsal oluşumu ve şekil değiştirme kapasitesini anlamak için önemli bir araçtır. Yapı elemanı elastik bölgedeyken, moment ve eğrilik arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bu bölgede, yapı elemanına uygulanan yük kaldırıldığında eleman orijinal şekline geri dönmektedir. Elastik davranış sırasında moment artışıyla eğrilik de doğrusal olarak artmakta ve eleman elastik deformasyon göstermektedir. Yapı elemanı plastik bölgeye geçtiğinde moment ve eğrilik arasındaki ilişki doğrusal olmaktan çıkmaktadır [48]. Bu

çerçevede eleman taşıma kapasitesine ulaştığında, eğrilik hızla artarken moment sabit kalabilir veya sınırlı bir şekilde artmaktadır.

Bu noktada eleman kalıcı deformasyonlara maruz kalmakta ve eğilme momenti altında büyük şekil değiştirmeler göstermektedir. Plastik bölgede yapı elemanı, taşıma kapasitesinin ötesinde şekil değiştirme kapasitesine sahiptir fakat bu deformasyonlar kalıcıdır ve eleman geri dönülemez hasarlar almaktadır. Moment-eğrilik ilişkisi, yapı mühendisliğinde özellikle deprem mühendisliğinde büyük bir önem taşımaktadır. Tüm bunlarla beraber yapı elemanlarının deprem sırasında elastik sınırlarını aştığı ve plastik davranış gösterdiği noktaları belirlemek için kullanılmaktadır. Bu ilişki, yapı elemanlarının enerji sönümleme kapasitesini ve büyük yükler altında nasıl performans göstereceğini analiz etmek için temel bir araçtır [49]. Bu çerçevede kapasite eğrisi, bir yapı elemanının ya da bütün bir yapının dış yükler altında ne kadar yük taşıyabileceğini ve nasıl şekil değiştirdiğini gösteren bir grafiktir. Kapasite eğrisi, yapı elemanlarının veya yapı sistemlerinin çeşitli yükleme seviyelerinde gösterdiği davranışı özetler ve yapının maksimum taşıma kapasitesine ulaştığı noktayı belirlemektedir. Genellikle yatay eksende yer değiştirme, düşey eksende ise iç kuvvetler veya momentler yer almaktadır. Bu eğri, yapının elastik bölgeden plastik bölgeye geçişini ve nihai olarak göçme noktasına kadar nasıl davrandığını göstermektedir.

Kapasite eğrisi, yapı mühendisliğinde performans tabanlı tasarım için önemli bir araçtır. Yapı elemanlarının veya tüm yapı sistemlerinin nasıl performans göstereceğini ve hangi yükleme seviyelerinde hasar alacağını anlamak için bu eğri kullanılmaktadır. Deprem gibi büyük dış kuvvetlerin etkisi altında yapıların nasıl şekil değiştireceğini ve hangi noktada taşıma kapasitesinin tükeneceğini belirlemek için kapasite eğrisi kritik bir rol oynamaktadır. Kapasite eğrisinin başlangıcında yapı elemanları elastik davranış sergilemektedir. Bu bölgede uygulanan yükler altında yapı elemanları şekil değiştirmekte ama bu şekil değişiklikleri yük kaldırıldığında geri dönmektedir [50]. Kapasite eğrisinin elastik bölgesinde yapı taşıma kapasitesine ulaşmamış durumda olduğu için deformasyonlar sınırlıdır. Tüm bunlarla beraber kapasite eğrisinin bir noktasında yapı elemanları taşıma kapasitelerine ulaşmakta ve elastik-plastik geçiş başlamaktadır. Bu noktada yapı elemanları daha fazla yük taşımaya devam edebilir, ancak artık kalıcı şekil değiştirmeler göstermeye başlamaktadır. Kapasite eğrisinde bu geçiş noktası,

yapının plastik deformasyonlara uğramaya başladığı ve hasar riskinin arttığı bölgeyi temsil etmektedir. Bu çerçevede kapasite eğrisinin son bölgesinde yapı elemanları plastik bölgededir ve taşıma kapasiteleri tükenmiştir. Bu noktada yapı elemanları daha fazla yük taşıyamaz ve büyük şekil değiştirmeler göstermektedir [5].

Kapasite eğrisinin bu kısmı, yapının kırılma noktasını ve nihai çökme kapasitesini ifade etmektedir. Plastik bölgedeki şekil değiştirmeler kalıcıdır ve yapı geri dönüşü olmayan bir hasar almıştır. Moment-eğrilik ilişkisi ve kapasite eğrisi, deprem mühendisliği açısından son derece önemli kavramlardır. Depremler sırasında yapılar elastik sınırlarını aşarak büyük deformasyonlara maruz kalmaktadır. Moment-eğrilik ilişkisi, yapı elemanlarının deprem sırasında hangi noktada elastik davranıştan plastik davranışa geçeceğini belirlemektedir. Tüm bunlarla beraber bu ilişki, yapı elemanlarının hangi noktalarda plastik mafsal oluşturacağını ve bu bölgelerde nasıl şekil değiştireceğini anlamaya yardımcı olmaktadır.

2.5.3 Plastik Mafsal Bölgelerinde Enerji Tüketimi

Plastik mafsallar, yapı elemanlarının elastik sınırlarını aştığı ve kalıcı deformasyonların meydana geldiği bölgeler olarak yapı mühendisliğinde büyük bir öneme sahiptir. Enerji tüketimi, yapıların dış kuvvetlere özellikle depremler gibi ani ve büyük yüklere karşı direnç göstermesinde kritik bir rol oynamaktadır. Plastik mafsallar, yapısal sistemlerin enerji tüketme ve sönümleme yeteneklerini artırarak yapıların çökme riskini azaltmakta ve genel stabilitesini sağlamaktadır. Bu bağlamda plastik mafsal bölgelerinde enerji tüketimi, yapıların dış kuvvetler altında ne kadar dayanıklı olduğunu ve depreme karşı nasıl performans gösterdiğini anlamada kilit bir faktördür. Plastik mafsallar, özellikle deprem mühendisliğinde, yapıların enerji tüketme yeteneğini artırarak yapının dayanım kapasitesini genişletmektedir [51].

Yapı elemanları, plastik bölgede şekil değiştirirken büyük miktarda enerji emmekte ve bu enerji sönümlenmekte, böylece yapı elemanları daha fazla hasar almadan kuvvetlerin etkisini azaltmaktadır. Bu kapsamda plastik mafsal bölgelerinde enerji tüketimi, yapı elemanlarının elastik bölgeden plastik bölgeye geçmesiyle başlamaktadır. Elemanlar elastik davranış sergiledikleri sürece gerilme ve şekil değiştirme arasında doğrusal bir ilişki bulunur ve enerji büyük ölçüde geri

kazanılabilmekte ama plastik mafsal oluştuğunda, yapı elemanları kalıcı deformasyonlar göstermeye başlar ve enerji sönümlenmektedir. Bu süreçte yapı elemanlarının şekil değiştirme kapasitesi artarken, iç kuvvetler de yapı sisteminin enerji tüketme yeteneğini artırmaktadır. Plastik mafsallar, yapı elemanlarının büyük deformasyonlar yaşadığı ve bu deformasyonların geri döndürülemez hale geldiği bölgelerde oluşmaktadır. Enerji tüketimi, bu deformasyonların büyüklüğü ve elemanın plastik bölgedeki şekil değiştirme kapasitesi ile doğru orantılıdır [52].

Elemanlar plastik mafsal bölgesinde büyük şekil değişikliklerine uğradıkça daha fazla enerji emmekte ve bu enerji sönümlenerek dış kuvvetlerin etkisi azaltılmaktadır. Tüm bunlarla beraber yapı elemanları, elastik bölgede iken enerji tüketimi minimum düzeydedir. Bu aşamada uygulanan dış yükler elemanlarda geri döndürülebilir deformasyonlar oluşturmakta ve yük kaldırıldığında eleman orijinal formuna dönmektedir. Elastik bölgede gerilme ve şekil değiştirme arasındaki ilişki doğrusal olup enerji geri kazanılabilmekte ama yapı elemanları taşıma kapasitesini aştığında ve plastik bölgeye geçildiğinde enerji geri kazanılamaz hale gelmektedir. Bu aşamada enerji tüketimi başlamakta ve yapı elemanı kalıcı deformasyonlar göstermeye başlamaktadır. Tüm bunlarla beraber plastik mafsal bölgelerinde enerji sönümlenmesi çok daha belirgin hale gelmektedir. Yapı elemanlarının plastik bölgeye geçtiği anda daha fazla şekil değiştirme kapasitesine sahip olsalar da bu deformasyonlar kalıcıdır ve elemanın iç yapısında geri dönüşü olmayan hasarlar meydana gelmektedir [53].

Bu durumda dış kuvvetlerin etkisiyle eleman büyük miktarda enerji emer ve bu enerji, elemanın deformasyonları aracılığıyla sönümlenmektedir. Bu çerçevede plastik mafsal bölgelerinde enerji tüketimi, deprem mühendisliğinde büyük bir öneme sahiptir. Depremler, yapılar üzerinde büyük ve ani kuvvetler uygulayarak elemanların elastik sınırlarını aşmasına ve plastik deformasyonlara neden olmaktadır. Deprem sırasında yapı elemanları, elastik bölgede sınırlı bir şekil değiştirme kapasitesine sahip olup dış kuvvetlerin şiddeti arttıkça plastik bölgeye geçmektedir. Plastik mafsal oluştuğunda elemanlar bu kuvvetler altında kalıcı şekil değiştirme gösterirken, enerjiyi emmekte ve bu enerji deformasyonlar aracılığıyla sönümlenmektedir. Tüm bunlarla beraber yapı elemanlarının plastik mafsal bölgelerinde enerji tüketimini artırmak, yapıların dayanıklılığını ve uzun ömürlülüğünü sağlamak için önemli bir mühendislik hedefidir [16].

Yapısal güçlendirme teknikleri, bu bölgelerde enerji sönümleme kapasitesini artırarak yapıların dış kuvvetlere karşı daha dirençli hale gelmesini sağlamaktadır. Örneğin betonarme yapılar çelik donatılarla güçlendirildiğinde, plastik mafsal bölgelerinde daha fazla enerji tüketebilmekte ve büyük deformasyonlar altında daha iyi performans sergileyebilmektedir. Yapısal güçlendirme, sadece elemanların taşıma kapasitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji sönümleme yeteneklerini de geliştirmektedir.

Plastik mafsal bölgelerinin enerji tüketme kapasitesi artırıldığında yapı daha fazla kuvveti absorbe edebilmekte ve büyük yükler altında daha uzun süre stabil kalabilmektedir. Bu nedenle yapısal güçlendirme, plastik mafsalların enerji tüketimini artırarak yapının genel güvenliğini artırmada etkili bir yöntemdir. Tüm bunlarla beraber plastik mafsal bölgelerinde enerji tüketimini anlamak ve değerlendirmek için enerji sönümleme kapasitesini ölçmek önemlidir. Bu kapasite, yapı elemanlarının büyük deformasyonlar altında ne kadar enerji absorbe edebileceğini ve bu enerjiyi nasıl sönümlediğini belirlemektedir. Bu çerçevede enerji sönümleme kapasitesi genellikle moment-eğrilik ve yük-yer değiştirme eğrileri ile analiz edilmektedir. Bu eğriler, elemanın enerji tüketme yeteneğini ve plastik mafsal bölgelerinde ne kadar enerji sönümlendiğini göstermektedir [22]. Plastik mafsal bölgelerinde enerji tüketimi, yapıların büyük dış kuvvetlere karşı dayanıklılığını artıran kritik bir mekanizmadır. Plastik mafsal oluşumu, yapı elemanlarının elastik sınırlarını aştığı noktada başlar ve elemanların büyük şekil değişikliklerine uğradığı bölgelerde enerji tüketilmektedir. Bu enerji, elemanın deformasyon kapasitesi aracılığıyla sönümlenir ve yapı, dış kuvvetlerin etkisini hafifletmektedir. Özellikle deprem mühendisliğinde plastik mafsal bölgelerinde enerji tüketimi, yapıların stabilitesini artıran temel bir faktördür.

2.6 Betonarme Sistem Davranışı

Beton, gevrek bir malzeme olarak davranırken, çelik donatı sünek bir malzemedir ve bu ikisinin birleşimi kompozit bir yapı malzemesi oluşturur. Beton yüksek basınç dayanımına sahipken, çekme dayanımı zayıftır. Bu nedenle, çekme dayanımı yüksek olan çelikle birleşerek kompozit bir yapı oluşturulur. Ayrıca, betonun çelik donatıyı korozyon, yangın ve burkulmaya karşı koruma yeteneği, betonarme yapının önemini vurgulamaktadır [54].

Betonarme sistemler, betonun basınç dayanımı ve çeliğin çekme dayanımını birleştirerek yapı elemanlarında dengeli ve dayanıklı bir sistem oluşturmaktadır. Betonun gevrekliği nedeniyle yapı elemanları yüksek basınç kuvvetlerine dayanabilirken, aynı zamanda çekme kuvvetlerine karşı zayıf kalmaktadır. Bu zayıflık, çelik donatıların beton içerisine yerleştirilmesiyle giderilmektedir. Bu çerçevede çelik donatılar, yapı elemanlarının çekme dayanımını artırarak deprem ve diğer yatay kuvvetler karşısında yapının sünekliğini ve enerji yutma kapasitesini yükseltmektedir. Bu kompozit sistem sayesinde betonarme yapılar, hem süneklik hem de mukavemet açısından güçlü bir performans sergilemektedir. Tüm bunlarla beraber betonarme sistemlerin davranışı, büyük ölçüde çelik ve betonun birlikte çalışabilme kabiliyetine, yani aderansına bağlıdır. Çelik donatıların beton içerisinde düzgün bir şekilde yerleştirilmesi ve aderansın sağlanması, betonun çeliğe tam olarak bağlanmasını ve iki malzemenin birlikte çalışmasını mümkün kılmaktadır. Aderans kaybı durumunda, çelik donatı ile beton arasında bir kayma meydana gelir ve bu, yapı elemanının taşıma kapasitesinin düşmesine neden olabilmektedir. TBDY-2018, betonarme yapılarda aderansın korunması ve yapı elemanlarının güvenli bir şekilde çalışabilmesi için donatı yerleşim ve detaylandırmalarını ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır. Bu çerçevede betonarme yapı elemanları, yük altında doğrusal olmayan davranış sergilemektedir. Özellikle depremler sırasında yapının belirli kısımlarında plastik mafsallar oluşarak enerji yutma kapasitesi artmaktadır [55].

Plastik mafsalların oluştuğu bölgelerde, yapı elemanları elastik sınırlarını aşmakta ve kalıcı deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonlar, yapının çökmesini engellerken aynı zamanda ciddi hasarların oluşmasına neden olabilmektedir. TBDY-2018, betonarme yapıların plastik mafsal bölgelerinde yeterli sünekliğe sahip olmasını ve bu bölgelerin yapı genelinde homojen bir şekilde dağılmasını hedefleyen düzenlemeler sunmaktadır. Tüm bunlarla beraber deprem etkisi altındaki betonarme sistemlerin davranışını etkileyen en önemli faktörlerden biri, süneklik düzeyidir. Süneklik, yapı elemanlarının yük altında deformasyona uğradıkça taşıma kapasitelerinin korunması anlamına gelmektedir. Betonarme sistemlerde sünekliğin sağlanması, çelik donatıların uygun şekilde düzenlenmesi, boyuna ve enine donatılar arasındaki uyumun sağlanması ve yeterli kesme dayanımının temin edilmesiyle mümkündür [54].

TBDY-2018, yapıların deprem yüklerine karşı yeterli sünekliği sağlayabilmesi için çeşitli kurallar ve sınırlandırmalar getirmiştir. Bu çerçevede betonarme sistemlerde bir diğer önemli husus da kapasite tasarımı ilkesidir. Kapasite tasarımı, yapının belirli elemanlarında oluşabilecek plastik şekil değiştirmelerin kontrollü bir şekilde oluşmasını ve yapının göçmeden yük taşıma kapasitesini sürdürebilmesini amaçlamaktadır. Bu prensip doğrultusunda, yapı elemanlarının kritik bölgelerinde süneklik artırılarak enerjiyi yutan bölgelerin belirlenmesi ve bu bölgelerde plastik mafsalların oluşması sağlanmaktadır Kapasite tasarımının temel hedefi, yapı elemanlarının göçme riskini minimize ederek yapı genelinde kontrollü bir hasar dağılımı sağlamaktır. TBDY-2018, bu ilkeyi esas alarak, özellikle kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kapasite tasarımına dayalı detaylandırma ve donatı düzenlemeleri önermektedir.

2.6.1 Beton Malzemenin Davranışı

Beton, çimento, su, agrega ve çeşitli kimyasal veya mineral katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilen bir malzemedir. Beton karışımına eklenen farklı katkılar, betona çeşitli dayanıklılık ve özellikler kazandırabilir. Yarı gevrek bir malzeme olan beton, düşük yükler altında lineer elastik bir davranış sergilerken, yükler artırıldıkça lineer olmayan bir davranış modeline geçiş yapar. Beton sınıfları kapsamında güvenli tasarım için yönetmelikte belirlenen belli sınır değerleri bulunmaktadır [543]. Tasarım sürecinde bu değerlere uygun hesaplamalar yapılır. Şekil 2.3, TBDY-2018'de doğrusal olmayan yöntemle kullanılmak üzere sargılı ve sargısız betonların gerilme-şekil değiştirme eğrisini göstermektedir [1].

Beton, düşük yükler altında lineer elastik davranış sergilerken, taşıma kapasitesinin sınırlarına yaklaştığında doğrusal olmayan davranış göstermeye başlamaktadır Bu noktada, betonun çatlama, ezilme veya akma gibi çeşitli hasar modları devreye girer. Betonun doğrusal olmayan davranışı, hem yapının güvenliği hem de tasarım süreci açısından önemli bir etkendir. Bu nedenle betonun gerilme-şekil değiştirme bağıntılarının dikkatli bir şekilde incelenmesi ve bu doğrusal olmayan davranışın yapı tasarımına dahil edilmesi büyük önem taşımaktadır. Betonun basınç dayanımı, betonarme yapıların tasarımında en önemli parametrelerden biridir [54].

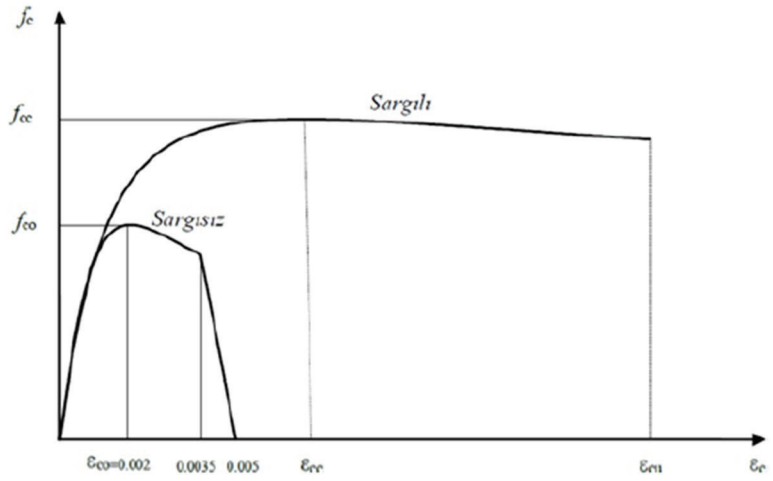
Basınç dayanımı, betonun kalitesi ve sınıfına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. TBDY-2018 ve diğer yapı yönetmeliklerinde, betonun sınıfına göre

belirlenen karakteristik basınç dayanımı değerleri esas alınarak tasarım yapılmaktadır. Bu dayanım değerleri, yapının güvenliğini sağlamak ve tasarımın yönetmeliklere uygun olmasını temin etmek amacıyla çeşitli güvenlik katsayılarıyla değerlendirilir. Genellikle betonun basınç dayanımı yüksek olsa da çekme dayanımı oldukça düşüktür. Bu nedenle betonun çekme gerilmeleri altında oluşacak hasarları minimize etmek amacıyla çelik donatı kullanılmaktadır. Bu çerçevede betonun doğrusal olmayan davranışının en belirgin olduğu durum, çatlama anıdır. Beton, çekme gerilmeleri altında oldukça düşük dayanım sergiler ve bu gerilmelerin belirli bir seviyeye ulaşmasıyla çatlamalar meydana gelmektedir. Bu çatlamalar, genellikle betonun yüzeyinde başlar ve zamanla derinleşmektedir. Çatlakların genişlemesi, betonun taşıma kapasitesini önemli ölçüde azaltır. Bu nedenle çekme gerilmelerine maruz kalan bölgelerde çelik donatı kullanımı, betonun çatlamasını kontrol altına alır ve çatlakların genişlemesini engellemektedir. Bu bağlamda bu çatlak kontrolü, yapıların deprem performansı açısından hayati bir öneme sahiptir, çünkü çatlamalar, yapının bütünlüğünü ve dayanıklılığını olumsuz yönde etkilemektedir [54].

Genel olarak betonun doğrusal olmayan davranışını etkileyen bir diğer önemli faktör ise sünme ve büzülme olaylarıdır. Beton, uzun süreli yükler altında deformasyona uğrar ve bu deformasyonlar zamanla kalıcı hale gelmektedir. Bu olaya sünme denmektedir. Sünme, özellikle uzun süreli yükler altında çalışan betonarme yapılarda önem kazanmakta ve yapının taşıma kapasitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Ayrıca, betonun su kaybetmesi sonucu oluşan hacim değişikliklerine büzülme denmektedir. Büzülme, betonun çatlama riskini artırır ve yapı elemanlarının performansını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, betonun büzülme ve sünme özelliklerinin tasarım aşamasında dikkate alınması, yapıların uzun vadeli performansını güvence altına almak açısından kritik önemdedir. Tüm bunlarla beraber betonun dayanımına etki eden bir diğer önemli parametre ise çevresel koşullar ve kimyasal etkilerdir. Beton, dış çevre koşullarına maruz kaldığında, kimyasal ve fiziksel etkilerden dolayı hasar görebilir. Özellikle donma-çözülme döngüleri, kimyasal saldırılar ve karbonatlaşma gibi etkiler, betonun dayanımını zamanla azaltabilmektedir. Bu tür etkilerle başa çıkabilmek için beton karışımına katkı maddeleri eklenmektedir. Bu katkılar, betona daha iyi su geçirmezlik, donma-çözülmeye karşı dayanıklılık ve kimyasal etkilere karşı

direnç kazandırmaktadır. TBDY-2018, betonarme yapıların dış etkilere karşı korunması için belirli malzeme ve tasarım standartlarını öngörmektedir. Tüm bunlarla beraber beton malzemesinin doğrusal olmayan davranışı, tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken temel faktörlerden biridir. Betonun basınç ve çekme dayanımının yanı sıra, çatlama, sünme ve büzülme gibi özellikleri de göz önünde bulundurularak doğru bir yapı tasarımı yapılmalıdır. TBDY-2018, bu doğrusal olmayan davranışların yapı güvenliği üzerindeki etkilerini göz önüne alarak betonarme yapılarda güvenli tasarım kriterleri sunmaktadır.

Şekil 2.3'te gösterildiği gibi, sargı etkisinin artması sargılı betonun kopma şekil değiştirmesini artırmaktadır. Ayrıca, sünek özellikte olan donatının beton malzemesini sarması sonucunda sargılı betonun davranışı, sargısız betona kıyasla daha sünek bir yapıda olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, sargılı betonun daha yüksek bir göçme gerilmesine sahip olduğunu göstermektedir.

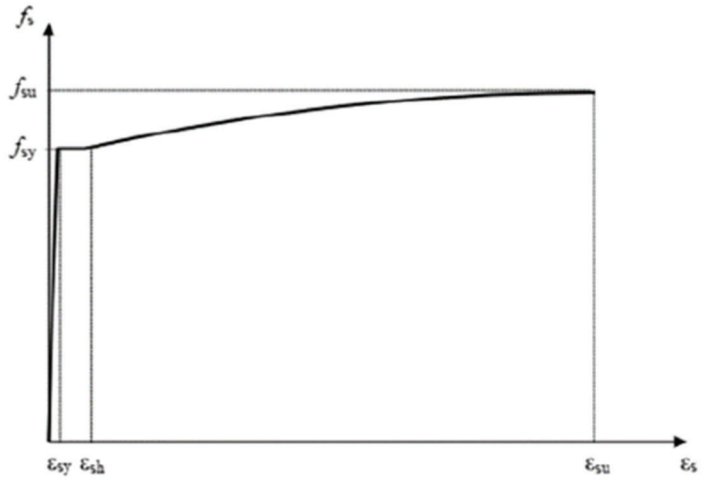


Şekil 2.3 Sargılı-sargısız beton gerilme-şekil değiştirme diyagramı [1]

2.6.2 Çelik Malzemenin Davranışı

Betonarme yapıların içinde kullanılan çelik donatı, betonun çekme mukavemetinin zayıf olmasından kaynaklanan çatlama nedeniyle kesitte oluşabilecek çekme gerilmelerini ortadan kaldırır. Beton ile temas yüzeyini artırmak amacıyla dairesel bir kesite sahiptir. Betonda oluşabilecek çatlak genişliklerini azaltma işlevi vardır. Nervürlü yapılandırılması, beton ve çelik arasındaki aderansı artırır. Sünek bir malzeme olarak büyük şekil değiştirme kapasitesine sahiptir. Yükler altında, belirli

sınır değerlerine kadar lineer bir davranış sergileyen donatı çeliği, bu sınırın aşılması durumunda akma dayanımına ulaşana kadar elastik özelliklerini korur. Akma gerilmesi eşiği aşıldığında, donatı çeliği türüne bağlı olarak çekme dayanımı eşiğine kadar yüklenmeye devam edebilir [54]. Şekil 2.4'te TBDY-2018 doğrusal olmayan yöntem için donatı çeliğine ait gerilme şekil değiştirme eğrisi sunulmuştur [54].

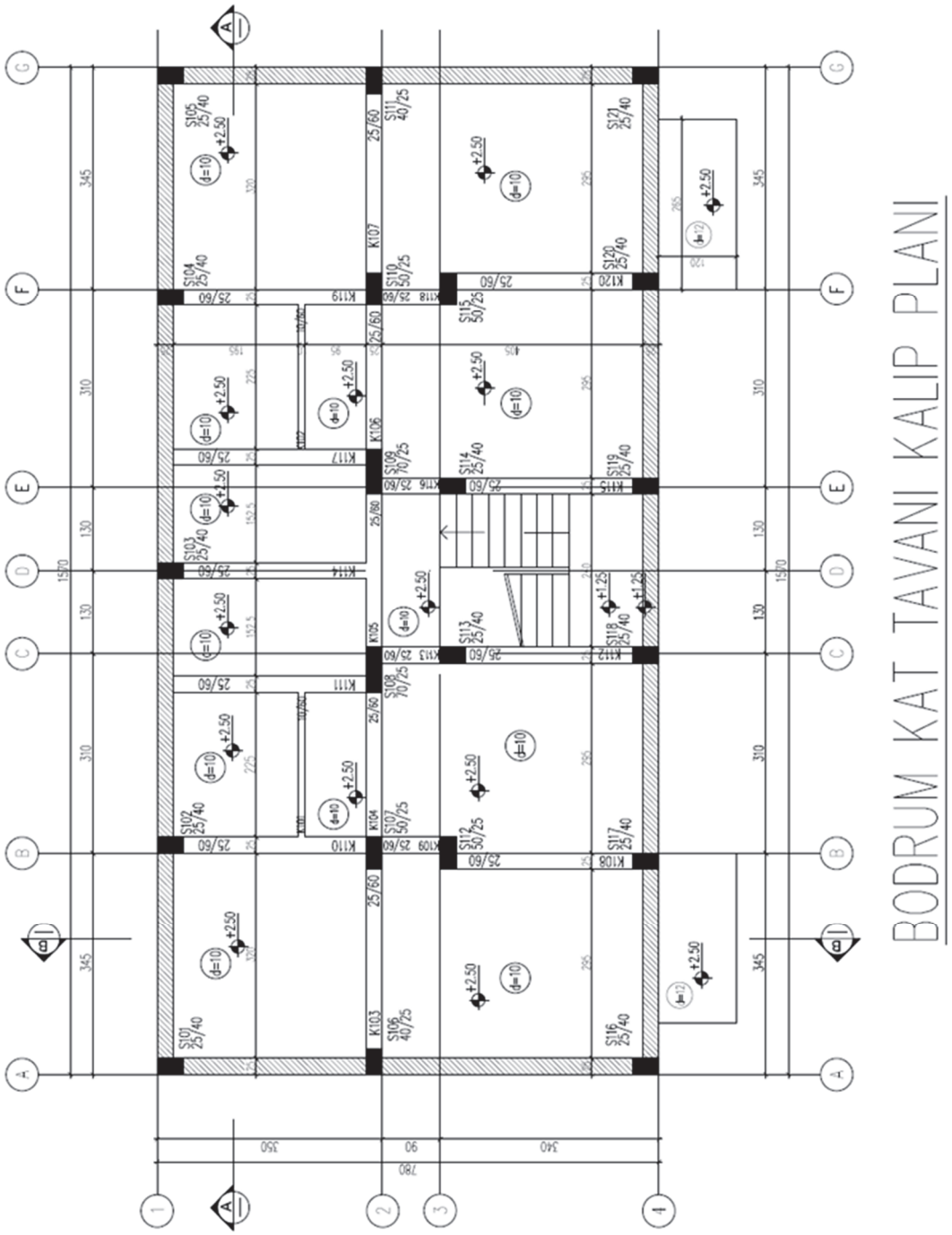


Şekil 2.4 Donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme diyagramı [1]

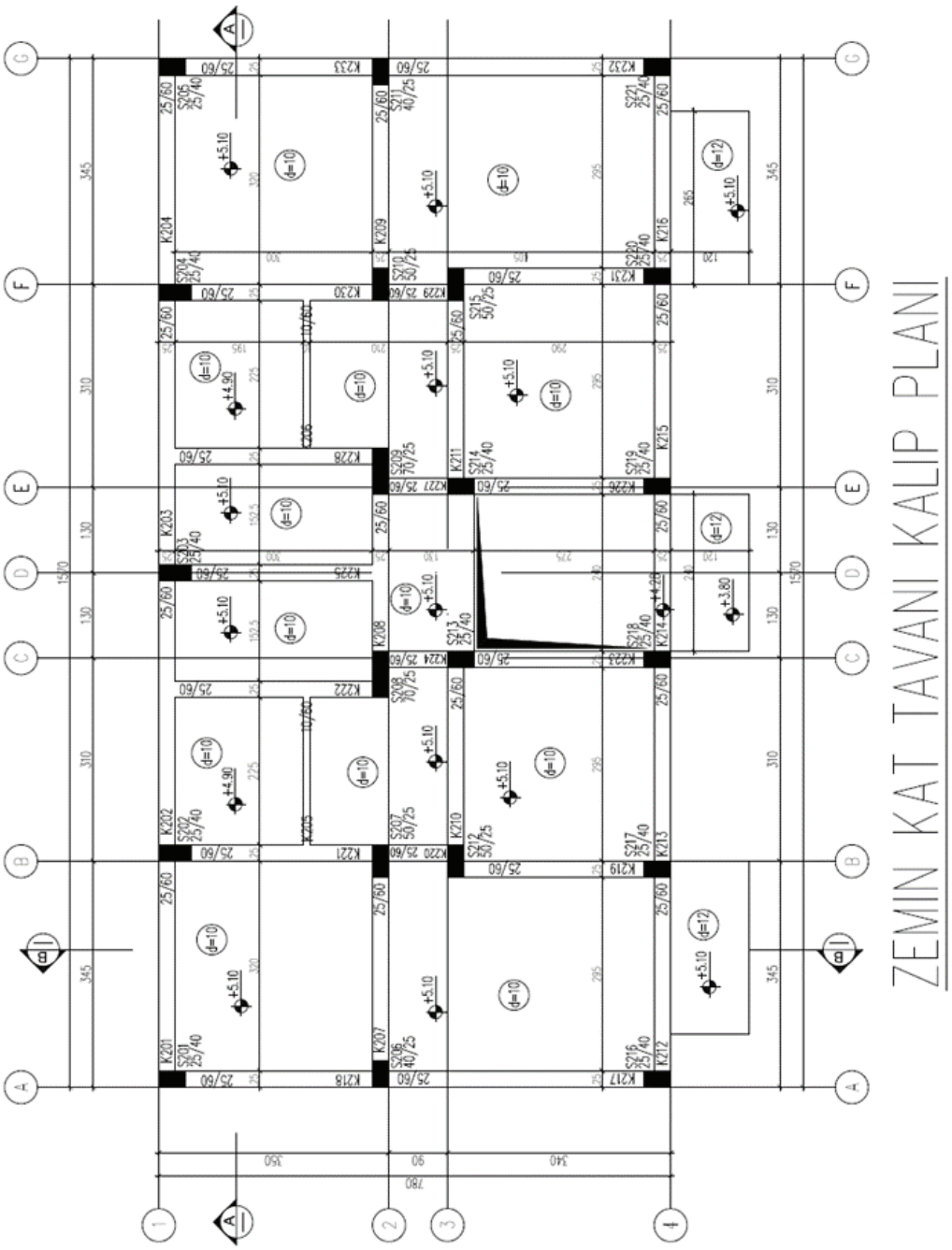
3
MEVCUT YAPININ GENEL ÖZELLİKLERİ İLE DEPREM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

3.1 Mevcut Yapının Genel Özellikleri

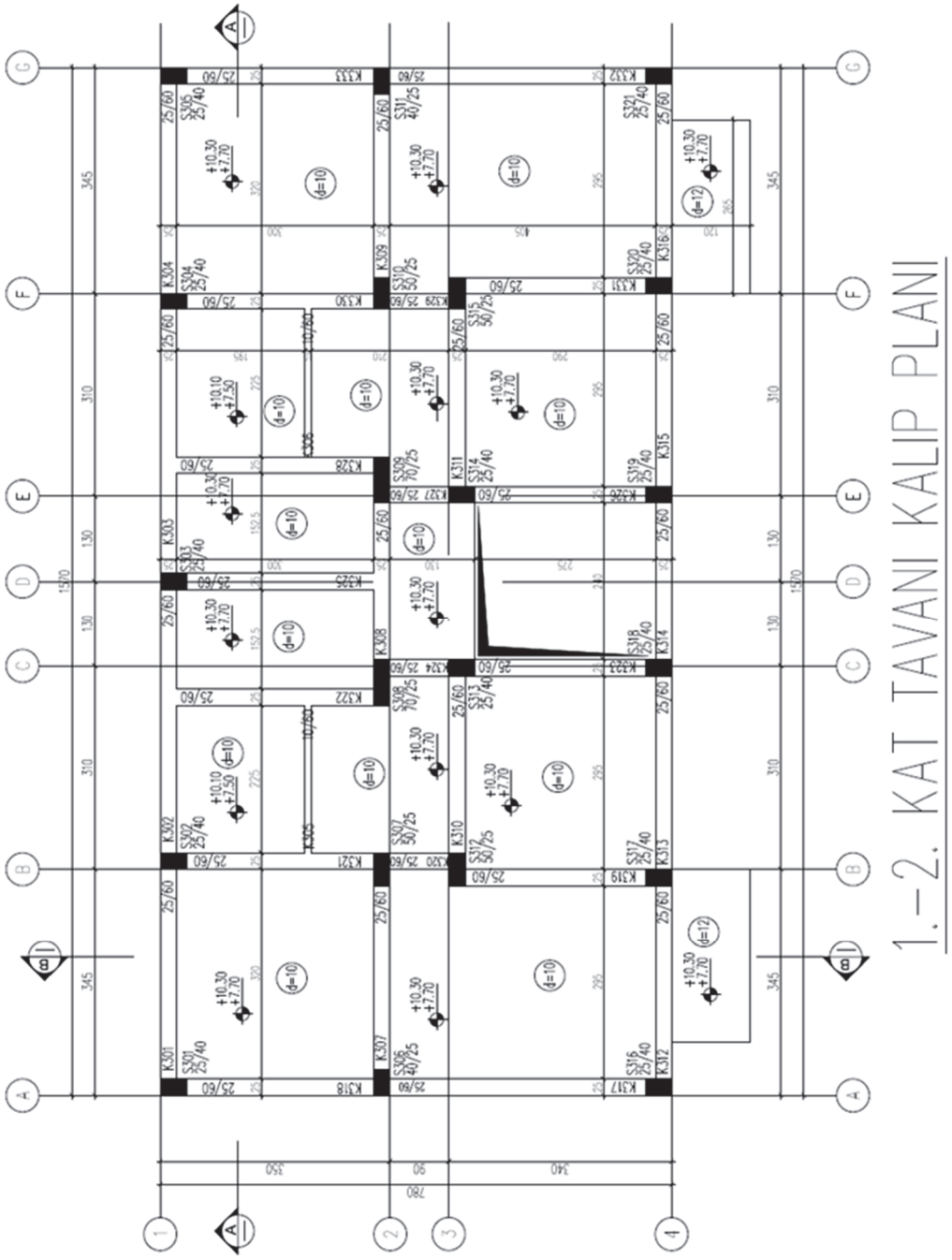
Yapı Zonguldak ili Çaycuma ilçesinde yer almaktadır. Yapının 1970'li yıllarda yapıldığı tahmin edilmektedir. Tez kapsamında incelenmekte olan bina konut amaçlı kullanılmaktaydı. Yapının rölövesi çıkartılmış ve kolonlardan karotlar alınmıştır. Yapının statik projesi mevcut değildir. Yapılan rölöve neticesinde yapı hakkında bilgi edinilmiştir. Bina, 1 bodrum, 1 zemin, 3 normal kat olmak üzere toplam 5 kattan oluşan betonarme bir yapıdır. Bodrum kat yüksekliği 2,5m, zemin ve normal kat yükseklikleri ise 2,60m'dir. Toplam yapı yüksekliği ise 12,90m dir. Planda boyutları x doğrultusunda 15,7m, y doğrultusunda 7,8m'dir. Şekil 3.1'de bodrum kat tavan kalıp planı, Şekil 3.2'de zemin kat tavan kalıp planı, Şekil 3.3'te 1.- 2. Normal kat tavan kalıp planı ve Şekil 3.4'te ise 3.Normal kat tavan kalıp planı yer almaktadır. Yapı kesitleri için ise Şekil 3.5'te A-A kesiti ve Şekil 3.6'da B-B kesiti gösterilmiştir.



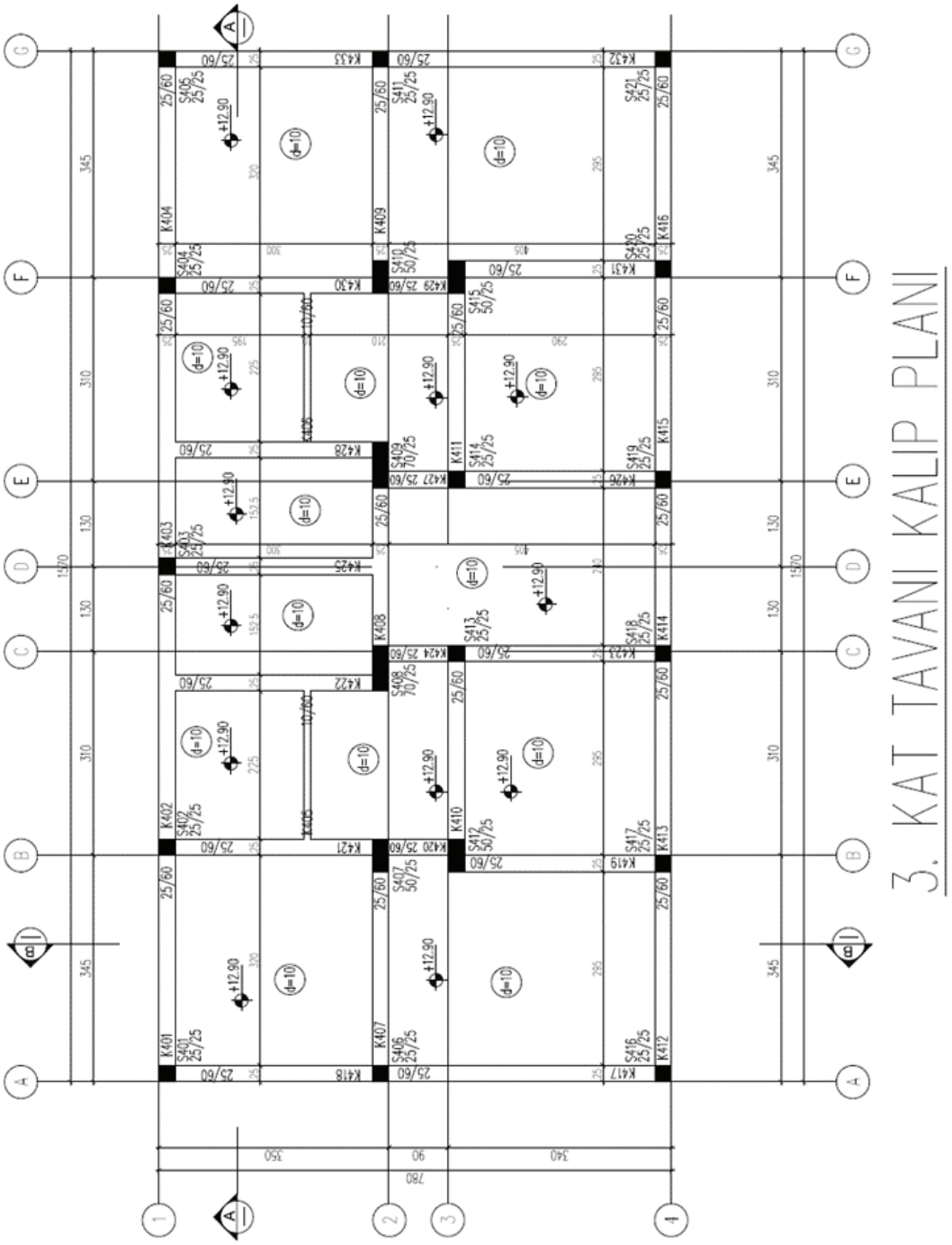
Şekil 3.1 Bodrum kat tavan kalıp planı



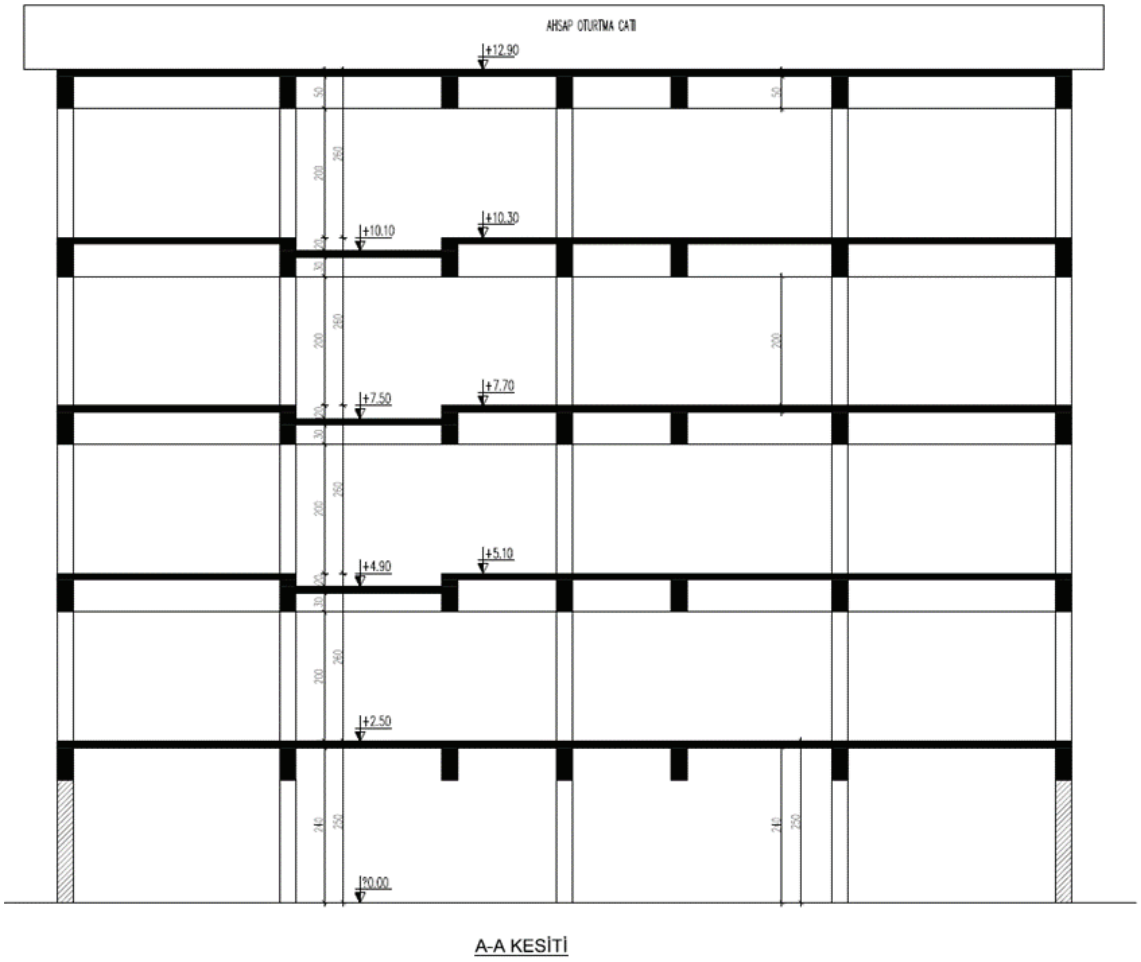
Şekil 3.2 Zemin kat tavan kalıp planı



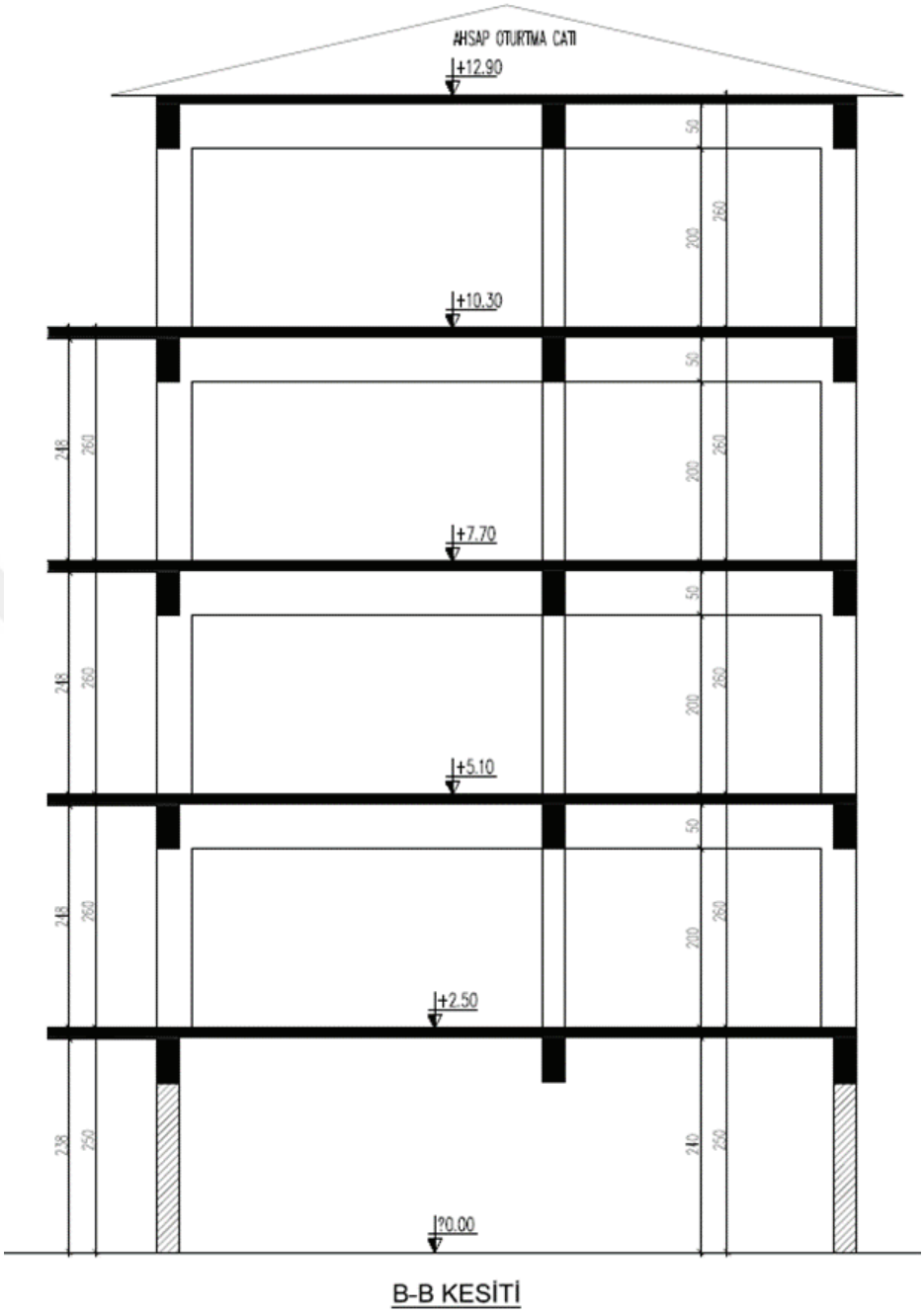
Şekil 3.3 1.-2. Normal kat tavan kalıp planı



Şekil 3.4 3. Normal kat tavan kalıp planı



Şekil 3.5 A-A kesiti

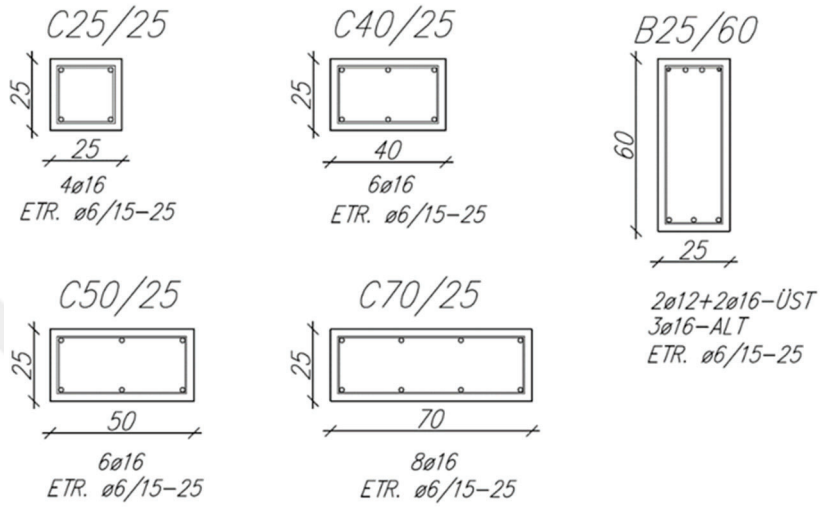


Şekil 3.6 B-B kesiti

3.1.1 Taşıyıcı Sistem Bilgileri

Yapının düşey taşıyıcı sistemi 25x25cm, 25x40, 25x50cm ve 25x70cm kolonlardan oluşmaktadır. Yatay taşıyıcı sistemi ise 25x60cm kirişler ve 10cm kalınlığında kiriş-plak döşeme sisteminden oluşmaktadır.

Yerinde yapılan incelemeler ve testler sonucunda elde edilen kolon boyutları ve donatıları Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te verilmiştir. Elemanların tamamında inceleme yapılamadığı için tablodan da görüldüğü gibi benzer ve simetrik olanlarda aynı donatıların olduğu kabul edildi. Kolon etriyelerinde sıklaştırma bölgesi bulunmamaktadır. Şekil 3.7'de kolon ve kiriş kesitlerinin donatı detayları verilmiştir.



Şekil 3.7 Kolon ve kiriş donatı detayları

Tablo 3.1 Bodrum kat kolon donatıları

Kolon	Boyut (cm)	Donatı	Etriye
S101	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S102	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S103	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S104	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S105	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S106	40x25	6ø16	Ø6/15-25
S107	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S108	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S109	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S110	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S111	40x25	6ø16	Ø6/15-25
S112	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S113	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S114	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S115	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S116	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S117	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S118	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S119	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S120	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S121	25x40	6ø16	Ø6/15-25

Tablo 3.2 Zemin kat kolon donatıları

Kolon	Boyut (cm)	Donatı	Etriye
S201	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S202	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S203	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S204	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S205	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S206	40x25	6ø16	Ø6/15-25
S207	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S208	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S209	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S210	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S211	40x25	6ø16	Ø6/15-25
S212	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S213	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S214	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S215	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S216	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S217	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S218	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S219	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S220	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S221	25x40	6ø16	Ø6/15-25

Tablo 3.3 1.-2. Normal kat kolon donatıları

Kolon	Boyut (cm)	Donatı	Etriye
S301	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S302	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S303	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S304	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S305	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S306	40x25	6ø16	Ø6/15-25
S307	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S308	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S309	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S310	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S311	40x25	6ø16	Ø6/15-25
S312	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S313	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S314	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S315	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S316	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S317	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S318	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S319	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S320	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S321	25x40	6ø16	Ø6/15-25

Tablo 3.4 3. Normal kat kolon donatıları

Kolon	Boyut (cm)	Donatı	Etriye
S401	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S402	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S403	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S404	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S405	25x40	6ø16	Ø6/15-25
S406	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S407	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S408	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S409	70x25	8ø16	Ø6/15-25
S410	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S411	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S412	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S413	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S414	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S415	50x25	6ø16	Ø6/15-25
S416	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S417	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S418	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S419	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S420	25x25	4ø16	Ø6/15-25
S421	25x25	4ø16	Ø6/15-25

Kiriş elemanlarda herhangi bir tahribatlı veya tahribatsız donatı tespiti yapılmamıştır. Hesaplarda kullanılmak üzere elde edilen donatı verisi olmadığından yapının inşa edildiği tarih göz önüne alınarak, kirişlerin 1968 deprem yönetmeliği kurallarına uygun olarak detaylandırıldığı kabul edilmiş ve bu kirişler için minimum donatı oranına bağlı olarak donatı seçimi yapılmıştır. B25x60 ve B10x60 olmak üzere iki tip kiriş bulunmaktadır. B25x60 çerçeve kirişidir. B10x60 ise tali kiriştir. Tablo 3.5'te belirlenen donatı detayları gösterilmektedir.

Tablo 3.5 Kiriş donatıları

Boyut (cm)	Montaj	Sol-üst	Sağ-üst	Alt	Etriye
25x60	2ø12	2ø16	2ø16	3ø16	Ø6/15-25
10x60	2ø12			2ø12	Ø6/15-25

3.1.2 Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

Betonun basınç dayanımını belirlemek amacıyla yapıdan karot numuneleri alınmıştır. Yapıdan alınan bu numunelere laboratuvarda basınç testi uygulanmıştır.

Bodrum, zemin, 1. Normal, 2.Normal ve 3. Normal katlardan alınan karot örneklerinin deney sonuçları Tablo 3.6 gösterilmiştir.

Tablo 3.6 Karot deney sonuçları

Karot Alınan Kat	Yapı Elemanı	Karot (MPa)
Bodrum Kat	SB - K1	36,12
	SB - K2	32,73
Zemin Kat	SZ - K3	21,4
	SZ - K4	25,28
1. Normal Kat	S1 - K6	19,86
2. Normal Kat	S2 - K7	27,59
3. Normal Kat	S3 - K8	22,76

Mevcut beton dayanımının değerlendirilmesi, TBDY-2018 kapsamında gerçekleştirilen bina incelemeleri sonucunda elde edilen mevcut durum bilgilerine dayanmaktadır. Bu değerlendirme, her bina türü için belirlenmesi gereken bilgi düzeyleri ve bu düzeylere bağlı olarak tayin edilecek bilgi düzeyi katsayılarının önemini vurgulamaktadır. Bilgi düzeyleri, sınırlı ve kapsamlı olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Binaların taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında bu bilgi düzeyleri kullanılacaktır. Bu nedenle, binaların incelenmesi ve mevcut durum bilgilerinin doğru bir şekilde elde edilmesi önemlidir. Bu bilgiler, binaların güvenliği ve dayanıklılığı belirleme açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmadaki yapı için sınırlı bilgi düzeyi kabulu yapılmıştır. Tablo 3.7'de yapılan hesaplamalar sonucunda mevcut beton silindir dayanımı için 20,0 MPa elde edilmiştir.

Sınırlı bilgi düzeyi için malzeme özellikleri aşağıdaki hususlar göz önüne alınarak TBDY-2018 Bölüm 15.2.4.3'e göre belirlenir.

- Beton örnekleri TS EN 12504-1 standartlarına uygun olarak en az üç adet karottan alınacak ve deneyler yapılacaktır.

- Karot deneylerinden elde edilen dayanım değerleri, mevcut betonun dayanımını belirlemek için kullanılacaktır.

- Farklı uzunluk/çap oranlarına sahip karotlardan elde edilen sonuçlar dönüştürme katsayıları ile değerlendirilecek ve en uygun değer alınacaktır.

- Üç örnekleme sayısında en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak kabul edilecektir.

- Üçten fazla örnekleme yapıldığında, örneklerin ortalaması ile standart sapma değerleri arasından en yüksek olan değer, mevcut beton dayanımı olarak kabul edilecektir.

- Donatı sınıfının belirlenmesi sürecinde, sıyrılan yüzeylerin görsel olarak incelenmesi gerçekleştirilecek ve mevcut çelik dayanımı, karakteristik akma gerilmesi olarak değerlendirilecektir.

- Korozyon tespit edilen donatı elemanları, proje planında belirtilerek, bu durumun elemanların kapasite hesaplamalarında göz önünde bulundurulması sağlanacaktır.

Mevcut beton elastisite modülü aşağıdaki Denklem 3.1 ile yaklaşık olarak 28534 MPa olarak bulunmuştur ancak TS-500'de Çizelge 3.2'deki değerlere bakıldığında C20 beton sınıfı için 28000 MPa elstisite modülü alınması gerektiği görülmektedir. Bundan dolayı elastisite modülü olarak hesaplarda 28000 MPa olarak dikkate alınmıştır.

$$E_c = 32500\sqrt{f_{cm}} + 14000\ MPa \tag{3.1}$$

Tablo 3.7 Beton silindir dayanımının bulunması

Toplam Karot Sayısı :	7	Adet
Ortalama Dayanım :	26,53	MPa
Minimum Dayanım :	19,86	MPa
Minimum Hariç Ortalama Dayanım :	27,65	MPa
0.75 x Minimum Hariç Ortalama Dayanım :	20,74	MPa
Standart Sapma :	6,03	MPa
Minimum Hariç Standart Sapma :	5,76	MPa
Ortalama Standart Sapma :	21,88	MPa
0.85 x Minimum Hariç Ortalama Dayanım :	23,50	MPa
Mevcut Beton Küp Dayanımı :	23,50	MPa
Mevcut Beton Silindir Dayanımı :	20,0	MPa

3.1.3 Zemin Bilgilerinin Belirlenmesi

Zonguldak İli, Çaycuma İlçesinde mevcut bulunan yapı için hazırlanan Jeofiz rapor sonuçlarını içermektedir. Bu tez kapsamında bina performans analizinde

kullanılacak zemin parametrelerinin belirlenmesine yönelik 2023 yılı Mayıs ayı içerisinde gerçekleştirilen çalışmaları kapsar.

İnceleme alanında yer alan jeolojik birimler ve bu birimlerin yatay-düşey yönde dağılımı alanda açılan 4 profil Sismik MASW ölçümleri yapılmıştır.

2019 yılında yürürlüğe giren 2018 Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliğine Göre inceleme alanının Yerel Zemin Sınıfı; ZD sınıfında yer almaktadır.

İnceleme alanı kapsamında yapılan MASW çalışmalarında elde edilden değerler Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8 MASW zemin ölçüm sonuçları

Profil No	Tabaka No	V_p (m/sn)	V_s (m/sn)	V_p/ V_s	h (m)	Yoğunluk (gr/cm^3)	Poisson Oranı	Kayma Modülü (kg/cm^2)	Elastisite Modülü (kg/cm^2	Bulk Modülü (kg/cm^2
Masw-1	1	1442	136	10,6	3,40	1,91	0,496	353	1057	39251
	2	1526	210	7,3	5,20	1,94	0,490	854	2547	43980
	3	1626	303	5,4	3,90	1,97	0,482	1807	5357	49636
	4	1635	312	5,2	33,75	1,97	0,481	1919	5684	50137
	5	1628	305	5,3		1,97	0,482	1832	5429	49747
Masw-2	1	1438	132	10,9	2,60	1,91	0,496	333	995	39031
	2	1480	168	8,8	4,80	1,92	0,493	543	1621	41393
	3	1545	229	6,7	12,40	1,94	0,489	1019	3035	45034
	4	1552	236	6,6	33,75	1,95	0,488	1084	3225	45422
	5	1555	239	6,5	1,95	0,488	1112	3309	45589	5
Masw-3	1	1441	136	10,6	3,75	1,91	0,496	353	1057	39189
	2	1514	202	7,5	6,25	1,93	0,491	789	2353	43273
	3	1593	273	5,8	8,75	1,96	0,485	1460	4335	47753
	4	1596	276	5,8	33,75	1,96	0,485	1493	4432	47920
	5	1596	276	5,8		1,96	0,485	1493	4432	47920
Masw-4	1	1441	134	10,8	2,90	1,91	0,496	343	1026	39203
	2	1536	219	7,0	5,30	1,94	0,490	931	2773	44546
	3	1631	307	5,3	3,00	1,97	0,482	1857	5502	49931
	4	1642	319	5,1	33,78	1,97	0,480	2008	5946	50527
	5	1632	309	5,3		1,97	0,481	1881	5574	49970

İnceleme alanında yapılan masw çalışmalarında kayma modülü (Gmax) değerleri; 1. Tabaka için "Gevşek Zeminler" olarak, 2. tabaka için "Orta Sağlam Zeminler", 3. tabaka için "Orta Sağlam Zeminler" olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında yapılan masw çalışmalarında Elastisite modülü (Ed) değerleri; 1. Tabaka için "Gevşek Zeminler" olarak, 2. tabaka için "Orta Sağlam Zeminler", 3. tabaka için "Orta Sağlam Zeminler" olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında yapılan çalışmalar sonrasında elde edilen ve hesaplanan parametreler aşağıdaki Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9 Yapı için belirlenen zemin ve deprem parametreleri

Zonguldak İli, Çaycuma İlçesi	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD – 2
Yerel Zemin Sınıfı (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF)	ZD
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	2
En Büyük Yer İvmesi [g] (PGA)	0,212
En büyük yer hızı [cm/s] (PGV)	13,430
S_S: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]	0,497
S_1: 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]	0,159
F_S = Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı	1,402
F_1 = 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı	2,282
S_{DS} = Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	0,697
S_{D1} = 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı	0,363
T_A = Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]	0,104
T_B = Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]	0,521
T_{AD} = Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]	0,035
T_{BD} = Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]	0,174
Zemin Taşıma Gücü [t/m^2]	18,00
Yatak Katsayısı [t/m^3]	1000

3.2 Mevcut Yapının Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi

3.2.1 Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Önem Katsayısının Bulunması

Bina kullanım sınıfları TBDY-2018 Tablo 3.1'de belirtilmiştir. Bu tabloya göre, mevcut bir yapının konut amaçlı kullanılması durumunda Bina Kullanım Sınıfı (BKS)=3 ve Bina Önem Katsayısı I=1,0 olarak kabul edilir. Bu bilgilere Tablo 3.10'da yer verilmiştir.

Tablo 3.10 Bina kullanım sınıfları ve önem katsayıları [1]

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar** a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
BKS = 2	**İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğubinalar** Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1,2
BKS = 3	**Diğer binalar** BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	**1,0**

3.2.2 Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)'nin Bulunması

Deprem tasarım sınıfları TBDY-2018 Tablo 3.2'de belirlenmiştir ve mevcut yapı için önceden belirtilen Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ile birlikte değerlendirilir. DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} değeri, projenin enlem ve boylam koordinatları AFAD bilgi sistemine girilerek

elde edilir. Bu durumda S_{DS}= 0,697 ve BKS= 3 değerleri kullanılarak mevcut yapının Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)=2 şeklinde gösterilmiştir. Detaylı gösterim Tablo 3.11'de bulunmaktadır.

Tablo 3.11 Deprem tasarım sınıfları (DTS) [1]

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	**Bina Kullanım Sınıfı**	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0,33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS = 2a	**DTS = 2**
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

3.2.3 Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)'nin Bulunması

Bina yükseklik sınıfları, TBDY-2018 Tablo 3.3'te yer almaktadır ve Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 2 olarak belirlenmiştir. Bina yüksekliği temel üzerinden 12,9 metre olarak ölçülmüştür. Ancak 2,5 metre yüksekliğinde 1 adet bodrum kat bulunmaktadır, bu nedenle BYS açısından dikkate alınan yükseklik H_N = 10,4 metredir. Buna göre Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 7 olarak belirlenmiştir. Detaylı gösterim Tablo 3.12'de bulunmaktadır.

Tablo 3.12 Bina yükseklik sınıfları (BYS) [1]

Bina Yükseklik Sınıfı	**Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]**		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17,5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	

BYS = 6	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$17,5 < H_N \leq 28$
BYS = 7	**$7 < H_N \leq 10,5$**	$10,5 < H_N \leq 17,5$
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$

3.2.4 Mevcut Yapının Bina Performans Hedefinin Belirlenmesi

Konut projesi olan mevcut yapı, TBDY 2018'e göre performansa dayalı deprem güvenliğinin belirlenmesi için incelenmiştir. Yapının özellikleri olan Bina Kullanım Sınıfı (BKS)=3 ve Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)=2 değerlerine göre, mevcut binalar için minimum performans hedefi belirlenmiştir. Bu hedef, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi (50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl) için Kontrollü Hasar (KH) olarak belirlenmiştir. Değerlendirme yaklaşımı Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım Yaklaşımı (ŞGDT) olarak belirlenmiştir. Detaylı gösterim Tablo 3.13'te mevcuttur.

Tablo 3.13 Mevcut bina performans hedefleri [1]

Deprem Yer H. Düzeyi	**DTS =1, 2, 3, 3a, 4, 4a**		**DTS = 1a, 2a**	
	Normal Performans Hedefi	**Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı**	**İleri Performans Hedefi**	**Değerlendirme/Tasarm Yaklaşımı**
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	**KH**	**ŞGDT**	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

3.3 Mevcut Yüklerin Tanımlanması

3.3.1 Sabit ve Hareketli Düşey Yüklerinin Belirlenmesi

Mevcut yapının analiz aşamasında sabit ve hareketli yükler TS 498 yük standardına göre tanımlanmıştır. Döşeme kalınlıkları, döşeme kaplamaları, duvar yükleri gibi düşey sabit yükler hesaplanmıştır. Hareketli yükler ise yapının kullanım amacına göre yönetmelik standartlarına uygun şekilde belirlenmiştir. Sabit yük hesaplama sürecinde, her kat için aynı döşeme kalınlığı olan 10 cm kullanılmıştır. Bodrum,

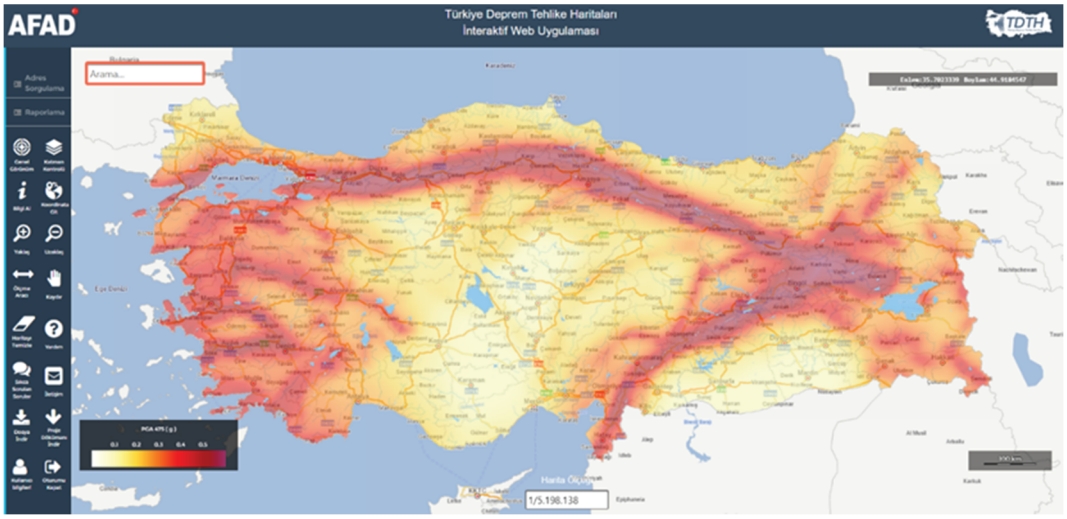
zemin, 1. ve 2. Normal katlardaki kaplama ve duvar yükleri eşit olarak alınmıştır. Ancak 3. Normal kat (çatı) için farklı bir kaplama yükü hesaplanmış, duvar yükü ise dikkate alınmamıştır. Duvar yükleri döşemelere alan yükü olarak eklenmiştir. Betonarme yapı elemanlarının kendi ağırlıkları, yapısal analiz programları tarafından boyutları ve malzeme özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu nedenle sistem elemanları için ölü yük ayrıca hesaplanmamıştır. Yapıdaki çatı katı hariç diğer tüm katlarda döşeme kaplama ağırlığı 2,0 kN/m2 , duvar yükleri 2,5 kN/m2 , hareketli yük odalarda 2,0 kN/m2 iken merdivenler için ise 3,5 kN/m2 olarak dikkate alınmıştır. Çatı katı için ise, döşeme kaplama ağırlığı 2,0 kN/m2 , hareketli yük ise 1,5 kN/m2 olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca hareketli yük kütle katılım katsayısı Tablo 3.14'te göre n=0,3 seçilmiştir.

Tablo 3.14 Hareketli yük kütle katılım katsayısı [1]

Binanın Kullanım Amacı	***n***
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0,60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	**0,30**

3.3.2 Yatay Elastik Tasarım Spektrum Verilerinin Belirlenmesi

Mevcut yapının deprem güvenliği kontrolünün performansa dayalı hesap yöntemlerine göre belirlenmesi ve analizlerde kullanılacak deprem yüklemesine ait verilerin hesaplanması için TBDY-2018'de [1] belirlenen esaslar takip edilmiştir. Afet Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından oluşturulan Türkiye Deprem Tehlike Haritası uygulaması kullanılarak mevcut binanın konumuna özel deprem verilerine ulaşılmıştır. Enlem ve boylam değerleri ile ilgili deprem yer hareketi düzeyi belirlenerek bu veriler sisteme girilmiştir. Seçilen yerel zemin sınıfına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre ilgili deprem verileri elde edilmiş ve deprem tasarım spektrumu oluşturulmuştur. Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nın temsili görseli Şekil 3.8'de yer almaktadır. Zemin Sınıfı: ZD (Tablo 16.1) [1].



Şekil 3.8 Türkiye deprem tehlike haritası [56]

Türkiye Deprem Haritasından alınan veriler aşağıda sırasıyla gösterilmiştir.

Deprem Tehlike Haritası İvme Büyüklükleri:

Tanımlar:

*S_s :Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı

*S_1 :1,0 Saniye Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı

*PGA :En Büyük Yer İvmesi

*F_s :Kısa Periyot için Yerel Zemin Katsayısı

*F_1 :1,0 Saniye Periyot Bölgesi için Yerel Zemin Katsayısı

*S_{DS} :Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı

*S_{D1} :1,0 Saniye Periyot için Tasarım Spektral İvme Katsayısı

*T_A, T_B :Köşe Periyotları

$S_s = 0,497$

$S_1 = 0,159$

PGA = 0,212 g

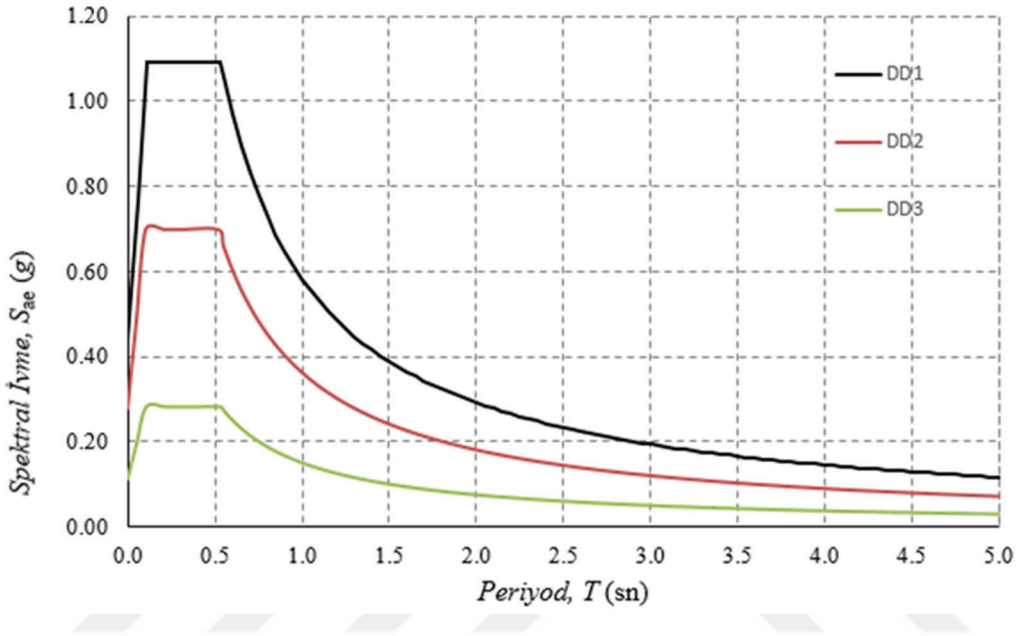
$T_A = 0,104$ s

$T_B = 0,521$ s

$S_{DS} = S_S \times F_S = 0,497 \times 1,402 = 0,697$

$S_{D1} = S_1 \times F_1 = 0,159 \times 2,282 = 0,363$

Türkiye Deprem Tehlike Haritası kullanılarak, mevcut yapının DD-2 Deprem Yer Hareket Düzeyi kapsamında, bölgenin depremsellik durumu ve zemin sınıfı dikkate alınarak hesaplanan ivme büyüklükleri ile oluşturulan hedef Yatay Elastik Spektrumu Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Bu spektrum, yapıların deprem etkilerine karşı dayanıklılığını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca DD-1 ve DD-3 içinde Yatay Elastik Spektrum oluşturulmuştur.

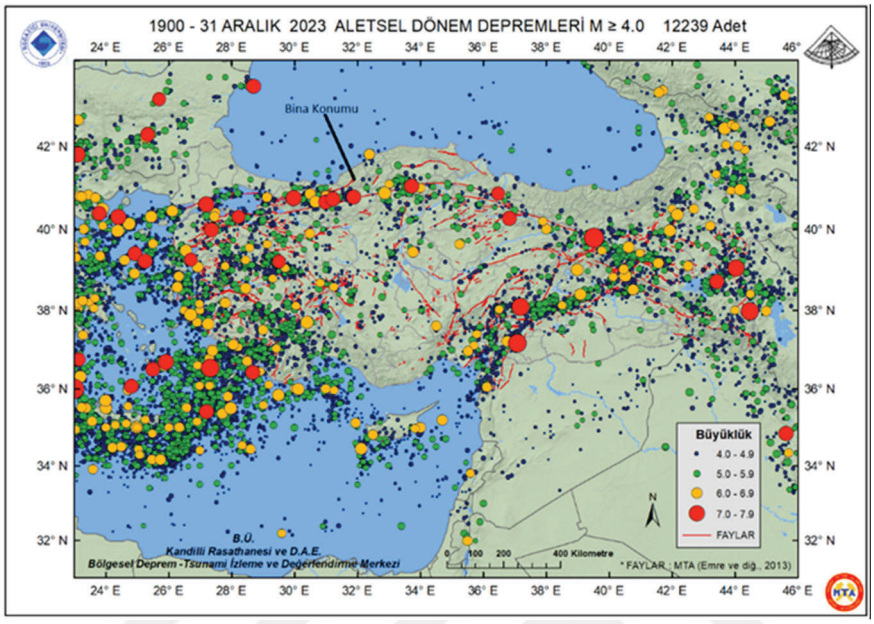


Şekil 3.9 DD1-DD2-DD3 için spektral ivme-zaman grafiği

3.3.3 Bölgenin Depremselliği ve Geçmiş Depremler

Zonguldak şehri, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer alan bir ilimizdir. Şehir genellikle zayıf ve orta şiddette depremlerin yaşandığı bir bölgedir. Ancak büyük çaplı depremler de nadir de olsa meydana gelebilmektedir. Zonguldak ve çevresinde son yıllarda yaşanan önemli depremlerden biri 3 eylül 1968 yılında Bartın merkezli olarak meydana gelmiştir. Bu deprem, büyüklüğü 6,5 olan bir deprem olup oldukça yıkıcı etkilere neden olmuştur. Şehirdeki çeşitli binalar yıkılmış, insanlar hayatlarını kaybetmiş ve yaralanmıştır. Bu depremin neden olduğu can kaybı 29'dur. Ayrıca 2478 bina ise hasar görmüştür. Analiz edilen verilere göre, 1900-2023 yılları arasında, mevcut yapıya yakın mesafede ve zonguldakta etkili olan 6,5 büyüklükte 1 deprem meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra, bu dönemde birçok 6 şiddetinden düşük deprem de kaydedilmiştir. Aletsel dönem depremleri incelendiğinde, 1900'lü yıllardan itibaren günümüze kadar 2023 yılına kadar gerçekleşen depremlerin grafiksel bir gösterimi Şekil 3.10'da yer

almaktadır. Tüm veriler, Kandilli Deprem Rasathanesi'nden elde edilmiştir. Bu nedenle bina yapım standartlarına uygun olarak inşa edilmiş binalar ve altyapı çalışmaları önem taşımaktadır. Bu şekilde, depremlerin olası etkileri minimum düzeyde tutulabilir.



Şekil 3.10 Proje sahası çevresinde 1900-2023 yılları arasında kaydedilen depremler [58]

3.3.4 Mevcut Yapı İçin Deprem Kayıtlarının Seçilmesi

Deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının belirlenmesi ve seçilmesi sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli noktalar vardır. Bu noktalar arasında Tasarım için gerekli olan unsurlar arasında depremin büyüklüğü, deprem kaynak mekanizmaları, fayların uzaklıkları ve yerel zemin koşulları yer almaktadır.Ayrıca, bina taşıyıcı sisteminin deprem hesabında kullanılacak deprem yer hareketlerinin zaman tanım alanında doğru bir şekilde tanımlanması için belirli adımların takip edilmesi gerekmektedir. Bu adımlar arasında deprem kayıtlarının seçimi, basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirme ve spektral uyuşum sağlayacak şekilde dönüştürülmesi bulunmaktadır. Bu konular daha detaylı olarak TBDY-2018 Bölüm 2.5.1, Bölüm 2.5.2, Bölüm 2.5.3'de ele alınmıştır.

Deprem kaydı takımlarının sayısı en az 11 olmalıdır ve aynı depremden seçilecek kayıt ve kayıt takımı sayısı 3'ü geçmemelidir. Bu nedenle, en az 11 yer hareketi takımı seçilirken DD-2 spektrumu ile uyumlu olmalıdır. Bu seçim süreci aşağıda belirtilen adımlar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

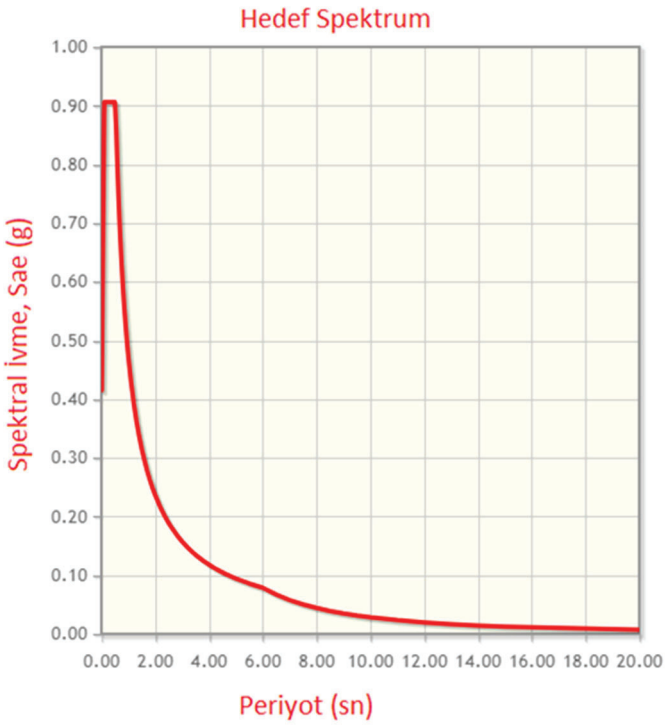
- Her bir deprem yer hareketi takımı için, o bölgenin deprem potansiyeline uygun gerçek deprem ivme kayıtları kullanılmıştır.
- Yeterli sayıda gerçek deprem ivme kaydı elde edilemediğinde, yapay deprem yer hareketleri kullanılabilir. Bu yapay kayıtların, tasarım spektrumlarıyla uyumlu bir şekilde üretilmesi gerekmektedir. Ayrıca, aynı ivme kaydının iki yatay doğrultu için aynı anda kullanılmaması önem arz etmektedir.
- Deprem tasarım spektrumunda, bir yapının hakim doğal titreşim periyodu T_p için, $0.2T_p$ ile $1.5T_p$ periyotları arasındaki genlik değerlerinin, bileşke spektrumun aynı periyot aralığındaki genlik değerlerinin en az 1.3 katı olması gerektiği belirtilmektedir. Bu bağlamda, deprem yer hareketlerinin bileşenleri, belirtilen kurala uygun olarak ölçeklendirilecektir ve her iki bileşenin ölçeklendirilmesi eşit oranda gerçekleştirilecektir.

Çalışma kapsamında, mevcut yapının konumuna ilişkin spektrum ile uyumlu deprem yer hareketlerinin seçiminde belirtilen kurallar aşağıdaki şekilde uygulanmıştır:

- Deprem kayıtlarının seçilmesinde PEER NGA Veri Bankası [59] kullanılmıştır.
- Deprem moment büyüklüğünün MW = 6-8 aralığında ve zemin hızının (Vs) 180-360 m/s arasında olduğu deprem yer hareketleri incelenmiştir.
- Seçilen deprem yer hareketlerinin fay hattına olan mesafesi 20 km ile 80 km arasında belirlenmiştir.
- Seçilecek deprem kayıtları için ölçek aralığı 0,4-2,5 olarak belirlenmiştir.
- Proje sahasına özgü seçilen deprem yer hareketlerinden elde edilen yatay bileşke spektrumlarının, DD2 deprem düzeyi için $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genlikleri TBDY-2018'e uygun olacak şekilde basit ölçeklendirme yapılmıştır.
- Ölçeklendirilmiş deprem kayıtları arasından 11 adet deprem kaydı belirlenmiştir, bunlar Deprem Tasarım Spektrumları'na en uygun olacak şekilde belirlenmiştir.
- Tüm tasarım spektrumları ve bileşke spektrumlar, %5 sönüm oranı dikkate alınarak oluşturulmuştur.

- Bileşke spektrum, deprem yer hareketine ilişkin iki bileşenin spektrumlarının karelerinin toplamının karekökü (SRSS yöntemi) kullanılarak elde edilmiştir.

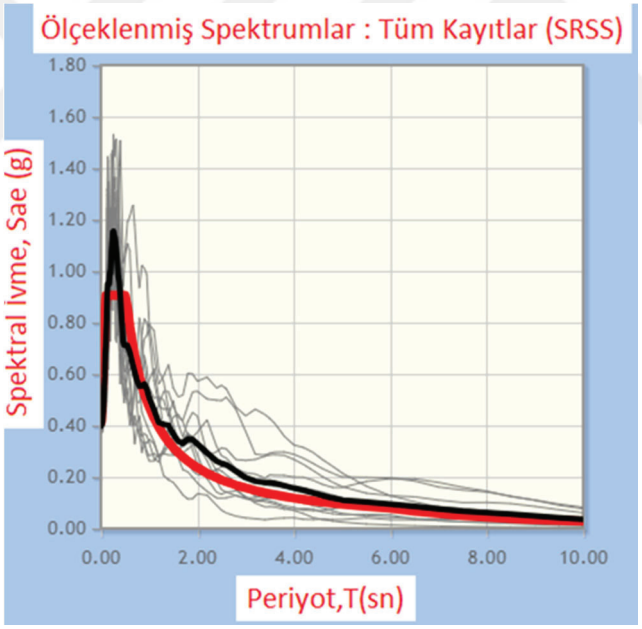
Bu çalışmada, öncelikle PEER NGA West2 Veri Bankası'ndan [58] yer hareketi kayıtları analiz edilmiş ve belirlenen kriterlere uygun yer hareketi kayıtları seçilmiştir. PEER veri bankasında öncelikle ‘’Target spectrum’’ kısmında ASCE Code Spectrum seçilerek Sds(g)=0,9061, Sd1=0,4719 ve TL (sec)=6 1,3*DD-2 değerleri girilerek hedef spektrum oluşturulmuştur. Tanımlanan hedef spektrum Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Tablo 3.15’te deprem kayıtlarının seçimi için girilen parametreler gösterilmiştir. Deprem kayıtlarının hedef spekrum ile çakıştırılması ise Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Tablo 3.16’da ise seçilen 11 adet deprem kaydının parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Hedef spektrumun sisteme tanımlanması [59]

Tablo 3.15 Deprem kaydı seçimi için girilen parametreler [59]

Fay Tipi:	Yanal Atımlı
Büyüklük Min-Mak:	6-8
Rrup Min -Mak(km):	---
Rjb Min-Mak (km):	20-80
Vs30 Min-Mak (m/sn):	180-360
D9-95 Min-Mak (sn):	15-50
Atım (Titreşim):	Herhangi Bir Kayıt
Kullanıcı Tanımlı Maksimum Kayıt Sayısı:	50
Ölçek Faktoru Min-Mak:	0,4-2,5
Komponent (Bileşke):	SRSS
Sönüm Oranı:	0,05
Ortalama Türü:	Aritmetik
Ölçek Metodu:	Minimize MSE
Periyot Dizini:	0,074; 0,37; 0,555
Ağırlık Dizini:	1,1,1



Şekil 3.12 Deprem kayıtlarının hedef spektrum ile çakıştırılması [59]

Tablo 3.16 Seçilen 11 adet deprem kaydının parametreleri [59]

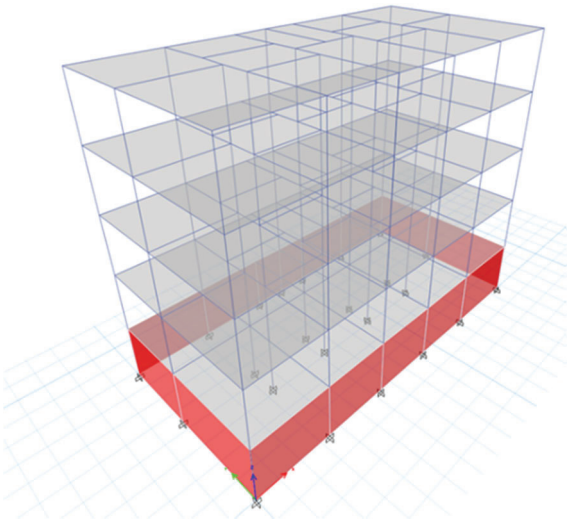
No	RSN No	Deprem Adı	Yıl	Deprem Büyüklüğü	İstasyon Adı	Fay Mekanizması	Deprem Merkezine Uzaklık(KM)	VS30 (m/s)
1	RSN176	Imperial Valley-06	1979	6,53	El Centro Array#13	Doğrultu Atımlı	21,98	249,92
2	RSN850	Landers	1992	7,28	Desert Hot Springs	Doğrultu Atımlı	21,78	359
3	RSN882	Landers	1992	7,28	North Palm Springs	Doğrultu Atımlı	26,84	344,67
4	RSN1149	Kocaeli_Turkey	1999	7,51	Ataköy	Doğrultu Atımlı	56,49	310,01
5	RSN1636	Manjil_Iran	1990	7,37	Qazvin	Doğrultu Atımlı	49,97	302,64
6	RSN2752	Chi-Chi_Taiwan-04	1999	6,20	CHY101	Doğrultu Atımlı	21,62	258,89
7	RSN5832	El Mayor-Cucapah_Mexico	2010	7,20	Tamaulıpas	Doğrultu Atımlı	25,32	242,05
8	RSN5863	El Mayor-Cucapah_Mexico	2010	7,20	Salton City	Doğrultu Atımlı	72,44	324,5
9	RSN6912	Darfield_New Zealand	2010	7,00	Hulverstone Drive Pumping station	Doğrultu Atımlı	25,4	206
10	RSN6942	Darfield_New Zealand	2010	7,00	NNBS North New Brighton School	Doğrultu Atımlı	26,76	211
11	RSN6966	Darfield_New Zealand	2010	7,00	Shirley Library	Doğrultu Atımlı	22,33	207

4
ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ İLE MEVCUT YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

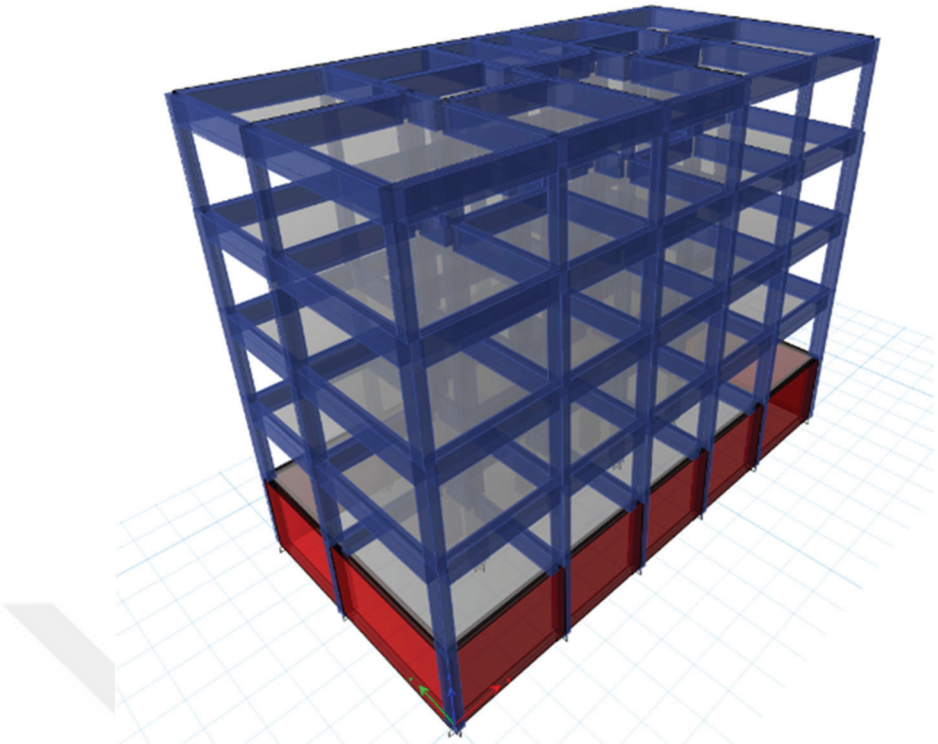
4.1 Mevcut Yapının Taşıyıcı Sistem Modellenmesi

4.1.1 Taşıyıcı Sistem Modeli

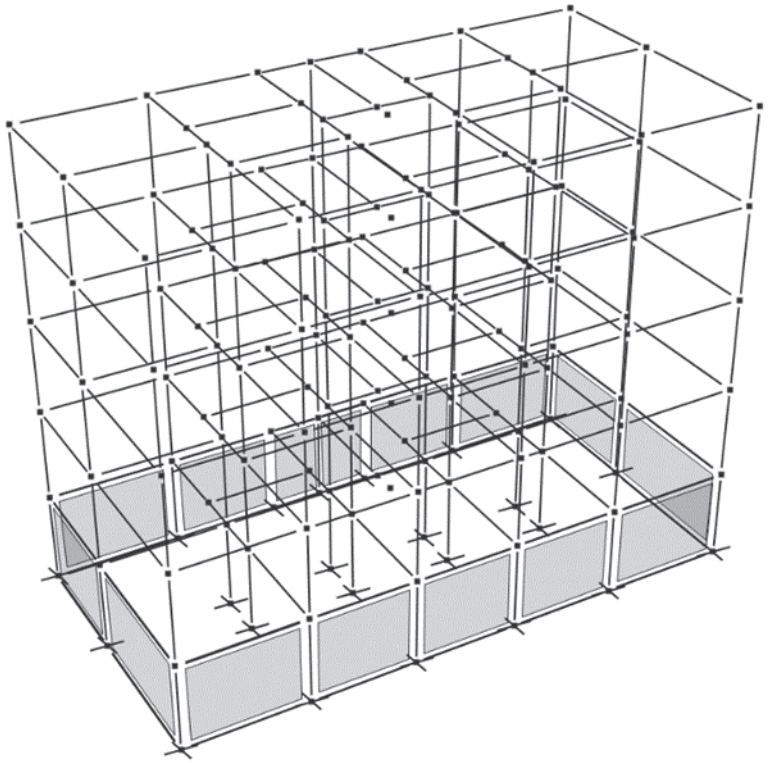
Mevcut yapının özellikleri, malzeme cinsi, maruz kaldığı yükler, zemin özellikleri ve deprem kuvvetleri dikkate alınarak yapı analizi için gerekli teknik detaylar ve hesaplamalar yapılmıştır. Daha sonra, yapı ETABS programında modellenip analiz edilmiş, bu analizler sonucunda elde edilen veriler SAP2000 programına aktarılmıştır. Ardından, yapı PERFORM-3D programına aktarılarak gerekli hesaplamalar bu program üzerinden gerçekleştirilmiştir. PERFORM-3D programında sıfırdan model oluşturmanın zorluğu göz önüne alındığında, yardımcı programlar olan ETABS ve SAP2000'den faydalanılmıştır. Oluşturulan üç boyutlu sayısal model, Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Etabs üç boyutlu yapı modeli



Şekil 4.2 Etabs üç boyutlu hacimsel yapı görünüşü



Şekil 4.3 PERFORM-3D üç boyutlu yapı modeli

4.1.2 Doğrusal Olmayan Hesap Modeli İçin Uygulanan Adımlar

Mevcut yapının özellikleri, malzeme cinsi, maruz kaldığı yükler, zemin özellikleri ve deprem kuvvetleri dikkate alınarak yapı analizi için gerekli teknik detaylar ve hesaplamalar yapılmıştır.

- Kolonların temele bağlantısı ankastre mesnet olarak tanımlanmıştır.
- Performansa dayalı deprem analizi gerçekleştirilirken, mevcut yapının bina önem katsayısının I = 1,0 olarak kabul edildiği dikkate alınmıştır.
- Mevcut yapıdaki tüm taşıyıcı sistem elemanları için etkin kesitlik rijitlikleri TBDY-2018 Tablo 4.2 göre seçilmiş ve PERFORM-3D analiz programına tanımlanmıştır.
- Kolon ve kirişler sonlu çubuk elemanlar şeklinde modellenmiştir.
- Döşemeler için rijit diyafram kabulu yapılıp modelde bu şekilde tanımlanmıştır.
- Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alındı.
- Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde olacak şekilde tanımlanmıştır.
- Gerekli yük kombinasyonları ve deprem yükleri ayrı ayrı tanımlanmıştır.
- Binaların deprem performansı, depremin etkileri ile birlikte yapı üzerinde etki eden düşey yüklerin birleşik etkileri kapsamında değerlendirilecektir. Kütle tanımlamaları, TBDY-2018 Madde 4.5.9 doğrultusunda gerçekleştirilecektir.
- Deprem kuvvetleri, binaya her iki doğrultuda etkitilmiştir.
- Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan elde edilen verilerin kapsamına bağlı olarak, hesap yöntemlerine yansıtmak amacıyla TBDY-2018 bölüm 15.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları kullanılmıştır.
- Doğrusal olmayan davranış modeli için çubuk eleman olan kolon için yayılı ve kirişler için ise yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Kullanılan model kapsamında çubuk elemanların her iki ucuna da plastik mafsallar tanımlanmıştır.

- Bodrum perdeleri ve bodrum perdeleri içinde kalan kolon elemanları elastik kabul edilmiş ve herhangi bir doğrusal olmayan tanımlama yapılmamıştır. Etkin kesit rijitlik çarpanları ise TBDY-2018 Tablo 4.2'ye göre alınmıştır.
- Taşıyıcı sistem elemanları için atanan plastik mafsallar birbirinden farklılık göstermektedir. Kolon elemanlarda fiber PM2M3 plastik mafsalı tanımlanırken kiriş elemanlarda ise M3 plastik mafsal özelliği tanımlanmıştır.

4.1.3 Taşıyıcı Sistem İçin Tanımlanan Malzeme Sınıfları

Mevcut yapının malzeme dayanımları TBDY-2018 ve TS EN 13791 standardına göre hesaplanmıştır. Yapının farklı bölümlerden alınan karot numuneleri deneylere tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Numunelere ait basınç dayanımı değerlerinin ortalaması ve standart sapması dikkate alınarak yapıda kullanılan betonun sınıfı C20 olarak belirlenmiştir. Sınırlı bilgi düzeyinden ötürü beton dayanımı 0,75 ile çarpılarak 15 MPa hesaplarda kullanılmıştır. 15 MPa sadece dayanım için gereken yerlerde kullanılmıştır. Elastisite modülü 20 MPa göre dikkate alınmıştır.

Hesaplarda kullanılan beton malzemesi için değerler;
Beton basınç dayanımı : f_{cm} = 15 MPa

Elastite Modülü : E_c = 28000 Mpa

Mevcut yapının donatı sınıfını belirlemek için yeterli sayıda eleman üzerinde pas payını sıyırma işlemi yapıldı ve röntgen cihazı kullanılarak mevcut donatı çeliğinin tipi, çapı, adedi ve yerleşimi belirlendi. Yapılan incelemelerde etriye sıklaştırması yapılmadığı fark edilmiştir. Sınırlı bilgi düzeyinden ötürü donatı dayanımı 0,75 ile çarpılarak 165MPa hesaplarda kullanılmıştır. Donatı için elastisite modülü E_s=200000 MPa olarak alınmıştır.

Hesaplarda kullanılan S220 donatı çelik malzemesi için değerler;
Minimum akma sınırı : f_{yk} = 165 MPa

Elastite Modülü : E_s = 200000 MPa

4.1.4 Taşıyıcı Sistem İçin Tanımlanan Zemin Sınıfı

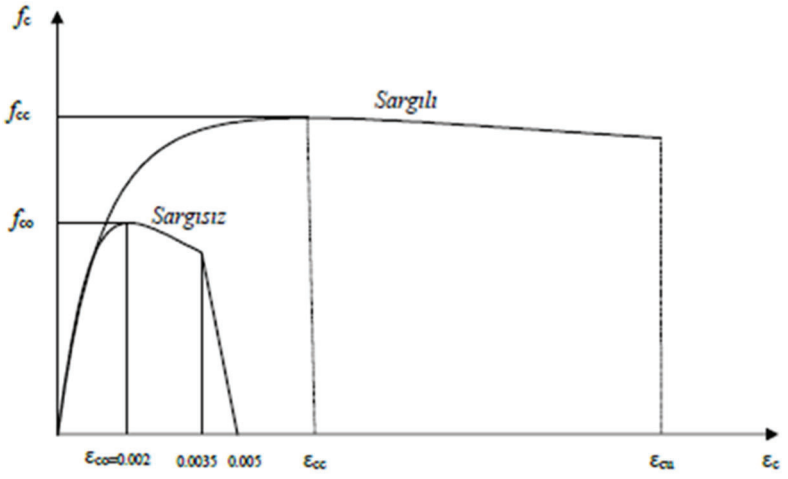
Mevcut yapının 2019 yılında yürürlüğe giren 2018 Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliğine Göre inceleme alanının Yerel Zemin Sınıfı; ZD sınıfında yer almaktadır. Tablo 3.8'deki verilere bağlı olarak zemin sınıfı belirlenmiştir.

4.2 Doğrusal Olmayan Hesap Modeli

4.2.1 Malzeme Modellerinin Tanımlanması

4.2.1.1 Doğrusal Olmayan Beton Malzemesinin Modeli

Mevcut betonarme binanın malzeme modelleri, yapısal analiz programı olan PERFORM3D'de tanımlanmıştır. Bu süreçte, beton malzemesi için sargılı ve sargısız betonun gerilme ve şekil değiştirme bağıntıları TBDY-2018 Ek-5A'da belirtilen bilgilere göre hesaplanmıştır. Gerilme ve şekil değiştirme diyagramı, beton için sargılı ve sargısız durumlar için Şekil 4.4'te sunulmuştur. PERFORM-3D için Tablo 4.1'e göre C15-UNCONFINED sargısız beton modeli oluşturulmuştur. Ayrıca excel yardımıyla kolonların C15 betonu için sargılı beton modelleri çıkarılmıştır. C40x25, C50x25 ve C70x25 kolonlar için C15-CONFINED tek bir beton modeli tanımlanmıştır. C25x25 için ise C15-CONFINED-2 sargılı beton modeli tanımlanmıştır. Tablo 4.3 ve Tablo 4.5'te PERFORM-3D için tanımlanan sargılı beton modelleri için verilmiştir. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da sargılı beton modellerinin grafiği çizilmiştir.



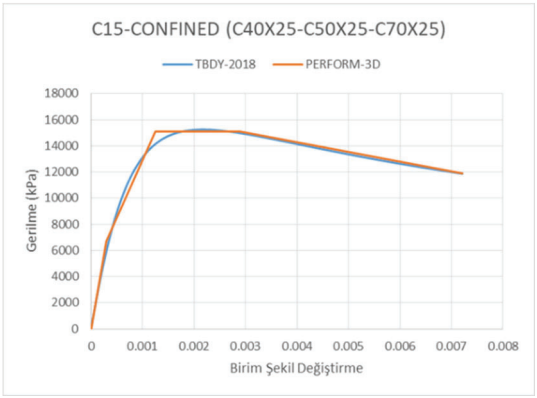
Şekil 4.4 Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme diyagramı [1]

Tablo 4.1 C15-UNCONFINED sargısız beton değerleri PERFORM-3D için

Malzeme	E	FY	FU	DU	DX	DL	DR	FR/FU	ε_c(SH)	ε_c(KH)	ε_c(GÖ)
C15-UNCONFINED	22360680	6265	14500	0,0012	0,05	0,0034	0,0047	0,2	0,0025	0,00263	0,0035

Tablo 4.2 C15-CONFINED sargılı beton malzeme parametreleri

f_{yw}	165	ε_{su}	0,12
f_{co}	15	ε_{co}	0,002
b	250	**B.Donatı Adet**	6
h	500	**B.Donatı Çap**	16
d'	25	**Etriye, Ø**	6
n_x	2	**s**	200
n_y	2	ρ_{shx}	0,00141
b_o	200	ρ_{shy}	0,00063
h_o	450	k_e	0,21716
A_s	1206,3716	E_c	22360,679
a_x	100	E_{sec}	7033,9782
a_y	225	ε_{cu}	0,00721
A_{shx}	56,5487	ε_{cc}	0,00217
b_{kx}	200	**r**	1,4589
A_{shy}	56,5487	f_{ex}	0,05066
b_{ky}	450	f_{ey}	0,02251
		f_{eort}	0,03658
		λ_c	1,0168
		f_{cc}	15,2526



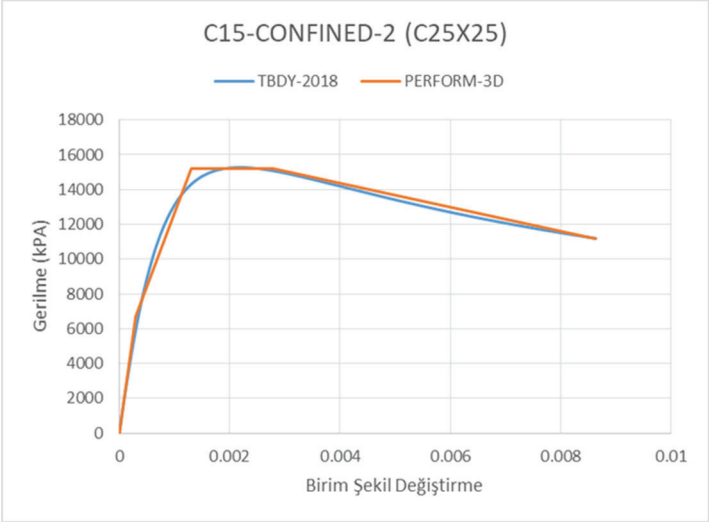
Şekil 4.5 C15-CONFINED sargılı beton mazeme grafiği PERFORM-3D için

Tablo 4.3 C15-CONFINED sargılı beton değerleri PERFORM-3D için

Malzeme	E	FY	FU	DU	DX	DL	DR	FR/FU	ε_c(SH)	ε_c(KH)	ε_c(GÖ)
C15-CONFINED	22360680	6708	15100	0,00125	0,1	0,0029	0,0072	0,786	0,0025	0,00375	0,005

Tablo 4.4 C15-CONFINED-2 sargılı beton değerleri PERFORM-3D için

f_{yw}	165	ε_{su}	0,12
f_{co}	15	ε_{co}	0,002
b	250	**B.Donatı Adet**	4
h	250	**B.Donatı Çap**	16
d'	25	**Etriye, Ø**	6
n_x	2	**s**	200
n_y	2	ρ_{shx}	0,00141
b_o	200	ρ_{shy}	0,00141
h_o	200	k_e	0,17009
A_s	804,2477	E_c	22360,6798
a_x	100	E_{sec}	6998,1445
a_y	100	ε_{cu}	0,00863
A_{shx}	56,54867	ε_{cc}	0,00218
b_{kx}	200	**r**	,.4555
A_{shy}	56,54867	f_{ex}	0,03967
b_{ky}	200	f_{ey}	0,03967
		f_{eort}	0,03967
		λ_c	1,0183
		f_{cc}	15,2738



Şekil 4.6 C15-CONFINED-2 sargılı beton mazeme grafiği PERFORM-3D için

Tablo 4.5 C15-CONFINED-2 sargılı beton değerleri PERFORM-3D için

Malzeme	E	FY	FU	DU	DX	DL	DR	FR/FU	ε_c(SH)	ε_c(KH)	ε_c(GÖ)
C15-CONFINED-2	22360680	6708	15200	0,0013	0,1	0,0028	0,0086	0,736	0,0025	0,00412	0,0055

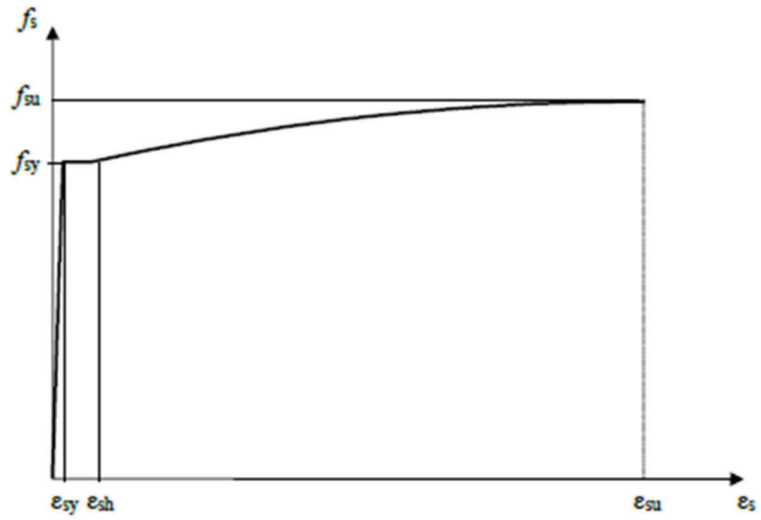
4.2.1.2 Doğrusal Olmayan Çelik Malzemesi Modeli

TBDY-2018 EK-5A.2'deki Denklem 4.1 kullanılarak, donatı çeliği malzemesi için doğrusal olmayan yapısal modelleme yapılmıştır. Çeliklere ait bilgiler Tablo 4.6'da verilmiştir ve gerilme şekil değiştirme bağıntıları kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. PERFORM-3D için oluşturulan donatı çeliği modeli Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

$$f_s = E_s.\varepsilon_s \qquad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy})$$
$$f_s = f_{sy} \qquad \varepsilon_{sy} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \qquad (4.1)$$
$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy})\frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} \qquad \varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$$

Tablo 4.6 Donatı çeliklerine ait bilgiler [1]

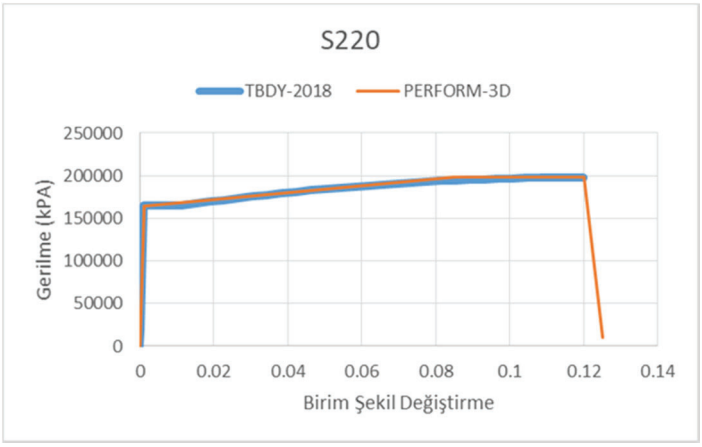
Kalite	f_{sy} (Mpa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su} / f_{sy}
S220	220	0,0011	0,011	0,12	1,20
S420	420	0,0021	0,008	0,08	1,15 – 1,35
B420C	420	0,0021	0,008	0,08	1,15 – 1,35
B500C	500	0,0025	0,008	0,08	1,15 – 1,35



Şekil 4.7 Örnek Donatı çeliğine ait gerilme-şekil değiştirme grafiği [1]

Tablo 4.7 S220 donatı çeliği parametreleri [1]

E_s	200000
f_{sy}	165
f_{su}/f_{sy}	1,2
ε_{sy}	0,0011
ε_{su}	0,12
ε_{sh}	0,011



Şekil 4.8 S220 donatı çeliği gerilme-şekil değiştirme grafiği PERFORM-3D için

Tablo 4.8 PERFORM-3D için S220 donatı tanımlama verileri

DEĞERLER	(kN, m)
FY	165000
FU	198000
DU	0,085
DL	0,12
DR	0,125
FR/FU	0,0505

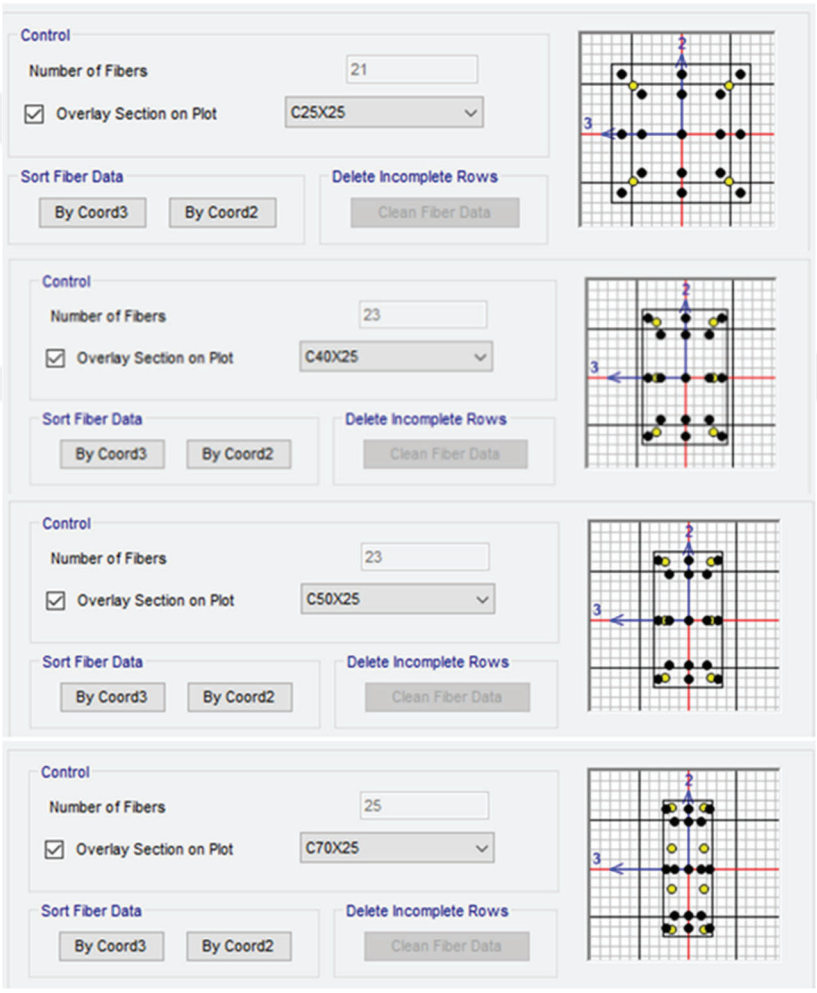
4.2.2 Kolon ve Kiriş Elemanlar İçin Davranış Modelleri

Kolon ve kiriş elemanlar, çerçeve sonlu elemanlar olarak model oluşturulacaktır ve nonlineer davranış sistem elemanlarının uçlarında plastik şekil değiştirme kısımlarında yığılı plastik veya yayılı plastik davranış modelleri kullanılacaktır. Proje kapsamında kiriş elemanlar için yığılı plastik mafsallar ve kolonlar için yayılı plastik mafsallar tercih edilmiştir. Plastik mafsallar, kolon ve kirişlerin her iki ucuna da atanmıştır ve bu uçlar arasındaki kalan bölüm elastik olarak modellenmiştir.

4.2.2.1 Kolon Elemanlar İçin Davranış Modeli

Mevcut yapıdaki tüm kolon elamanlar için fiber PM2M3 plastik mafsal tanımlanmış ve ilgili yerlere atanmıştır. Fiber plastik mafsallar SAP2000 programı yardımıyla kesite bağlı olarak otomatik fiber (lif)'lere parçalanmıştır. SAP2000 de oluşturulan bu otomatik fiberlerin önce Excel programında belli düzenlemeler yapıldıktan sonra PERFORM-3D programına hazır hale getirilmiştir. SAP2000

programı üzerinde tanımlanması görsellerle detaylandırılmıştır. Kolon kesitleri için SAP2000 oluşturulan bu fiber (lif) parçalara Şekil 4.9'da yer verilmiştir. PERFORM-3D'da programında öncelikle elastik kolon tanımlaması yapılmıştır. Kolon elemanlar için fiber kesit (PM2M3) tanımlama işlemi Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12'ye göre PERFORM-3D programanına tanımlanmıştır. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de kolonlar için tanımlanan komponentler gösterilmiştir. Kolonlar için tanımlanan bu komponentlerde elastik kolon kesiti, fiber kolon kesiti ile default end zone (rijit uç bölge) bir araya getirilmiş ve bu komponentler daha sonra kolon elemanlara atanmıştır.



Şekil 4.9 Kolonların SAP2000 yardımı ile fiberlere parçalanması

Tablo 4.9 C25x25 kolon fiber elemanları

C25x25-Kolonun Fiberlere Ayrılmış Hali				
	Alan (m2)	**Coord2 (m)**	**Coord3 (m)**	**Malzeme**
1	2,01E-04	-0,086	0,086	S220
2	2,01E-04	0,086	0,086	S220
3	2,01E-04	-0,086	-0,086	S220
4	2,01E-04	0,086	-0,086	S220
5	2,72E-03	0,1078	-0,1078	C15-UNCONFINED
6	3,50E-03	0,1078	0	C15-UNCONFINED
7	2,72E-03	0,1078	0,1078	C15-UNCONFINED
8	3,50E-03	0	-0,1078	C15-UNCONFINED
9	3,50E-03	0	0,1078	C15-UNCONFINED
10	2,72E-03	-0,1078	-0,1078	C15-UNCONFINED
11	3,50E-03	-0,1078	0	C15-UNCONFINED
12	2,72E-03	-0,1078	0,1078	C15-UNCONFINED
13	3,68E-03	0,0712	-0,0712	C15-CONFINED-2
14	3,68E-03	0,0712	0	C15-CONFINED-2
15	3,68E-03	0,0712	0,0712	C15-CONFINED-2
16	3,68E-03	0	-0,0712	C15-CONFINED-2
17	7,37E-03	0	0	C15-CONFINED-2
18	3,68E-03	0	0,0712	C15-CONFINED-2
19	3,68E-03	-0,0712	-0,0712	C15-CONFINED-2
20	3,68E-03	-0,0712	0	C15-CONFINED-2
21	3,68E-03	-0,0712	0,0712	C15-CONFINED-2

Tablo 4.10 C40x25 kolon fiber elemanları

C40x25-Kolonun Fiberlere Ayrılmış Hali				
	Alan (m2)	**Coord2 (m)**	**Coord3 (m)**	**Malzeme**
1	2,01E-04	-0,161	0,086	S220
2	2,01E-04	0	0,086	S220
3	2,01E-04	0,161	0,086	S220
4	2,01E-04	-0,161	-0,086	S220
5	2,01E-04	0	-0,086	S220
6	2,01E-04	0,161	-0,086	S220
7	3,77E-03	0,1749	-0,1089	C15-UNCONFINED
8	3,50E-03	0,1749	0	C15-UNCONFINED
9	3,77E-03	0,1749	0,1089	C15-UNCONFINED
10	5,60E-03	0	-0,1089	C15-UNCONFINED
11	5,60E-03	0	0,1089	C15-UNCONFINED
12	3,77E-03	-0,1749	-0,1089	C15-UNCONFINED
13	3,50E-03	-0,1749	0	C15-UNCONFINED
14	3,77E-03	-0,1749	0,1089	C15-UNCONFINED

Tablo 4.10 C40x25 kolon fiber elemanları (Devamı)

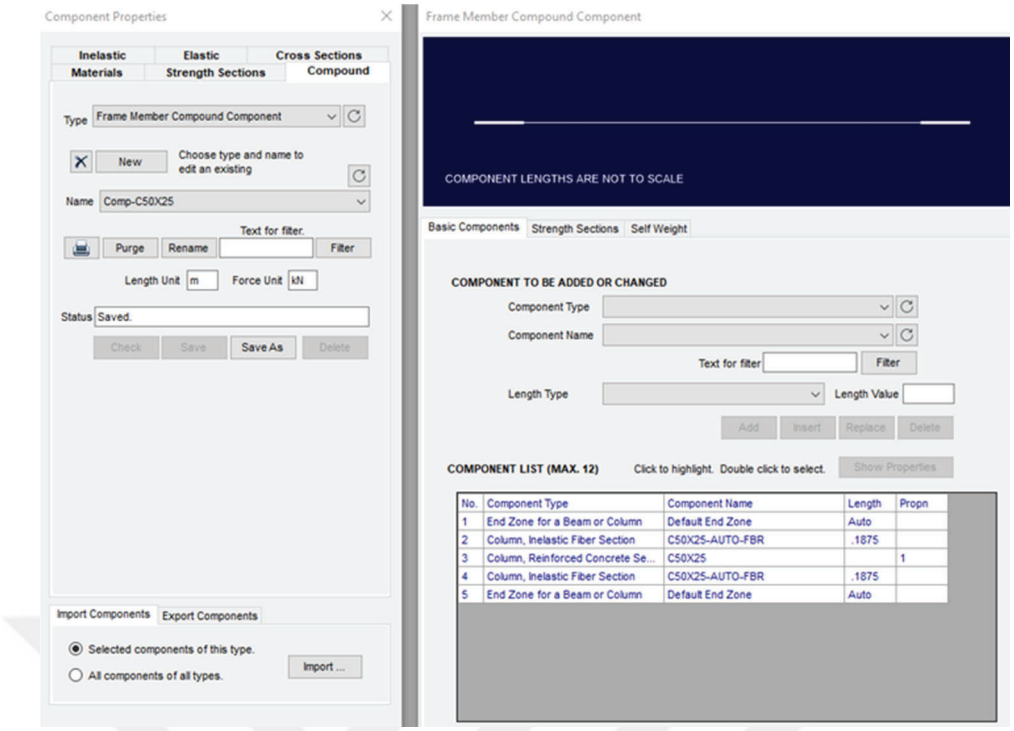
C40x25-Kolonun Fiberlere Ayrılmış Hali				
	Alan (m2)	**Coord2 (m)**	**Coord3 (m)**	**Malzeme**
15	6,55E-03	0,1273	-0,0714	C15-CONFINED
16	6,55E-03	0,1273	0	C15-CONFINED
17	6,55E-03	0,1273	0,0714	C15-CONFINED
18	6,55E-03	0	-0,0714	C15-CONFINED
19	0,0131	0	0	C15-CONFINED
20	6,55E-03	0	0,0714	C15-CONFINED
21	6,55E-03	-0,1273	-0,0714	C15-CONFINED
22	6,55E-03	-0,1273	0	C15-CONFINED
23	6,55E-03	-0,1273	0,0714	C15-CONFINED

Tablo 4.11 C50x25 kolon fiber elemanları

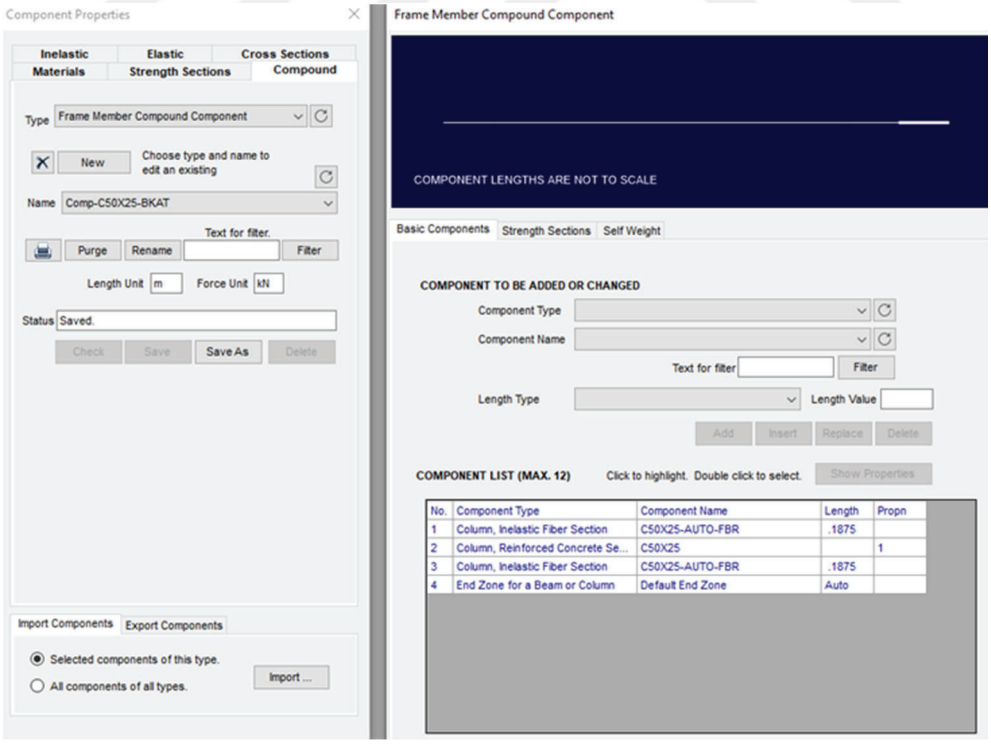
C50x25-Kolonun Fiberlere Ayrılmış Hali				
	Alan (m2)	**Coord2 (m)**	**Coord3 (m)**	**Malzeme**
1	2,01E-04	-0,211	0,086	S220
2	2,01E-04	0	0,086	S220
3	2,01E-04	0,211	0,086	S220
4	2,01E-04	-0,211	-0,086	S220
5	2,01E-04	0	-0,086	S220
6	2,01E-04	0,211	-0,086	S220
7	4,47E-03	0,2187	-0,1093	C15-UNCONFINED
8	3,50E-03	0,2187	0	C15-UNCONFINED
9	4,47E-03	0,2187	0,1093	C15-UNCONFINED
10	7,00E-03	0	-0,1093	C15-UNCONFINED
11	7,00E-03	0	0,1093	C15-UNCONFINED
12	4,47E-03	-0,2187	-0,1093	C15-UNCONFINED
13	3,50E-03	-0,2187	0	C15-UNCONFINED
14	4,47E-03	-0,2187	0,1093	C15-UNCONFINED
15	8,49E-03	0,1645	-0,0716	C15-CONFINED
16	8,49E-03	0,1645	0	C15-CONFINED
17	8,49E-03	0,1645	0,0716	C15-CONFINED
18	8,49E-03	0	-0,0716	C15-CONFINED
19	0,017	0	0	C15-CONFINED
20	8,49E-03	0	0,0716	C15-CONFINED
21	8,49E-03	-0,1645	-0,0716	C15-CONFINED
22	8,49E-03	-0,1645	0	C15-CONFINED
23	8,49E-03	-0,1645	0,0716	C15-CONFINED

Tablo 4.12 C70x25 kolon fiber elemanları

C70x25-Kolonun Fiberlere Ayrılmış Hali				
	Alan (m2)	**Coord2 (m)**	**Coord3 (m)**	**Malzeme**
1	2,01E-04	-0,311	0,086	S220
2	2,01E-04	-0,1037	0,086	S220
3	2,01E-04	0,1037	0,086	S220
4	2,01E-04	0,311	0,086	S220
5	2,01E-04	-0,311	-0,086	S220
6	2,01E-04	-0,1037	-0,086	S220
7	2,01E-04	0,1037	-0,086	S220
8	2,01E-04	0,311	-0,086	S220
9	5,87E-03	0,3047	-0,1098	C15-UNCONFINED
10	3,50E-03	0,3047	0	C15-UNCONFINED
11	5,87E-03	0,3047	0,1098	C15-UNCONFINED
12	9,80E-03	0	-0,1098	C15-UNCONFINED
13	9,80E-03	0	0,1098	C15-UNCONFINED
14	5,87E-03	-0,3047	-0,1098	C15-UNCONFINED
15	3,50E-03	-0,3047	0	C15-UNCONFINED
16	5,87E-03	-0,3047	0,1098	C15-UNCONFINED
17	0,0123	0,2391	-0,0717	C15-CONFINED
18	0,0123	0,2391	0	C15-CONFINED
19	0,0123	0,2391	0,0717	C15-CONFINED
20	0,0123	0	-0,0717	C15-CONFINED
21	0,0247	0	0	C15-CONFINED
22	0,0123	0	0,0717	C15-CONFINED
23	0,0123	-0,2391	-0,0717	C15-CONFINED
24	0,0123	-0,2391	0	C15-CONFINED
25	0,0123	-0,2391	0,0717	C15-CONFINED



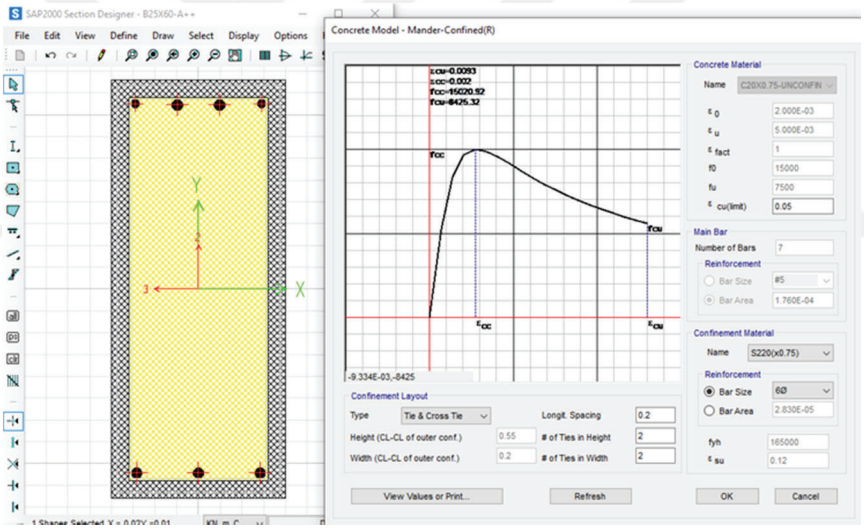
Şekil 4.10 PERFORM-3D C50x25 kolonu için oluşturulan komponent (üst kat kolonları)



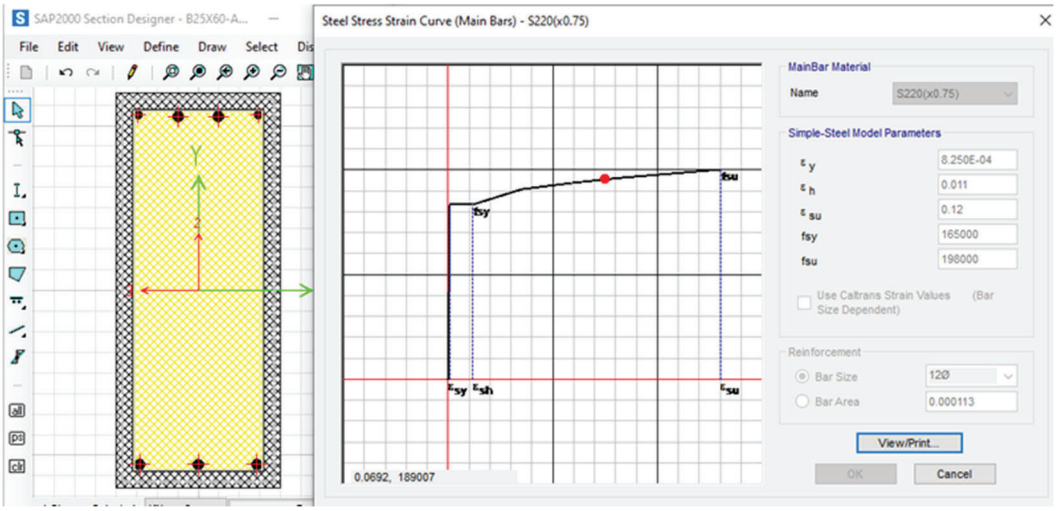
Şekil 4.11 PERFORM-3D C50x25 kolonu için oluşturulan komponent (bodrum kat kolonları)

4.2.2.2 Kiriş Elemanlar İçin Davranış Modeli

Mevcut yapıdaki tali kirişler haricindeki tüm kirişler için moment-dönme (M3) plastik mafsalları oluşturulmuş ve kiriş elemanlara atanmıştır. Kirişler için SAP2000'de section designer kısmından yararlanılmıştır. Kiriş kesitleri için beton ve donatı malzemeleri tanımlanarak kesite ait moment ve eğrilik değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te gösterilmiştir. B25x60-A kirişi için bulunan moment ve eğrilik değerleri Tablo 4.13'te hem kiriş alt donatısı hemde kiriş üst donatısı için ayrı yarı gösterilmiştir. Tablo 4.14'te ise B25x60-A kirişi için PERFORM-3D'de tanımlanan M3 moment-dönme plastik mafsal değerleri gösterilmiştir. Kirişler için tanımlanan komponentlerde elastik kiriş kesiti, M3 plastik mafsal ile default end zone (rijit uç bölge) bir araya getirilmiş ve bu komponentler daha sonra kolon elemanlara atanmıştır. Şekil 4.14'te B25x60-A kirişi için oluşturulan komponent gösterilmiştir.



Şekil 4.12 SAP2000'de B25x60-A kirişi için oluşturulan mander beton modeli



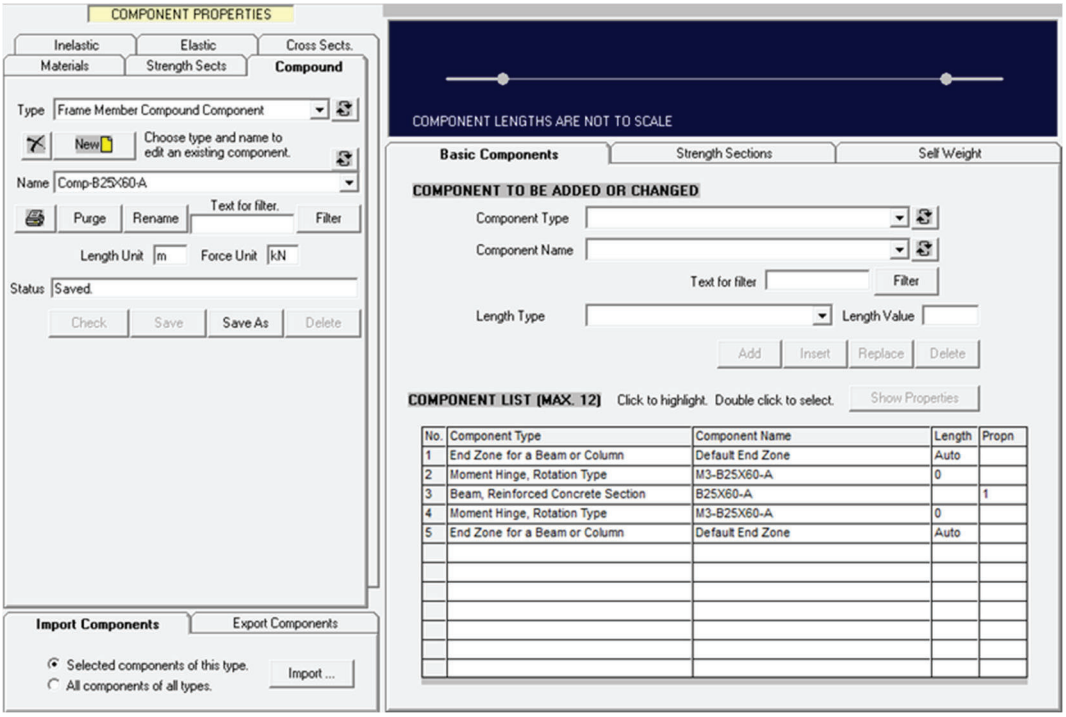
Şekil 4.13 SAP2000'de B25x60-A kirişi için oluşturulan çelik donatı modeli

Tablo 4.13 B25x60-A kirişinin SAP2000 yardımıyla bulunan moment-eğrilik değerleri

B25X60-A Kirişinin Moment-Eğrilik Değerleri					
Alt Bölge Çekme Durumu			Üst Bölge Çekme Durumu		
Kiriş Genişliği, B =	0,25	m	Kiriş Genişliği, B =	0,25	m
Kiriş Yüksekliği, H =	0,6	m	Kiriş Yüksekliği, H =	0,6	m
Akma Momenti, M_y =	60,517	kNm	Akma Momenti, M_y =	62,936	kNm
Akma Eğriliği, ϕ_y =	0,00250	1/m	Akma Eğriliği, ϕ_y =	0,00252	1/m
Kopma Momenti, M_u =	63,7	kNm	Kopma Momenti, M_u =	66,269	kNm
Kopma Eğriliği, ϕ_u =	0,2272	1/m	Kopma Eğriliği, ϕ_u =	0,2268	1/m

Tablo 4.14 B25x60-A kirişinin PERFORM-3D'de tanımlanan M3 moment mafsal verileri

Kiriş	FU	DL	DR	DX	FR/FU	Θ_p(SH)	Θ_p(KH)	Θ_p(GÖ)
B25x60-A (Pozitif)	63,70	0,0446	0,049	0,1	0,01	0,0001	0,0335	0,0446
B25x60-A (Negatif)	66,224	0,0432	0,049	0,10	0,01	0,0001	0,0324	0,0432



Şekil 4.14 PERFORM-3D B25x60-A kirişi için oluşturulan komponent

4.2.2.3 Bodrum Perdelerin PERFORM-3D Modellenmesi

Bodrum perdeleri elastik kalması gereken elemanlar olduğu için PERFORM-3D programında elastik eleman olarak tanımlanmıştır. TBDY 2018 Tablo 4.2'ye göre rijitlik azaltılması yapılmıştır. Bodrum perdesi yönetmelikteki rijitlik azaltması dikkate alınarak PERFORM-3D tanımlanmıştır.

4.2.3 Zaman Tanım Analında Doğrusal Olmayan Analiz Yönteminde Kullanılacak Deprem Yüklemelerin Tanımlanması

Kolon ve kiriş elemanlar, çerçeve sonlu elemanlar olarak model oluşturulacaktır ve nonlineer davranış sistem elemanlarının uçlarında plastik şekil değiştirme kısımlarında yığılı plastik veya yayılı plastik davranış modelleri kullanılacaktır.

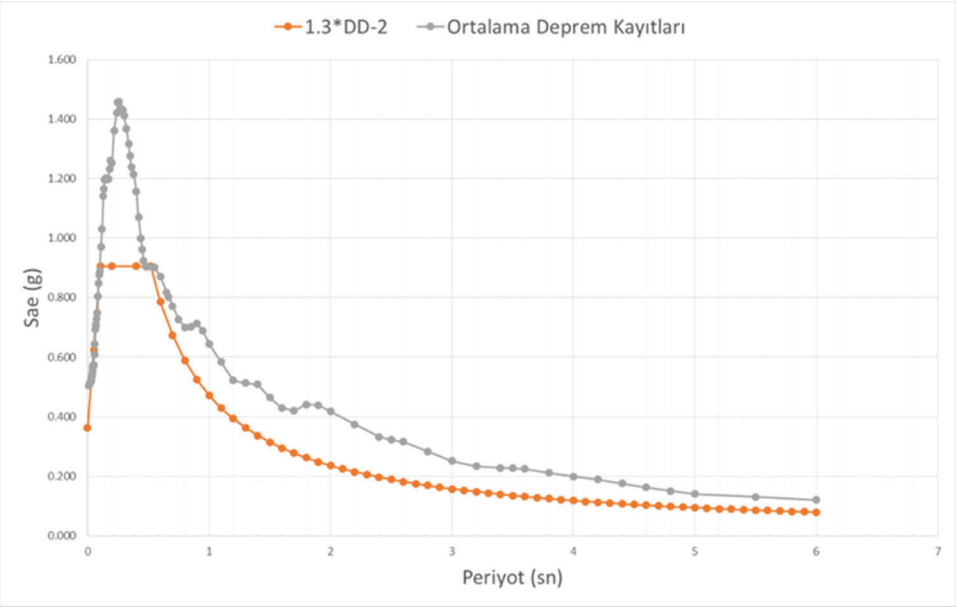
Önceki bölümlerde yönetmelikteki adımlar takip edilerek elde edilen deprem kayıtları, 2 doğrultuda olacak şekilde PERFORM-3D analiz programına tanımlanmıştır. Mevcut deprem kayıtları yükleme aşamasında her deprem kaydının 2 doğrultudaki (x ve y doğrultuları) ivme değerlerini içerecek şekilde PERFORM-3D programına tanımlanmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz gerçekleştirmek amacıyla, öncelikle statik yükleme durumu belirlenmektedir. Bu yükleme, modele etki eden sabit ve hareketli yüklerin birlikte etkisiyle şekillendirilmektedir. Hareketli yüklerin etkisini değerlendirmek için hareketli yük katılım katsayısı kullanılmaktadır. Başlangıç yük tanımlaması G+nQ olarak belirlenmiştir. Sabit yükler düşey deprem etkisi dikkate alınarak 1,14 katsayısı ile dikkate alınmıştır. Sabit yüklerin için eleman, kaplama ve duvar ağırlığı bulunmaktadır. Hareketli yük kütle katılım katsayısı "n" TBDY-2018 Tablo 4.3'e göre mevcut projeye uygun olarak 0,3 alınmıştır. Buna bağlı olarak başlangıç yük tanımlanması 1,14G+0,3Q olarak programa tanımlanmıştır. Mevcut projemizin deprem yüklemesi tanımlanırken ilgili deprem kaydının adım sayısı, adımlar arasındaki zaman farkı PERFORM-3D programına tanımlanmıştır. Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de RSN176 depremi için x ve y yönündeki ivme-zaman grafiği programa tanımlanmıştır. Deprem değerleri g cinsinden olmasından kaynaklı olarak program içerisinde otomatik olarak 9,81 ile değerler çarpılarak hesaplamalar yapılmaktadır.

Deprem kayıtlarının programa girilmesi "Load Case Type – Dynamic Earthquake" sekmesinden yapılır. Elde edilen deprem kayıtları PERFORM-3D programına X ve Y yönünde 22 adet olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da RSN176 depremi için hem X (H1) hemde Y (H2) için dinamik deprem yüklemesi oluşturulmuştur. Tablo 4.15'te deprem kayıtları için dikkate alınan ölçek katsayıları gösterilmiştir. Tanımlanan tüm deprem yüklemeleri Tablo 4.16'da gösterilmektedir.

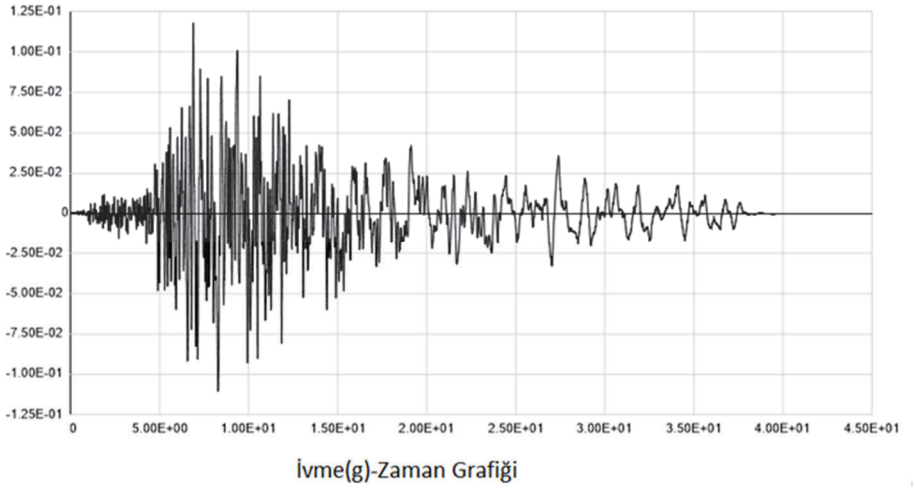
Tablo 4.15 Deprem kayıtları için alınan ölçek katsayıları

No	RSN No	Deprem Adı	Ölçek Katsayısı-1 [58]	Ölçek Katsayısı-2	Hesaplarda Kullanılan Ölçek Katsayısı
1	RSN176	Imperial Valley-06	2,0937	1,25	2,62
2	RSN850	Landers	1,8601	1,25	2,33
3	RSN882	Landers	2,0656	1,25	2,58
4	RSN1149	Kocaeli_Turkey	2,3021	1,25	2,88
5	RSN1636	Manjil_Iran	1,6501	1,25	2,06
6	RSN2752	Chi-Chi_Taiwan-04	1,6273	1,25	2,03
7	RSN5832	El Mayor-Cucapah_Mexico	1,2135	1,25	1,52
8	RSN5863	El Mayor-Cucapah_Mexico	2,108	1,25	2,64
9	RSN6912	Darfield_New Zealand	2,2869	1,25	2,86
10	RSN6942	Darfield_New Zealand	1,3522	1,25	1,69
11	RSN6966	Darfield_New Zealand	1,5999	1,25	2,00

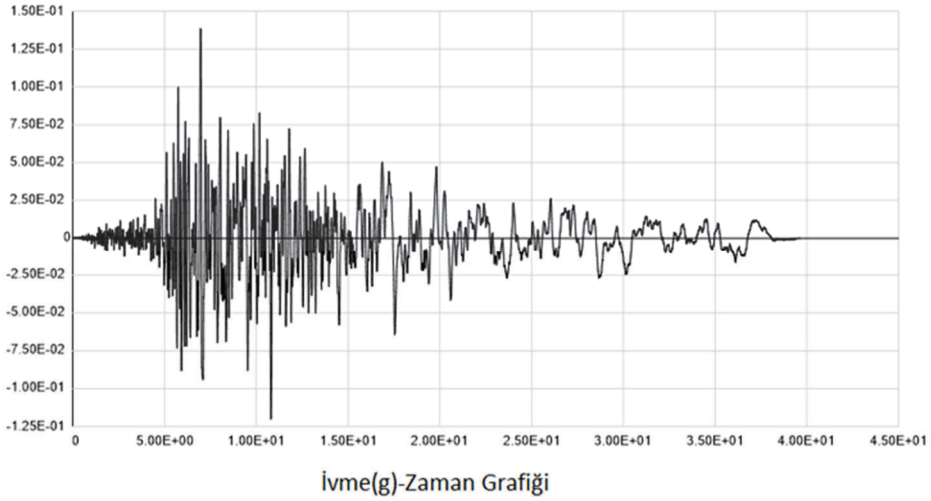
Deprem kayıtları peer data üzerinden basit ölçeklendirme yapılmış ve herbir deprem kaydı için bir ölçek katsayısı bulunmuştur. Ancak bu ölçeklendirmeye ilaveten ölçeklendirilmiş 11 deprem kaydının ortalama spektrum değeri 0,2T ve 1,5T aralığında hedef spektrum değerlerinin üzerinde olmayan değerler olduğu için ikinci bir ölçek katsayısı hesaplanıp tüm deprem kayıtlarına uygulanmıştır. İkinci ölçek katsayısı 1,25 seçilmiştir. Ölçeklendirilmiş deprem kayıtlarının ortalama spektrum grafiği Şekil 4.15'da verilmiştir.



Şekil 4.15 Ölçeklendirilmiş deprem kayıtları



Şekil 4.16 X(H1) doğrultusu için eklenmiş olan deprem ivme kaydı (ivme (düşey)-zaman (yatay) grafiği) (ölçeklenmemiş)



Şekil 4.17 Y(H2) doğrultusu için eklenmiş olan deprem ivme kaydı (ivme (düşey)-zaman (yatay) grafiği) (ölçeklenmemiş)

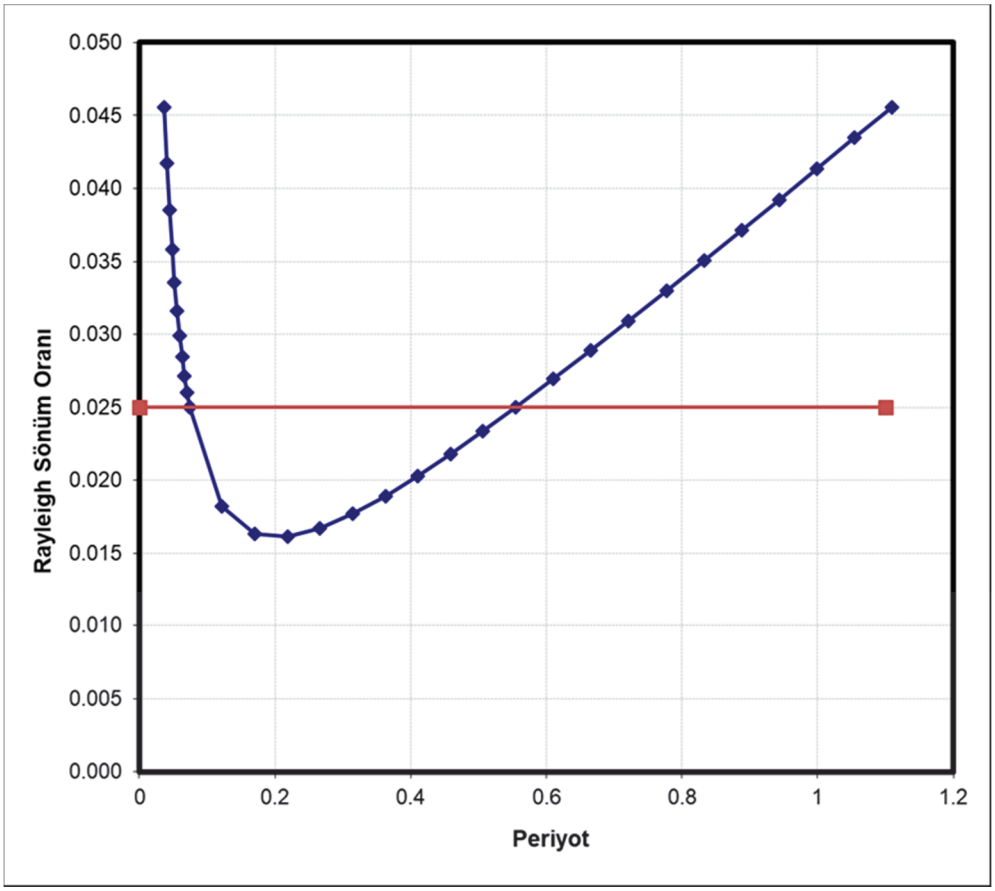
Tablo 4.16 X(H1)-Y(H2) doğrultuları için oluşturulan toplam 22 deprem yüklemesi

No	RSN No	X(H1) DOĞRULTUSU	Y(H2) DOĞRULTUSU	Ölçek Katsayısı
1	RSN176	DD2_XY_RSN176	DD2_YX_RSN176	2,62
2	RSN850	DD2_XY_RSN850	DD2_YX_RSN850	2,33
3	RSN882	DD2_XY_RSN882	DD2_YX_RSN882	2,58
4	RSN1149	DD2_XY_RSN1149	DD2_YX_RSN1149	2,88
5	RSN1636	DD2_XY_RSN1636	DD2_YX_RSN1636	2,06
6	RSN2752	DD2_XY_RSN2752	DD2_YX_RSN2752	2,03
7	RSN5832	DD2_XY_RSN5832	DD2_YX_RSN5832	1,52
8	RSN5863	DD2_XY_RSN5863	DD2_YX_RSN5863	2,64
9	RSN6912	DD2_XY_RSN6912	DD2_YX_RSN6912	2,86
10	RSN6942	DD2_XY_RSN6942	DD2_YX_RSN6942	1,69
11	RSN6966	DD2_XY_RSN6966	DD2_YX_RSN6966	2,00

4.2.4 Zaman Tanım Analizinde Kullanılacak Sönüm Tanımlanması

Doğrusal entegrasyon yöntemleri zaman tanım alanında sismik davranışın hesaplanmasında doğrusal olmayan sistemlerde olanak sağlarlar. Doğrusal entegrasyon için Rayleigh sönümlenmesi, kütle ve rijitlik orantılı sönümlenmenin istendiği elemanlar için malzeme tanımında sönümlenme seçeneği ile tanımlanır. Modal dinamik analiz için Rayleigh sönümlenmesi, adım tanımındaki Modal sönümleme seçeneğine tanımlanır. Mevcut projede zaman tanım alanında doğrusal entegrasyon çözüm yöntemi ve rayleigh damping sönüm oranları kullanılmıştır.

Yapı için dikkate alınan sönüm oranı yapının ana periyodunun 0,2T ve 1,5T arasında %2,5 Rayleigh sönümü olarak dikkate alınarak Şekil 4.18'de programa tanımlanacak sönüm oranı gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Tanımlanan rayleigh sönüm oranı

4.2.5 Betonarme Taşıyıcı Elemanların Etkin Kesit Rijitliklerinin Belirlenmesi

Mevcut yapılarda TBDY 2018 madde 15.4.11'e göre mevcut yapılar için etkin kesit rijitlikleri TBDY 2018 Tablo 4.2 seçilecektir. Doğrusal olarak modellenen bodrum perdeleri, bodrum katındaki bodrum perdelerinin ucunda bulunan kolonlar ve tüm çerçeve kirişleri için etkin kesit rijitlik çarpanları TBDY-2018 Tablo 4.2'ye göre seçilmiştir. Fiber plastik mafsal atanmış olan kolon elemanlarda herhangi bir rijitlik azaltılması yapılmamıştır. Etkin kesit rijitlik çarpanları Tablo 4.17'de detaylı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 4.17 Etkin kesit rijitlik çarpanları [1]

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	**Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı**	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0,50	0,50
Bodrum perdesi	**0,80**	**0,50**
Döşeme	0,25	0,25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	0,25	1,00
Bodrum perdesi	**0,50**	**1,00**
Döşeme	0,25	1,00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0,15	1,00
Çerçeve kirişi	**0,35**	**1,00**
Çerçeve kolonu	0,70	1,00
Perde (eşdeğer çubuk)	0,50	0,50

4.2.6 Betonarme Yapı Elemanları İçin İzin Verilen Şekil Değiştirme Sınırlarının Belirlenmesi

Yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan donatı çeliği ve beton birim değiştirmeleri, $\varepsilon_s^{(GÖ)}$ ve $\varepsilon_c^{(GÖ)}$ için izin verilen sınır değerlerini hesaplamak için, TBDY-2018 Bölüm 5.8.1.1 kısmında yer alan denklemler kullanılmıştır. Bu denklemler sayesinde hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Göçmenin önlenmesi amacıyla performans seviyesinin belirlenmesi, beton birim kısılması için dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perde elemanlarında TBDY-2018 Denk 5.4a yöntemi kullanılarak gerçekleştirilecektir.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0{,}0035 + 0{,}04x\sqrt{w_{we}} \leq 0{,}018 \qquad (4.2)$$

Bu formüldeki başlangıç terimi 0,0035, sargısız betonun birim kısalmasını temsil ederken, ω_{we} terimi ise etkin sarma donatısının mekanik donatı oranını göstermektedir. ω_{we} değerleri TBDY-2018 Denklem 5.4c - 5.4d standartlarına göre hesaplanır.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} x \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (4.3)$$

Yukarıdaki denklem 4.3'de α_{se}, sargı donatısının etkinlik katsayısını belirtirken, $\rho_{sh,min}$ ise dikdörtgen bir kesitte iki yatay doğrultuda hesaplanan hacimsel enine donatı oranının en düşük değerini ifade etmektedir. Ayrıca, f_{ywe} ise enine donatının ortalama akma dayanımı olarak tanımlanmaktadır.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 b_0 h_0}\right)\left(1 - \frac{s}{2b_0}\right)\left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \; ; \qquad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (4.4)$$

Yukarıdaki ilgili formülde α_i, etriye kolundan veya çirozdan sabitlenen boyuna donatıların arasındaki uzaklığı temsil eder. b_0 ve h_0 ise sargılı betonun genişliği ve yüksekliğini belirtir. s, enine donatıların kesitteki uzaklığını ifade ederken, A_{sh} ise kesitteki enine donatı alanını gösterir. b_k ise en dıştaki enine donatıların dik doğrultuda olan uzaklığını belirtir.

Donatı çeliğinin birim şekil değiştirmesi, göçme riskinin azaltılması performans düzeyi doğrultusunda 4.5 numaralı denkleme dayalı olarak hesaplanabilir. Bu denklemde, ε_{su} donatı çeliğinin çekme dayanımına eşdeğer olan birim uzunluğu ifade eder.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0{,}4\varepsilon_{su} \quad (4.5)$$

Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi; TBDY-2018 bölüm 5.8.1.2'ye göre yığılı plastik davranış modeli esas alınarak elde edilen plastik dönme sınır değerlerinin yanı sıra sistem elemanlarının kesitine etkiyen eksenel kuvvetin de dikkate alındığı eğrilik analizi ile hesaplanacaktır. Burada donatı çeliği ve beton modelleri de ele alınacak ve izin verilen sınır değerleri TBDY-2018 denklem 5.6-5.7-5.8'e göre belirlenecektir.

$$\theta p^{(\text{GÖ})} = \frac{2}{3}\left[\left(\phi_u - \phi_y\right) x L_p x \left(1 - 0.5 x L_p x L_s\right) + 4.5 x \phi_u x d_b\right] \quad (4.6)$$

Denklemdeki ϕ_u terimi, donatı çeliği ve beton şekil değiştirmeleri ile EK 5A mevcut beton ve donatı çeliği modelleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda bulunan göçme öncesi toplam eğriliği ifade etmektedir. ϕ_y, kesit için akma eğriliğini, L_p ise plastik mafsal boyunu ifade eder. L_s, kesme açıklığını, d_b ise boyuna donatı çapını (ortalama) ifade eder.

Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi; TBDY-2018 bölüm 5.8.1.3'e göre yapılan performans değerlendirmesinde, bu performans düzeyi için hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirmeler $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(KH)}$ ile plastik dönme $\theta_p^{(KH)}$ sınırları, Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine bağlı olarak belirlenmiştir. Bu sınırlar, 5.8.1.1 ve 5.8.1.2 maddelerinde tanımlanan değerlere göre Denklem 5.7'de belirtilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0{,}75\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0{,}75\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} \tag{4.7}$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0{,}75\theta_p^{(G\ddot{O})} \tag{4.8}$$

Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi; TBDY-2018 bölüm 5.8.1.4'e göre yapılan performans değerlendirmesinde, bu performans düzeyi için hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirmeler $\varepsilon_c^{(SH)}$ ve $\varepsilon_s^{(SH)}$ Denklem 5.8'de belirtilmiştir. TBDY-2018 bölüm 5.4.5.2'de belirtilen etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta, taşıyıcı sistemin dayanıklılığını sağlamak amacıyla plastik mafsal oluşumuna izin verilmeyecektir. Bu kural, yapıların SH performans düzeyini korumayı amaçlamaktadır.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0{,}0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0{,}0075 \tag{4.9}$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \tag{4.10}$$

Yönetmelikte belirlenen denklemler kullanılarak, tüm kolon ve kirişler için çeşitli Hasar sınırları dikkate alınarak, birim deforme olma ve plastik dönme miktarları hesaplanmıştır. Kolon elemanlar için fiber plastik mafsal, kirişler için ise M3 moment mafsalı tanımlanmıştır. Mevcut projede 4 tip kolon mevcuttur bu kolonlar C25x25, C40x25, C50x25 ve C70x25'dir. Tüm kolonlar için 2 adet sargılı beton modeli oluşturulmuştur. C40x25, C50x25 ve C70x25 kolonları için C15-CONFINED isimli sargılı beton modeli, C25x25 kolonu için ise C15-CONFINED-2 isimli sargılı beton modeli oluşturulmuştur. C15-CONFINED sargılı beton modeli C50x25 kolonu üzerinden devam edecektir. Çünkü bu üç adet kolonun ortalama değerleri C50x25'in değerlerine çok yakın çıkmaktadır. Mevcut yapıda yatay taşıyıcı olarak B25x60 olarak tek tip kiriş kesiti bulunmaktadır. Tüm kiriş kesitleri için minimum boyuna donatı seçildiği için tek tip donatı düzeni seçilmiştir. Ancak kirişlerin boyları birbirinden farklı olduğu için 4 tip M3 moment mafsalı tanımlanmıştır. Bunlar M3-B25x60-A, M3-B25x60-B, M3-B25x60-C ve M3-

B25x60-D'dir. C50x25 kolonu için Tablo 4.18 ve C25x25 kolonu için ise Tablo 4.19'da birim şekil değiştirme limit değerleri hesaplanmıştır. Kirişlere atanmış olan M3 moment mafsalları için hesaplanan dönme limit değerleri Tablo 4.20, Tablo 4.21, Tablo 4.22 ve Tablo 4.23'te gösterilmiştir.

Tablo 4.18 C50x25 kolonu için birim şekil değiştirme limitlerinin hesaplanması

C50X25 Kolonu İçin Birim Şekil Değiştirme Limitleri (C15-CONFINED)							
f_{ywe} =	165	Mpa	b_k=	19.4	cm	α_{se}=	0,2049
f_{cc} =	15	Mpa	h_k=	44.4	cm	ρ_{shx}=	0,001457
b=	25	cm	b_o=	19,4	cm	ρ_{shy}=	0,000637
h=	50	cm	h_o=	44,4	cm	ρ_{shmin}=	0,000637
d'=	2,5	cm	A_{shx} =	0,57	cm2	ω_{we}=	0,001435
s=	20	cm	A_{shy} =	0,57	cm2		
Etriye, ø	6	mm					
n_x =	2	adet					
n_y =	2	adet					
a_x=	19,40	cm					
a_y=	44,40	cm			ε_{su}=	0,12	0,12*0,4=0,048
						Madde: 15.7.1.2	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$=0,048/1,5=0,032

Performans Düzeylerine Göre Beton Birim Kısalmaları			**Performans Düzeylerine Göre Donatı Birim Uzamaları**	
$\varepsilon_c^{(SH)}$=	0,0025		$\varepsilon_s^{(SH)}$=	0,0075
$\varepsilon_c^{(KH)}$=	0,00376		$\varepsilon_s^{(KH)}$=	0,0240
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$=	0,0050		$\varepsilon_s^{(GÖ)}$=	0,0320

Tablo 4.19 C25x25 kolonu için birim şekil değiştirme limitlerinin hesaplanması

C25X25 Kolonu İçin Birim Şekil Değiştirme Limitleri (C15-CONFINED-2)							
f_{ywe} =	165	Mpa	b_k=	19.4	cm	α_{se}=	0,1565
f_{ce} =	15	Mpa	h_k=	19.4	cm	ρ_{shx}=	0,001457
b=	25	cm	b_o=	19,4	cm	ρ_{shy}=	0,001457
h=	25	cm	h_o=	19,4	cm	ρ_{shmin}=	0,001457
d'=	2,5	cm	A_{shx} =	0,57	cm2	ω_{we}=	0,002509
s=	20	cm	A_{shy} =	0,57	cm2		
Etriye, ø	6	mm					
n_x =	2	adet					
n_y =	2	adet					
a_x=	19,40	cm					
a_y=	19,40	cm			ε_{su}=	0,12	0,12*0,4=0,048
						Madde: 15.7.1.2	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$=0,048/1,5=0,032

Performans Düzeylerine Göre Beton Birim Kısalmaları			**Performans Düzeylerine Göre Donatı Birim Uzamaları**	
$\varepsilon_c^{(SH)}$=	0,0025		$\varepsilon_s^{(SH)}$=	0,0075
$\varepsilon_c^{(KH)}$=	0,0041		$\varepsilon_s^{(KH)}$=	0,0240
$\varepsilon_c^{(GÖ)}$=	0,0055		$\varepsilon_s^{(GÖ)}$=	0,0320

Tablo 4.20 B25x60-A kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması

Alt Bölge Çekme Durumu (0 Derece-Section Designer)			**Üst Bölge Çekme Durumu (180 Derece-Section Designer)**		
Kiriş Genişliği,B =	0,25	m	**Kiriş Genişliği,B =**	0,25	m
Kiriş Yüksekliği,H =	0,6	m	**Kiriş Yüksekliği,H =**	0,6	m
Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =	0,3	m	**Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =**	0,3	m
Ortamala Donatı Çapı,db =	0,016	m	**Ortamala Donatı Çapı,db =**	0,014	m
Kesme Açıklığı(L/2),Ls =	0,6	m	**Kesme Açıklığı(L/2),Ls =**	0,6	m
Akma Momenti,My =	60,517	kNm	**Akma Momenti,My =**	62,936	kNm
Akma Eğriliği,ϕy =	0,00250	1/m	**Akma Eğriliği,ϕy =**	0,00252	1/m
Kopma Momenti,Mu =	63,7	kNm	**Kopma Momenti,Mu =**	66,269	kNm
Kopma Eğriliği,ϕu =	0,2272	1/m	**Kopma Eğriliği,ϕu =**	0,2268	1/m
Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =	0,0446	rad	**Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =**	0,0432	rad
Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =	0,0335	rad	**Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =**	0,0324	rad
Sınırlı Hasar, Θp(SH) =	0	rad	**Sınırlı Hasar, Θp(SH) =**	0	rad
Mu/My =	1,05		**Mu/My =**	1,05	

Tablo 4.21 B25x60-B kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması

Alt Bölge Çekme Durumu (0 Derece-Section Designer)			**Üst Bölge Çekme Durumu (180 Derece-Section Designer)**		
Kiriş Genişliği,B =	0,25	m	**Kiriş Genişliği,B =**	0,25	m
Kiriş Yüksekliği,H =	0,6	m	**Kiriş Yüksekliği,H =**	0,6	m
Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =	0,3	m	**Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =**	0,3	m
Ortamala Donatı Çapı,db =	0,016	m	**Ortamala Donatı Çapı,db =**	0,014	m
Kesme Açıklığı(L/2),Ls =	1,45	m	**Kesme Açıklığı(L/2),Ls =**	1,45	m
Akma Momenti,My =	60,517	kNm	**Akma Momenti,My =**	62,936	kNm
Akma Eğriliği,ϕy =	0,00250	1/m	**Akma Eğriliği,ϕy =**	0,00252	1/m
Kopma Momenti,Mu =	63,7	kNm	**Kopma Momenti,Mu =**	66,269	kNm
Kopma Eğriliği,ϕu =	0,2272	1/m	**Kopma Eğriliği,ϕu =**	0,2268	1/m
Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =	0,0512	rad	**Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =**	0,0497	rad
Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =	0,0384	rad	**Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =**	0,0373	rad
Sınırlı Hasar, Θp(SH) =	0	rad	**Sınırlı Hasar, Θp(SH) =**	0	rad
Mu/My =	1,05		**Mu/My =**	1,05	

Tablo 4.22 B25x60-C kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması

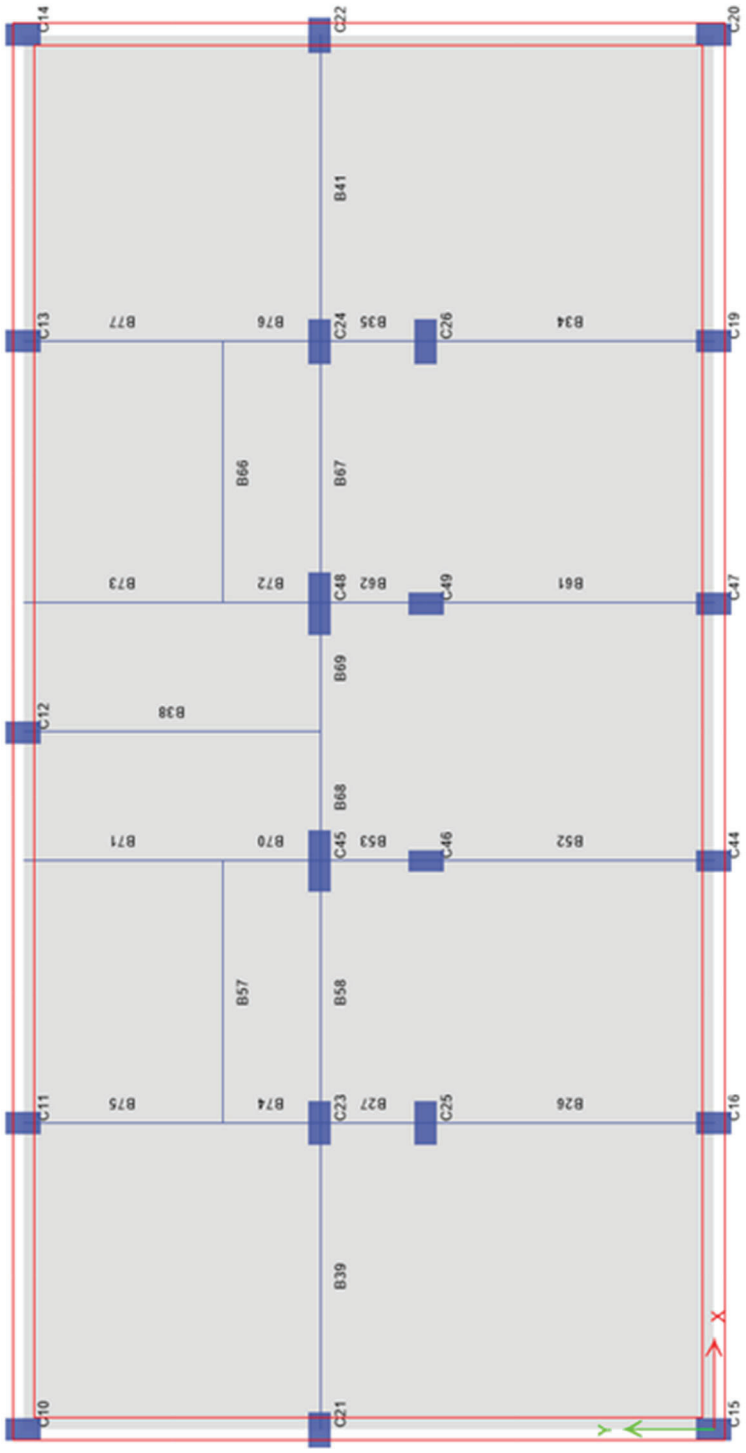
Alt Bölge Çekme Durumu (0 Derece-Section Designer)			**Üst Bölge Çekme Durumu (180 Derece-Section Designer)**		
Kiriş Genişliği,B =	0,25	m	**Kiriş Genişliği,B =**	0,25	m
Kiriş Yüksekliği,H =	0,6	m	**Kiriş Yüksekliği,H =**	0,6	m
Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =	0,3	m	**Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =**	0,3	m
Ortamala Donatı Çapı,db =	0,016	m	**Ortamala Donatı Çapı,db =**	0,014	m
Kesme Açıklığı(L/2),Ls =	1,7	m	**Kesme Açıklığı(L/2),Ls =**	1,7	m
Akma Momenti,My =	60,517	kNm	**Akma Momenti,My =**	62,936	kNm
Akma Eğriliği,ϕy =	0,00250	1/m	**Akma Eğriliği,ϕy =**	0,00252	1/m
Kopma Momenti,Mu =	63,7	kNm	**Kopma Momenti,Mu =**	66,269	kNm
Kopma Eğriliği,ϕu =	0,2272	1/m	**Kopma Eğriliği,ϕu =**	0,2268	1/m
Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =	0,0519	rad	**Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =**	0,0504	rad
Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =	0,0389	rad	**Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =**	0,0378	rad
Sınırlı Hasar, Θp(SH) =	0	rad	**Sınırlı Hasar, Θp(SH) =**	0	rad
Mu/My =	1,05		**Mu/My =**	1,05	

Tablo 4.23 B25x60-D kirişinin dönme limit değerlerinin hesaplanması

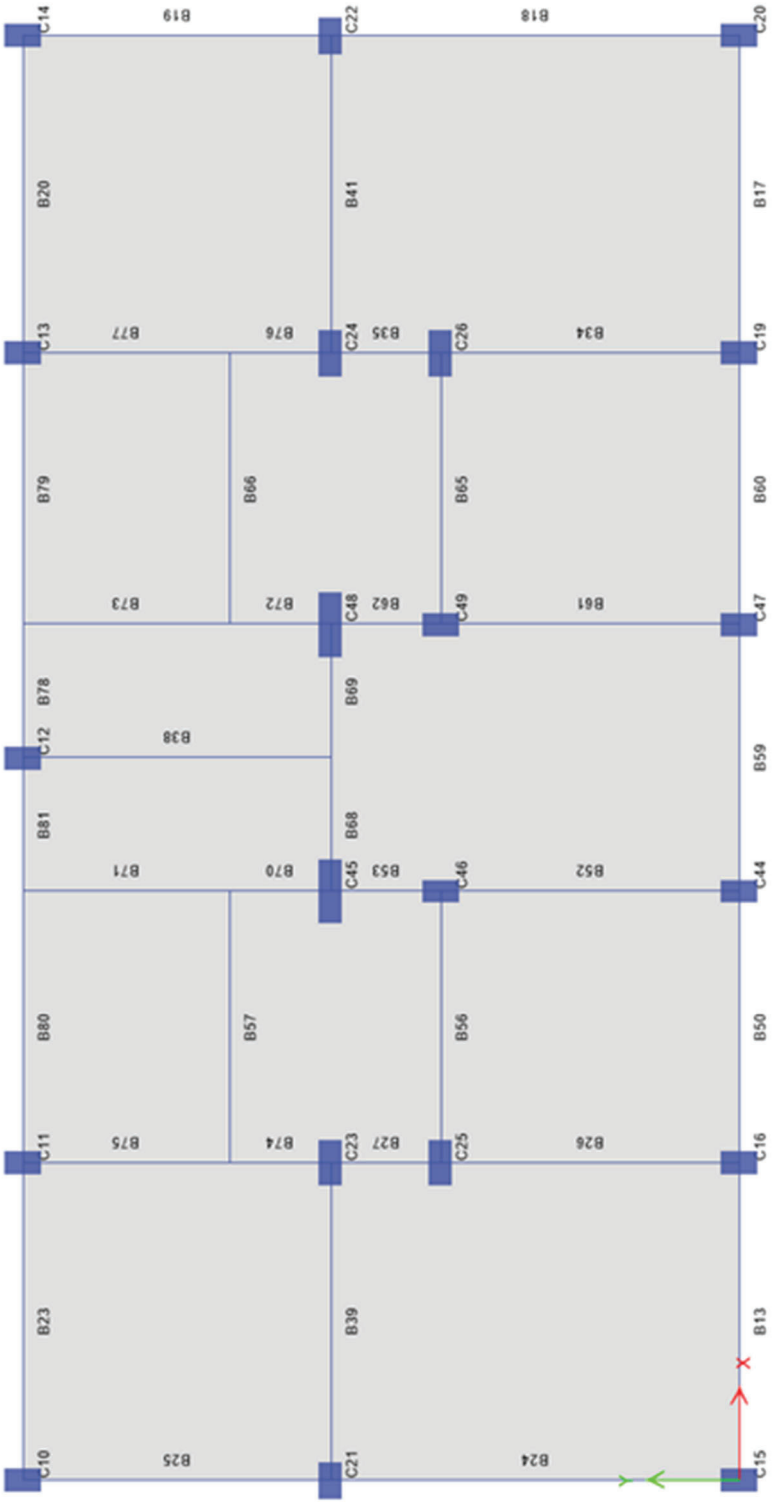
Alt Bölge Çekme Durumu (0 Derece-Section Designer)			**Üst Bölge Çekme Durumu (180 Derece-Section Designer)**		
Kiriş Genişliği,B =	0,25	m	**Kiriş Genişliği,B =**	0,25	m
Kiriş Yüksekliği,H =	0,6	m	**Kiriş Yüksekliği,H =**	0,6	m
Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =	0,3	m	**Plastik Mafsal Boyu(H/2),Lp =**	0,3	m
Ortamala Donatı Çapı,db =	0,016	m	**Ortamala Donatı Çapı,db =**	0,014	m
Kesme Açıklığı(L/2),Ls =	2,2	m	**Kesme Açıklığı(L/2),Ls =**	2,2	m
Akma Momenti,My =	60,517	kNm	**Akma Momenti,My =**	62,936	kNm
Akma Eğriliği,ϕy =	0,00250	1/m	**Akma Eğriliği,ϕy =**	0,00252	1/m
Kopma Momenti,Mu =	63,7	kNm	**Kopma Momenti,Mu =**	66,269	kNm
Kopma Eğriliği,ϕu =	0,2272	1/m	**Kopma Eğriliği,ϕu =**	0,2268	1/m
Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =	0,0528	rad	**Göçmenin Önlenmesi, Θp(GÖ) = 2/3[(ϕu-ϕy)*Lp*(10.5*Lp/Ls) +4.5*ϕu*db] =**	0,0513	rad
Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =	0,0396	rad	**Kontrollü Hasar, Θp(KH) = 0.75*Θp(GÖ) =**	0,0385	rad
Sınırlı Hasar, Θp(SH) =	0	rad	**Sınırlı Hasar, Θp(SH) =**	0	rad
Mu/My =	1,05		**Mu/My =**	1,05	

4.2.7 Mevcut Yapı Modellemesine Ait Kolon ve Kiriş Etiketleri

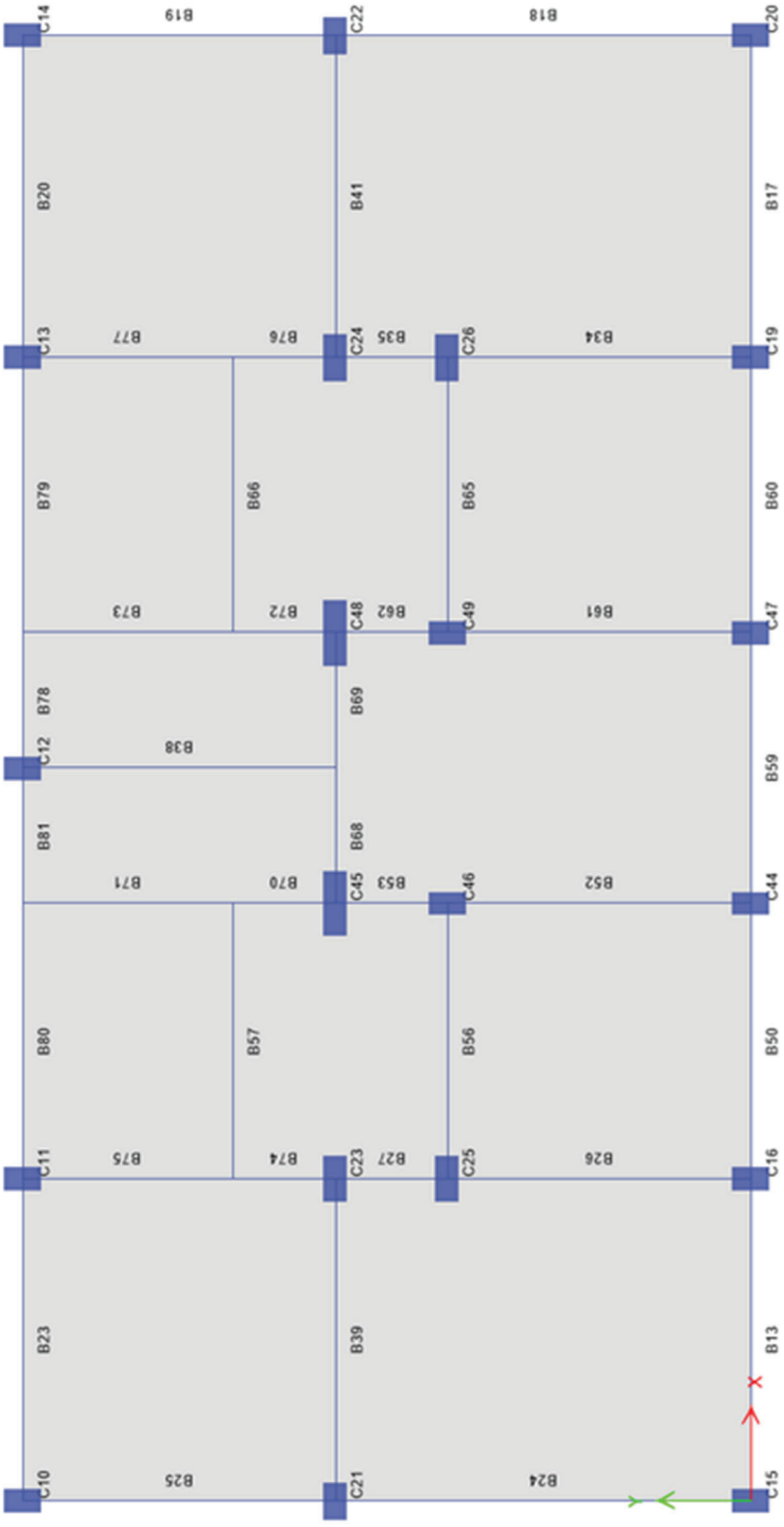
PERFORM-3D programında eleman etiketleri gösterilemediğinden dolayı ETABS programındaki elemanların etiketleri kullanılacaktır. PERFORM-3D programındaki elemanlar ile ETABS programındaki elemanlar koordinat bazlı olarak birbirleriyle eşleştirilmiştir ve ETABS programındaki etiketler kullanılmıştır. İlk başta ETABS programında modellenen mevcut yapının taşıyıcı kolon ve kiriş eleman etiketleri her kat için Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'te gösterilmiştir.



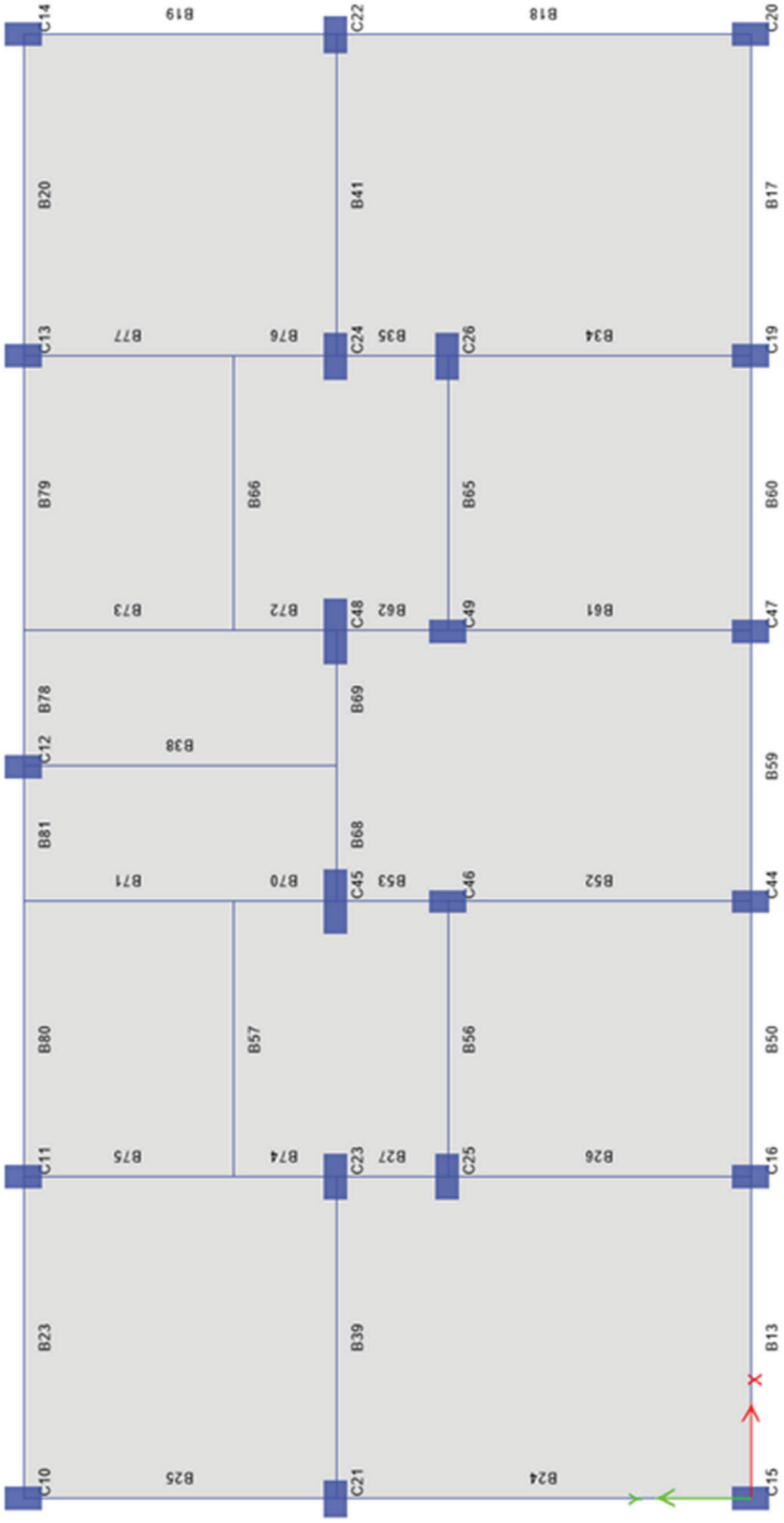
Şekil 4.19 Bodrum kat kolon ve kiriş eleman etiketleri



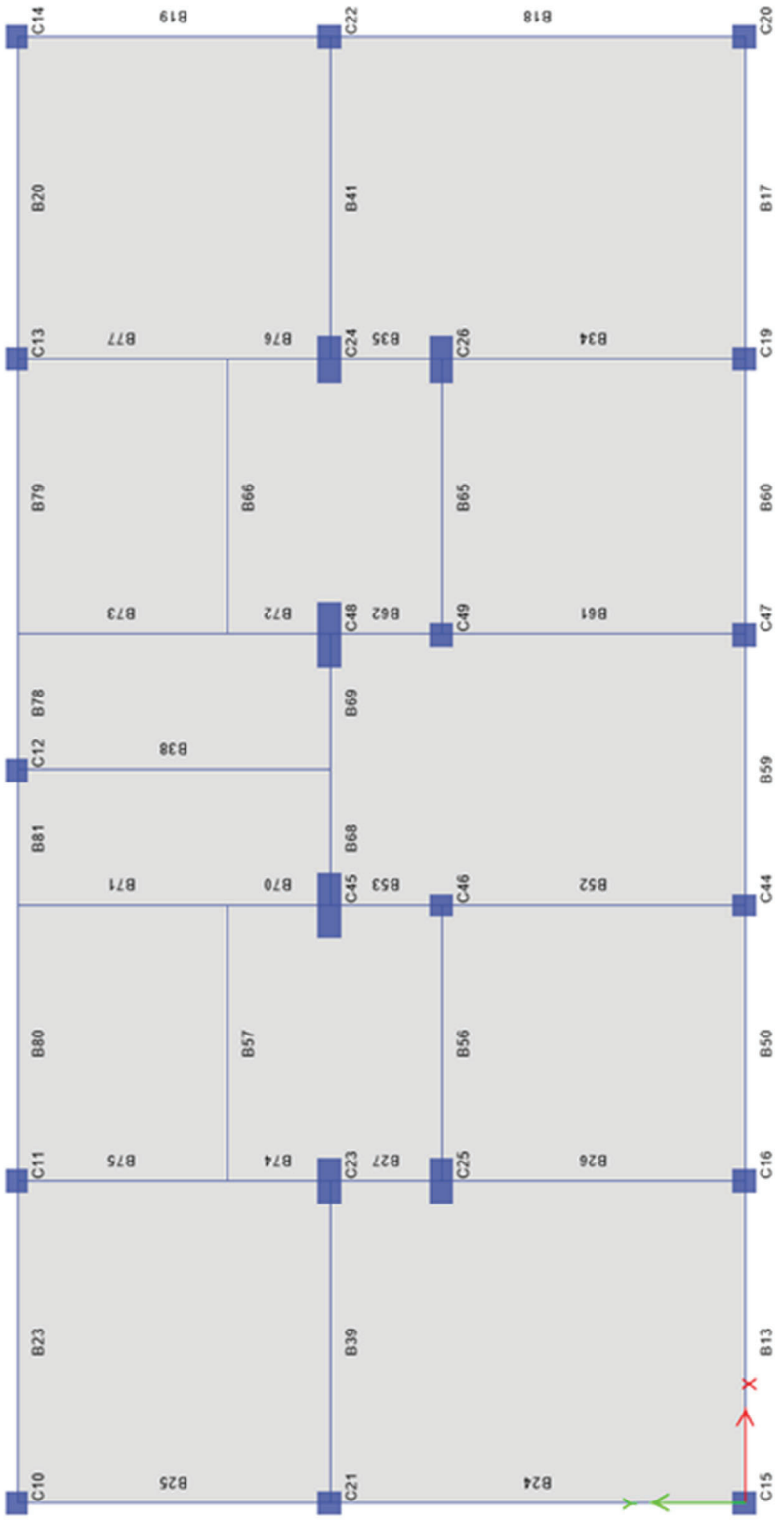
Şekil 4.20 Zemin kat kolon ve kiriş eleman etiketleri



Şekil 4.21 1. Normal kat kolon ve kiriş eleman etiketleri



Şekil 4.22 2. Normal kat kolon ve kiriş eleman etiketleri



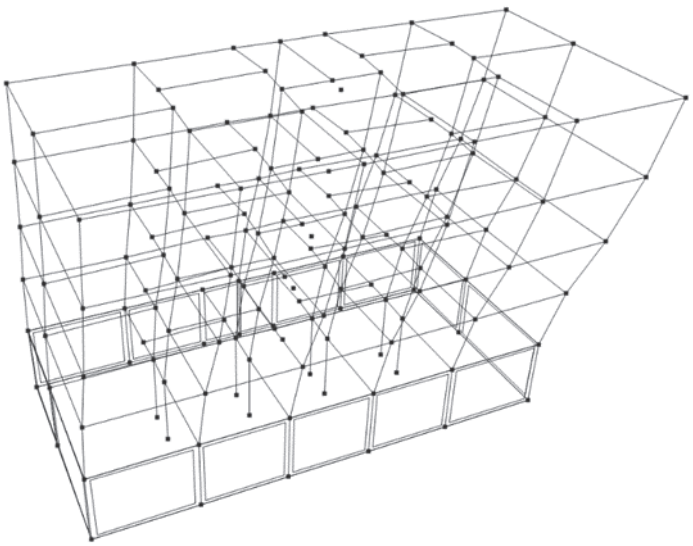
Şekil 4.23 3. Normal kat kolon ve kiriş eleman etiketleri

4.2.8 Mevcut Yapı Mod ve Periyot Değerleri

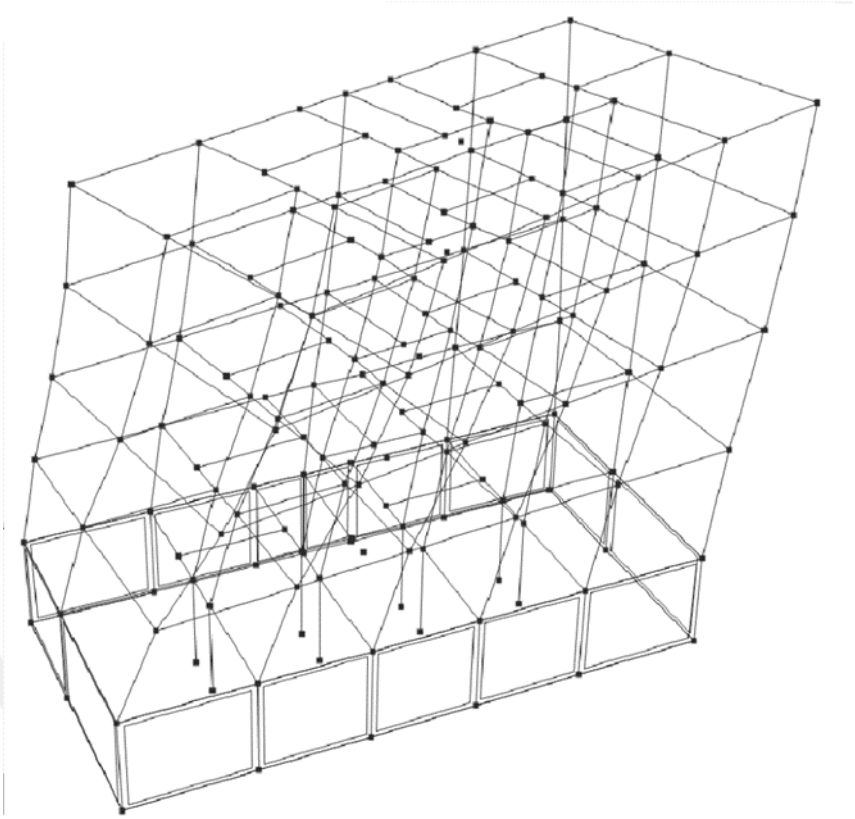
Mevcut yapının analizi sonucunda ortaya çıkan mod ve periyot değerleri Tablo 4.24'te verilmiştir. X doğrultusundaki ana periyot değeri Tx=0,364s ve mod numarası 3'tür ve Şekil 4.24'te gösterilmiştir. Y doğrultusundaki ana periyot değeri Ty=0,37s ve mod numarası 1'dir ve Şekil 4.25'te belirlenmiştir.

Tablo 4.24 Periyot ve kütle katılım oranları

Mod	Periyot (s)	X(H1)	Y(H2)	Z(V)	Toplam H1	Toplam H2	Toplam V
1	**0,370**	0,000	**0,650**	0,000	0,000	0,650	0,000
2	0,366	0,201	0,000	0,000	0,201	0,650	0,000
3	**0,364**	**0,446**	0,000	0,000	0,648	0,650	0,000
4	0,128	0,000	0,000	0,000	0,648	0,650	0,000
5	0,128	0,000	0,095	0,000	0,648	0,744	0,000
6	0,119	0,092	0,000	0,000	0,740	0,744	0,000
7	0,079	0,000	0,000	0,000	0,740	0,744	0,000
8	0,078	0,000	0,051	0,000	0,740	0,795	0,000
9	0,067	0,041	0,000	0,000	0,781	0,795	0,000
10	0,054	0,000	0,000	0,000	0,781	0,795	0,000
11	0,053	0,000	0,030	0,000	0,781	0,825	0,000
12	0,045	0,015	0,000	0,000	0,796	0,825	0,000



Şekil 4.24 Yapının X(H1) doğrultusundaki periyodu (3.mod)



Şekil 4.25 Yapının Y(H2) doğrultusundaki periyodu (1.mod)

4.2.9 Kolon ve Kiriş Elemanlarda Eğilme Tipi Hasar Dağılımları

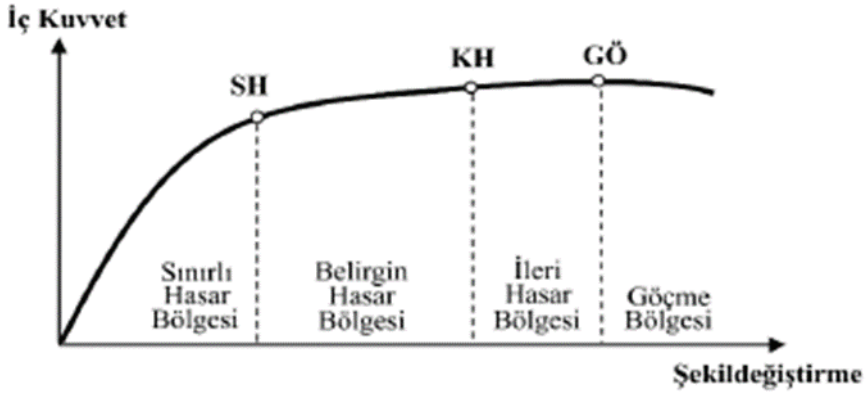
Mevcut betonarme yapının kolon ve kiriş elemanlarında deprem kuvvetlerinin binaya her iki doğrultuda ayrı ayrı etki ettirilmesinden elde edilen en olumsuz hasar dağılımları ve en olumsuz plastik dönme değerleri, 22 analiz sonucunun mutlak değerce ortalamaları alınarak belirlenir.

Sünek elemanlar için tanımlanmış üç hasar durumu ve bunlara karşılık gelen hasar sınırları; Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) olarak adlandırılmaktadır. Sınırlı Hasar (SH) durumunda, kesitte kontrollü bir seviyede elastik ötesi davranış sergilenmektedir. Kontrollü Hasar (KH) durumu, kesit dayanımının güvenli bir şekilde sağlandığı elastik ötesi davranışı ifade ederken, Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumu, kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışın gözlemlendiği bir durumu tanımlamaktadır. Bu sınıflandırma, gevrek olarak hasar gören elemanlar için geçerlilik taşımamaktadır. Her bir hasar durumu için tanımlanan plastik dönme sınır değerleri ise $\theta_P^{(SH)}$, $\theta_P^{(KH)}$ ve $\theta_P^{(GÖ)}$ şeklinde

ifade edilmektedir. Kesit hasar bölgeleri için yönetmelikte belirtilen sınırlar Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Deprem analizleri sonucunda betonarme elemanlardaki en kritik plastik dönme değeri $\theta_P^{(i)}$ belirlenir. Bu değer, daha önceden hesaplanmış olan kolon ve kiriş elemanlar için göçme öncesi sınır değeri olan $\theta_P^{(GÖ)}$ ile karşılaştırılır. Elde edilen sonuçlar, taşıyıcı elemanların hasar dağılımlarını belirlemek amacıyla kullanılır. Bu hesaplamalar için gerekli formüller aşağıdaki denklemler içinde verilmiştir. Kolonlar için 4.11 - 4.12 - 4.13 - 4.14 denklemlerine bakılacaktır. Kirişler için ise 4.15 - 4.16 - 4.17 - 4.18 denklemlerine bakılacaktır. Kesitler için ise hasar bölgeleri Şekil 4.36'da verilmiştir. Kolonlar için sınırlı hasar limiti değeri donatılar için verilen $\varepsilon_s^{(SH)}$=0,0075 değerinin $\varepsilon_s^{(GÖ)}$=0,032 değerine bölünmesi sonucunda bulunmuştur. Sınırlı hasar (SH) değeri 0,0075/0,032=0,234 çıkmaktadır.

Yapılan deprem analizi sonucunda bir sıra biçiminde Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da olmak üzere kolon ve kiriş elemanların sünek eleman kontrolü için göçme öncesi (GÖ), kontrollü hasar (KH) ve sınırlı hasar (SH) seviyeleri için performans kriteri kontrolü gösterilmiştir.



Şekil 4.26 Örnek Kesit hasar bölgeleri [1]

Kolonlar İçin Hasar bölgeleri;

$$0 < \frac{\theta p(i)}{\theta p^{(G\ddot{O})}} \leq \frac{\theta p^{(SH)}}{\theta p^{(G\ddot{O})}} = 0{,}234 \quad Kesit\ Sınırlı\ Hasar\ Bölgesinde\ (SHB) \qquad (4.11)$$

$$0{,}234 < \frac{\theta p(i)}{\theta p^{(G\ddot{O})}} \leq \frac{\theta p^{(KH)}}{\theta p^{(G\ddot{O})}} = 0{,}75 \quad Kesit\ Belirgin\ Hasar\ Bölgesinde\ (BHB) \qquad (4.12)$$

$$0{,}75 < \frac{\theta p(i)}{\theta p^{(G\ddot{O})}} \leq \frac{\theta p^{(G\ddot{O})}}{\theta p^{(G\ddot{O})}} = 1 \;\; Kesit\ İleri\ Hasar\ Bölgesinde\ (İHB) \qquad (4.13)$$

$$1 < \frac{\theta p(i)}{\theta p^{(G\ddot{O})}} \;\; Kesit\ Göçme\ Bölgesinde\ (GB) \qquad (4.14)$$

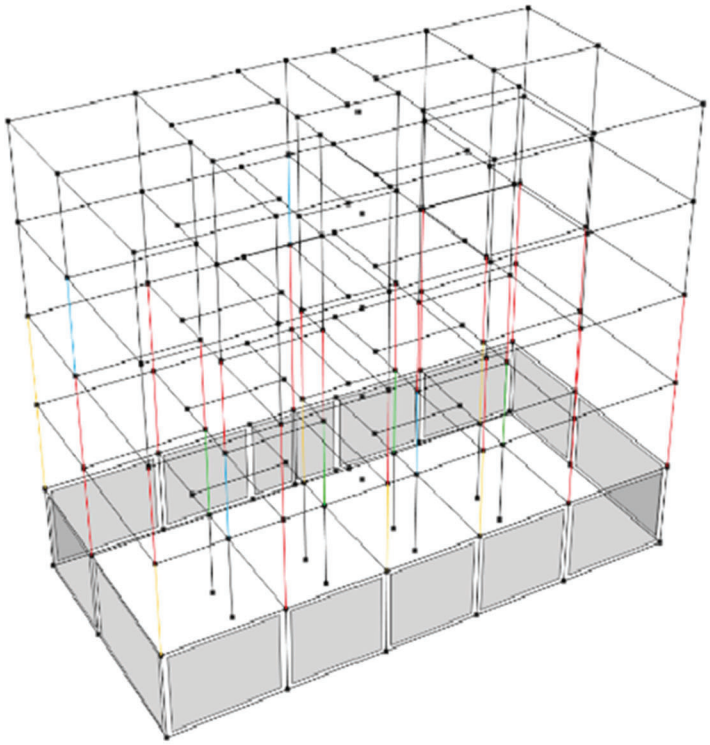
Kirişler için Hasar Bölgeleri;

$$\frac{\theta p^{(SH)}}{\theta p^{(G\ddot{O})}} = 0 \;\; Kesit\ Hasarsız - Sınırlı\ Hasar\ Bölgesinde\ (SHB) \qquad (4.15)$$

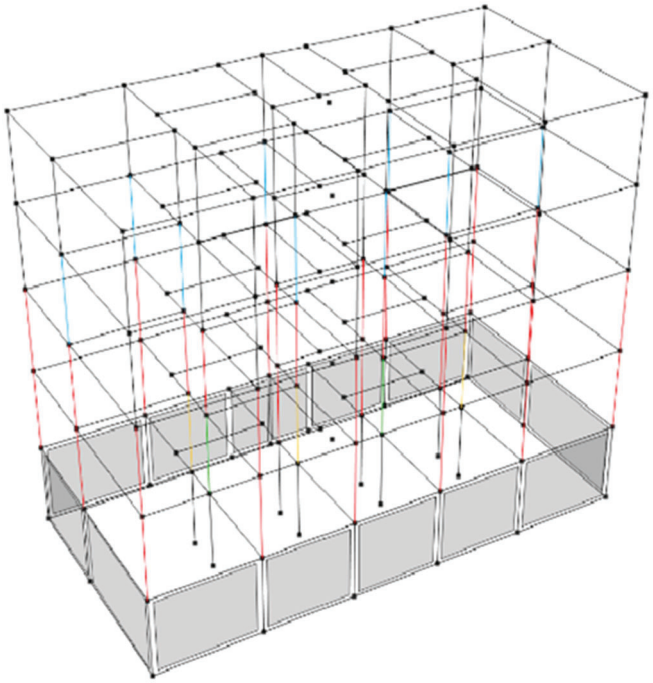
$$0 < \frac{\theta p(i)}{\theta p^{(G\ddot{O})}} \leq \frac{\theta p^{(KH)}}{\theta p^{(G\ddot{O})}} = 0{,}75 \;\; Kesit\ Belirgin\ Hasar\ Bölgesinde\ (BHB) \qquad (4.16)$$

$$0{,}75 < \frac{\theta p(i)}{\theta p^{(G\ddot{O})}} \leq \frac{\theta p^{(G\ddot{O})}}{\theta p^{(G\ddot{O})}} = 1 \;\; Kesit\ İleri\ Hasar\ Bölgesinde\ (İHB) \qquad (4.17)$$

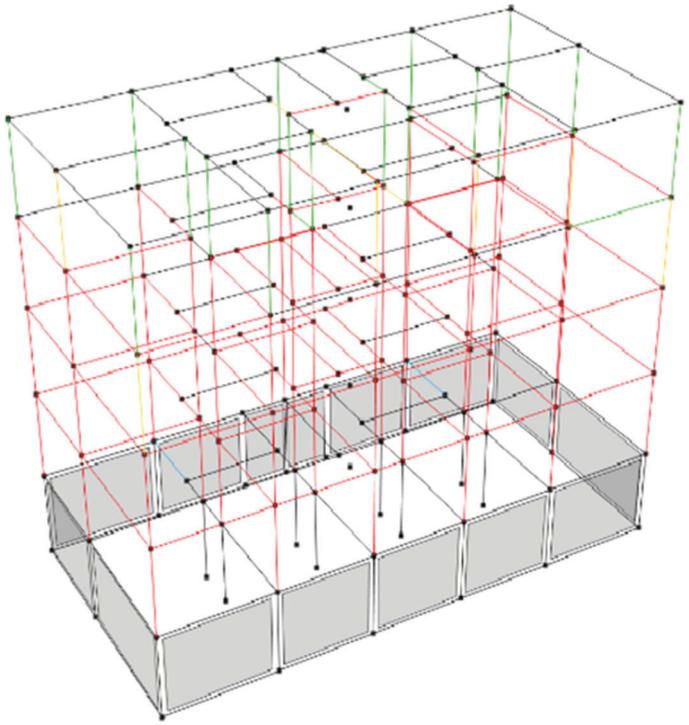
$$1 < \frac{\theta p(i)}{\theta p^{(G\ddot{O})}} \;\; Kesit\ Göçme\ Bölgesinde\ (GB) \qquad (4.18)$$



Şekil 4.27 Kolon ve kiriş elemanlarının DD-2 deprem düzeyi için göçme öncesi (GÖ) performans kriteri kontrolü (eğilme kontrolü)



Şekil 4.28 Kolon ve kiriş elemanlarının eğilme etkisinde kontrollü hasar (KH) performans kriteri kontrolü (eğilme kontrolü)



Şekil 4.29 Kolon ve kiriş elemanlarının eğilme etkisinde sınırlı hasar (SH) performans kriteri kontrolü (eğilme kontrolü)

4.2.9.1 Kolon Elemanların Bulundukları Katlara Göre Hasar Dağılımları

Zaman tanım alanında yapılan analiz sonucunda, düşey taşıyıcı elemanlar için eğilme tipi hasar dağılımları belirlenmiştir. Her kat için, tüm kolon elemanları için ayrıntılı hasar dağılımları aşağıdaki tablolarda tanımlanmıştır: Tablo 4.25, Tablo 4.26, Tablo 4.27, Tablo 4.28 ve Tablo 4.29. Bu tablolarda, hasar sınıfları ve hasar oranları detaylı bir şekilde yer almaktadır. Kolon hasar dağılımları, her kat için yüzdelik olarak Tablo 4.30'da sunulmuştur. Ayrıca, kolonların hasar dağılımlarını görsel olarak yansıtmak amacıyla Şekil 4.30, Şekil 4.31, Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34 grafikleri oluşturulmuştur.

Tablo 4.25 Bodrum kat kolonlarının hasar dağılımları

Kat No	Kolon No	Kolon Boyutu	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
Bodrum Kat	C10	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C11	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C12	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C13	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C14	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C15	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C16	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C44	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C47	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C19	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C20	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C21	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C22	C40X25-ELASTIC	0,000	SHB
Bodrum Kat	C23	C50X25-BKAT	0,061	SHB
Bodrum Kat	C24	C50X25-BKAT	0,054	SHB
Bodrum Kat	C25	C50X25-BKAT	0,102	SHB
Bodrum Kat	C26	C50X25-BKAT	0,106	SHB
Bodrum Kat	C45	C70X25-BKAT	0,063	SHB
Bodrum Kat	C48	C70X25-BKAT	0,063	SHB
Bodrum Kat	C46	C40X25-BKAT	0,061	SHB
Bodrum Kat	C49	C40X25-BKAT	0,069	SHB

Tablo 4.26 Zemin kat kolonlarının hasar dağılımları

Kat No	Kolon No	Kolon Boyutu	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	C10	C40X25	0,835	İHB
Zemin Kat	C11	C40X25	1,474	GB
Zemin Kat	C12	C40X25	1,746	GB
Zemin Kat	C13	C40X25	1,557	GB
Zemin Kat	C14	C40X25	1,173	GB
Zemin Kat	C15	C40X25	0,864	İHB
Zemin Kat	C16	C40X25	1,009	GB
Zemin Kat	C44	C40X25	0,897	İHB
Zemin Kat	C47	C40X25	0,897	İHB
Zemin Kat	C19	C40X25	1,048	GB
Zemin Kat	C20	C40X25	1,001	GB
Zemin Kat	C21	C40X25	1,394	GB
Zemin Kat	C22	C40X25	1,495	GB
Zemin Kat	C23	C50X25	0,671	BHB
Zemin Kat	C24	C50X25	0,814	İHB
Zemin Kat	C25	C50X25	0,528	BHB
Zemin Kat	C26	C50X25	0,597	BHB
Zemin Kat	C45	C70X25	0,762	İHB
Zemin Kat	C48	C70X25	0,691	BHB
Zemin Kat	C46	C40X25	0,532	BHB
Zemin Kat	C49	C40X25	0,494	BHB

Tablo 4.27 1. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları

Kat No	Kolon No	Kolon Boyutu	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
1.Normal Kat	C10	C40X25	0,779	İHB
1.Normal Kat	C11	C40X25	1,600	GB
1.Normal Kat	C12	C40X25	2,230	GB
1.Normal Kat	C13	C40X25	1,786	GB
1.Normal Kat	C14	C40X25	0,867	İHB
1.Normal Kat	C15	C40X25	0,961	İHB
1.Normal Kat	C16	C40X25	1,344	GB
1.Normal Kat	C44	C40X25	1,311	GB
1.Normal Kat	C47	C40X25	1,348	GB
1.Normal Kat	C19	C40X25	1,401	GB
1.Normal Kat	C20	C40X25	0,980	İHB
1.Normal Kat	C21	C40X25	1,513	GB
1.Normal Kat	C22	C40X25	1,470	GB
1.Normal Kat	C23	C50X25	1,407	GB
1.Normal Kat	C24	C50X25	1,407	GB
1.Normal Kat	C25	C50X25	1,288	GB

Tablo 4.27 1. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Devamı)

Kat No	Kolon No	Kolon Boyutu	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
1.Normal Kat	C26	C50X25	1,315	GB
1.Normal Kat	C45	C70X25	1,270	GB
1.Normal Kat	C48	C70X25	1,269	GB
1.Normal Kat	C46	C40X25	1,437	GB
1.Normal Kat	C49	C40X25	1,394	GB

Tablo 4.28 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları

Kat No	Kolon No	Kolon Boyutu	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	C10	C40X25	0,261	BHB
2.Normal Kat	C11	C40X25	0,314	BHB
2.Normal Kat	C12	C40X25	0,432	BHB
2.Normal Kat	C13	C40X25	0,379	BHB
2.Normal Kat	C14	C40X25	0,265	BHB
2.Normal Kat	C15	C40X25	0,244	BHB
2.Normal Kat	C16	C40X25	0,289	BHB
2.Normal Kat	C44	C40X25	0,288	BHB
2.Normal Kat	C47	C40X25	0,298	BHB
2.Normal Kat	C19	C40X25	0,280	BHB
2.Normal Kat	C20	C40X25	0,221	SHB
2.Normal Kat	C21	C40X25	0,419	BHB
2.Normal Kat	C22	C40X25	0,389	BHB
2.Normal Kat	C23	C50X25	0,316	BHB
2.Normal Kat	C24	C50X25	0,308	BHB
2.Normal Kat	C25	C50X25	0,283	BHB
2.Normal Kat	C26	C50X25	0,275	BHB
2.Normal Kat	C45	C70X25	0,265	BHB
2.Normal Kat	C48	C70X25	0,270	BHB
2.Normal Kat	C46	C40X25	0,339	BHB
2.Normal Kat	C49	C40X25	0,324	BHB

Tablo 4.29 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları

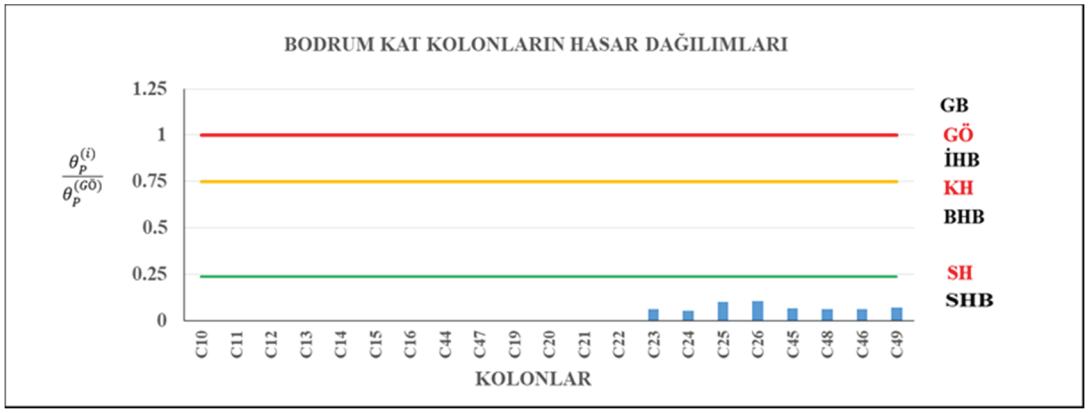
Kat No	Kolon No	Kolon Boyutu	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	C10	C25X25	0,181	SHB
3.Normal Kat	C11	C25X25	0,204	SHB
3.Normal Kat	C12	C25X25	0,197	SHB
3.Normal Kat	C13	C25X25	0,179	SHB
3.Normal Kat	C14	C25X25	0,181	SHB

Tablo 4.29 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Devamı)

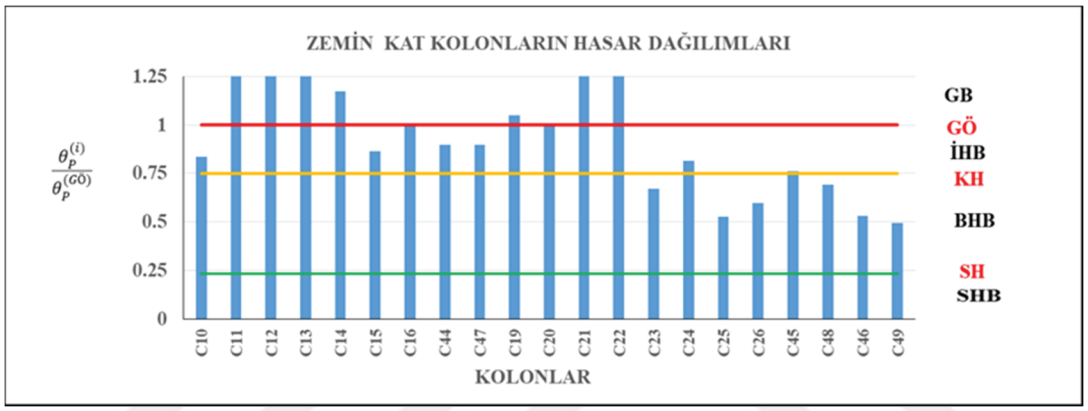
Kat No	Kolon No	Kolon Boyutu	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	C15	C25X25	0,169	SHB
3.Normal Kat	C16	C25X25	0,177	SHB
3.Normal Kat	C44	C25X25	0,192	SHB
3.Normal Kat	C47	C25X25	0,188	SHB
3.Normal Kat	C19	C25X25	0,188	SHB
3.Normal Kat	C20	C25X25	0,184	SHB
3.Normal Kat	C21	C25X25	0,199	SHB
3.Normal Kat	C22	C25X25	0,188	SHB
3.Normal Kat	C23	C50X25	0,176	SHB
3.Normal Kat	C24	C50X25	0,157	SHB
3.Normal Kat	C25	C50X25	0,159	SHB
3.Normal Kat	C26	C50X25	0,159	SHB
3.Normal Kat	C45	C70X25	0,150	SHB
3.Normal Kat	C48	C70X25	0,150	SHB
3.Normal Kat	C46	C25X25	0,174	SHB
3.Normal Kat	C49	C25X25	0,186	SHB

Tablo 4.30 Kolon elemanlarda eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları [%]

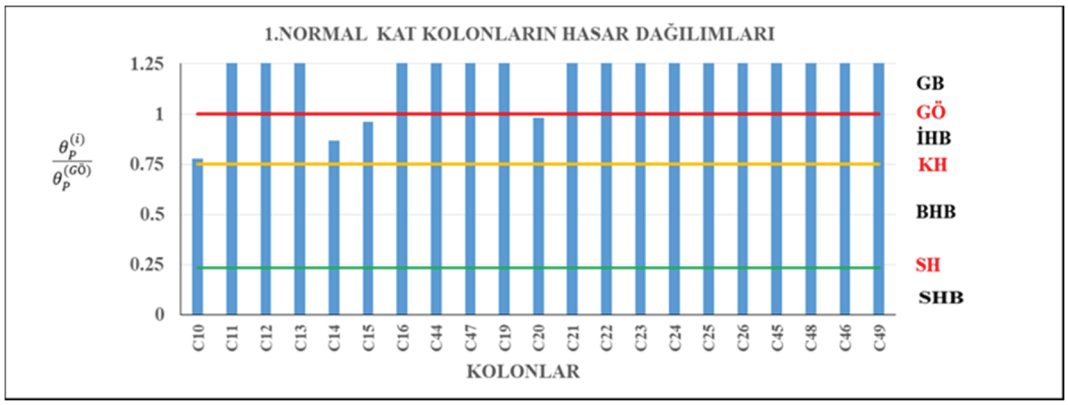
Kat No	SHB	BHB	İHB	GB	Toplam
3.Normal Kat	21 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
2.Normal Kat	1 (4,76%)	20 (95,24%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
1.Normal Kat	0 (0,00%)	0 (0,00%)	4 (19,05%)	17 (80,95%)	21 (100%)
Zemin Kat	0 (0,00%)	6 (28,57%)	6 (28,57%)	9 (42,86%)	21 (100%)
Bodrum Kat	21 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0.00%)	0 (0,00%)	21 (100%)



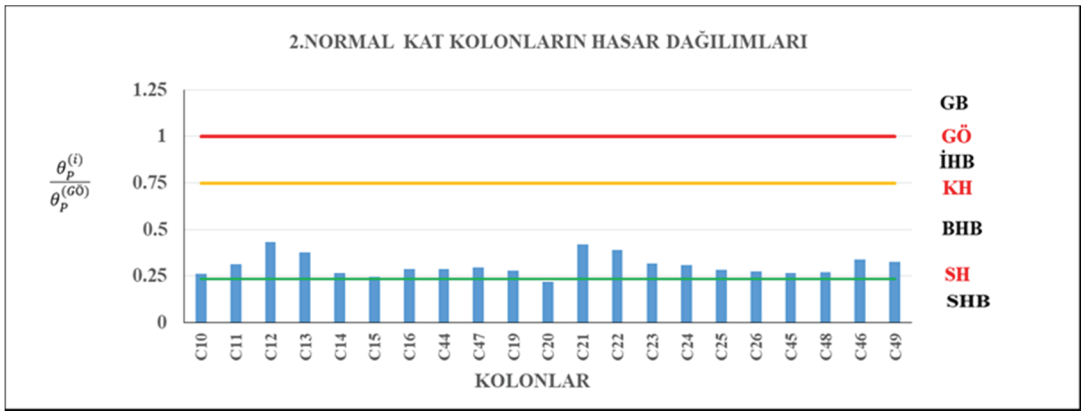
Şekil 4.30 Bodrum kat kolonları hasar dağılım grafiği



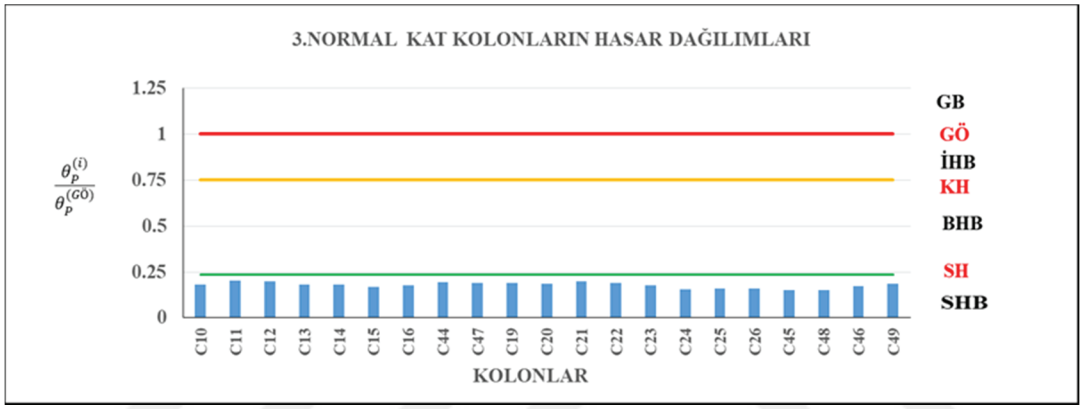
Şekil 4.31 Zemin kat kolonları hasar dağılım grafiği



Şekil 4.32 1. Normal kat kolonları hasar dağılım grafiği



Şekil 4.33 2. Normal kat kolonları hasar dağılım grafiği



Şekil 4.34 3. Normal kat kolonları hasar dağılım grafiği

4.2.9.2 Kiriş Elemanların Bulundukları Katlara Göre Hasar Dağılımları

Yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucunda yatay taşıyıcı elemanların hasar dağılımları belirlenmiştir. Bu çalışmada, TBDY-2018 standartlarına uyularak kiriş elemanları için hasar oranları belirlenmiş ve Tablo 4.31, Tablo 4.32, Tablo 4.33, Tablo 4.34 ve Tablo 4.35'te bu dağılımlar detaylı olarak sunulmuştur. Ayrıca, kirişlerin her kat için hasar sınıflarına göre yüzdelik hasar sınırları Tablo 4.36'da verilmiştir. Ayrıca, kirişlerin hasar dağılımlarını görsel olarak yansıtmak amacıyla Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37, Şekil 4.38 ve Şekil 4.39 grafikleri oluşturulmuştur.

Tablo 4.31 Bodrum kat kirişlerinin hasar dağılımları

Kat No	Kiriş No	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
Bodrum Kat	B39	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B57	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B68	0,01	BHB
Bodrum Kat	B69	0,01	BHB
Bodrum Kat	B66	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B41	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B26	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B27	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B74	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B75	0,01	BHB
Bodrum Kat	B52	0,01	BHB
Bodrum Kat	B53	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B70	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B71	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B61	0,01	BHB
Bodrum Kat	B62	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B72	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B73	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B34	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B35	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B76	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B77	0,01	BHB
Bodrum Kat	B38	0,01	BHB
Bodrum Kat	B58	0,00	Hasarsız
Bodrum Kat	B67	0,00	Hasarsız

Tablo 4.32 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları

Kat No	Kiriş No	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	B13	0,16	BHB
Zemin Kat	B50	0,07	BHB
Zemin Kat	B59	0,05	BHB
Zemin Kat	B60	0,07	BHB
Zemin Kat	B17	0,17	BHB
Zemin Kat	B18	0,15	BHB
Zemin Kat	B19	0,16	BHB
Zemin Kat	B20	0,16	BHB
Zemin Kat	B78	0,02	BHB
Zemin Kat	B79	0,01	BHB
Zemin Kat	B80	0,01	BHB

Tablo 4.32 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları (Devamı)

Kat No	Kiriş No	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	B81	0,03	BHB
Zemin Kat	B23	0,15	BHB
Zemin Kat	B24	0,15	BHB
Zemin Kat	B25	0,16	BHB
Zemin Kat	B26	0,14	BHB
Zemin Kat	B27	0,02	BHB
Zemin Kat	B74	0,01	BHB
Zemin Kat	B75	0,14	BHB
Zemin Kat	B52	0,15	BHB
Zemin Kat	B53	0,05	BHB
Zemin Kat	B70	0,01	BHB
Zemin Kat	B71	0,06	BHB
Zemin Kat	B61	0,15	BHB
Zemin Kat	B62	0,04	BHB
Zemin Kat	B34	0,15	BHB
Zemin Kat	B35	0,02	BHB
Zemin Kat	B76	0,01	BHB
Zemin Kat	B77	0,14	BHB
Zemin Kat	B72	0,01	BHB
Zemin Kat	B73	0,06	BHB
Zemin Kat	B38	0,10	BHB
Zemin Kat	B39	0,17	BHB
Zemin Kat	B68	0,15	BHB
Zemin Kat	B69	0,16	BHB
Zemin Kat	B41	0,18	BHB
Zemin Kat	B56	0,12	BHB
Zemin Kat	B65	0,12	BHB
Zemin Kat	B57	0,00	Hasarsız
Zemin Kat	B66	0,00	Hasarsız

Tablo 4.33 1. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları

Kat No	Kiriş No	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
1.Normal Kat	B13	0,10	BHB
1.Normal Kat	B50	0,02	BHB
1.Normal Kat	B59	0,01	BHB
1.Normal Kat	B60	0,02	BHB
1.Normal Kat	B17	0,09	BHB
1.Normal Kat	B18	0,10	BHB
1.Normal Kat	B19	0,10	BHB
1.Normal Kat	B20	0,08	BHB
1.Normal Kat	B78	0,01	BHB
1.Normal Kat	B79	0,01	BHB
1.Normal Kat	B80	0,01	BHB
1.Normal Kat	B81	0,01	BHB
1.Normal Kat	B23	0,08	BHB
1.Normal Kat	B24	0,10	BHB
1.Normal Kat	B25	0,10	BHB
1.Normal Kat	B26	0,11	BHB
1.Normal Kat	B27	0,00	Hasarsız
1.Normal Kat	B74	0,02	BHB
1.Normal Kat	B75	0,09	BHB
1.Normal Kat	B52	0,11	BHB
1.Normal Kat	B53	0,02	BHB
1.Normal Kat	B70	0,02	BHB
1.Normal Kat	B71	0,02	BHB
1.Normal Kat	B61	0,11	BHB
1.Normal Kat	B62	0,01	BHB
1.Normal Kat	B34	0,11	BHB
1.Normal Kat	B35	0,01	BHB
1.Normal Kat	B76	0,02	BHB
1.Normal Kat	B77	0,09	BHB
1.Normal Kat	B72	0,02	BHB
1.Normal Kat	B73	0,02	BHB
1.Normal Kat	B38	0,05	BHB
1.Normal Kat	B39	0,12	BHB
1.Normal Kat	B68	0,15	BHB
1.Normal Kat	B69	0,15	BHB
1.Normal Kat	B41	0,12	BHB
1.Normal Kat	B56	0,12	BHB
1.Normal Kat	B65	0,11	BHB
1.Normal Kat	B57	0,00	Hasarsız
1.Normal Kat	B66	0,00	Hasarsız

Tablo 4.34 2. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları

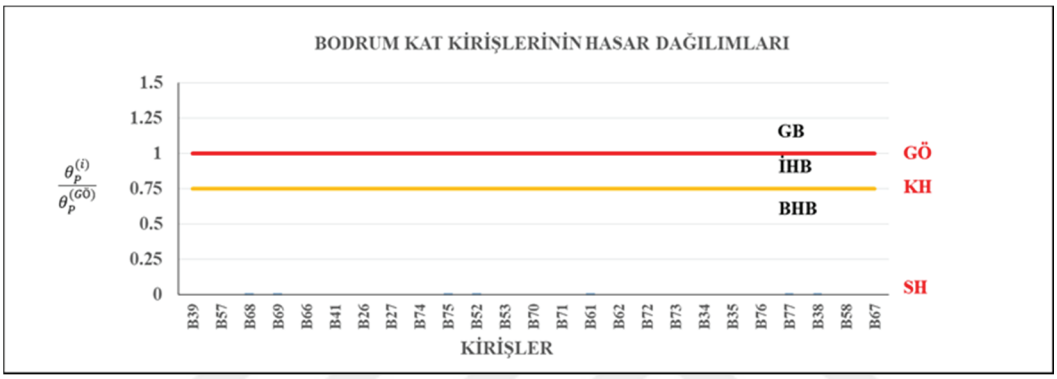
Kat No	Kiriş No	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	B13	0,01	BHB
2.Normal Kat	B50	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B59	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B60	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B17	0,01	BHB
2.Normal Kat	B18	0,02	BHB
2.Normal Kat	B19	0,01	BHB
2.Normal Kat	B20	0,01	BHB
2.Normal Kat	B78	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B79	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B80	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B81	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B23	0,01	BHB
2.Normal Kat	B24	0,02	BHB
2.Normal Kat	B25	0,01	BHB
2.Normal Kat	B26	0,03	BHB
2.Normal Kat	B27	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B74	0,01	BHB
2.Normal Kat	B75	0,02	BHB
2.Normal Kat	B52	0,03	BHB
2.Normal Kat	B53	0,01	BHB
2.Normal Kat	B70	0,01	BHB
2.Normal Kat	B71	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B61	0,03	BHB
2.Normal Kat	B62	0,01	BHB
2.Normal Kat	B34	0,02	BHB
2.Normal Kat	B35	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B76	0,01	BHB
2.Normal Kat	B77	0,02	BHB
2.Normal Kat	B72	0,01	BHB
2.Normal Kat	B73	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B38	0,00	BHB
2.Normal Kat	B39	0,04	BHB
2.Normal Kat	B68	0,06	BHB
2.Normal Kat	B69	0,06	BHB
2.Normal Kat	B41	0,04	BHB
2.Normal Kat	B56	0,04	BHB
2.Normal Kat	B65	0,04	BHB
2.Normal Kat	B57	0,00	Hasarsız
2.Normal Kat	B66	0,00	Hasarsız

Tablo 4.35 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları

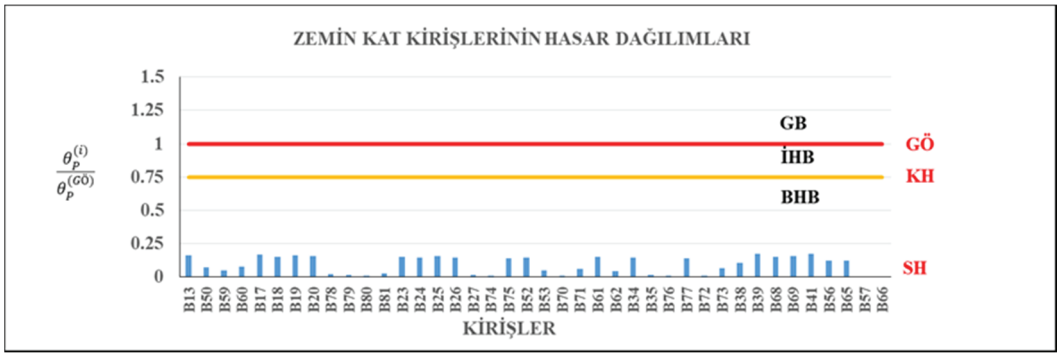
Kat No	Kiriş No	Hasar Oranı	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	B13	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B50	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B59	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B60	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B17	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B18	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B19	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B20	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B78	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B79	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B80	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B81	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B23	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B24	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B25	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B26	0,01	BHB
3.Normal Kat	B27	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B74	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B75	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B52	0,01	BHB
3.Normal Kat	B53	0,01	BHB
3.Normal Kat	B70	0,01	BHB
3.Normal Kat	B71	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B61	0,01	BHB
3.Normal Kat	B62	0,01	BHB
3.Normal Kat	B34	0,01	BHB
3.Normal Kat	B35	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B76	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B77	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B72	0,01	BHB
3.Normal Kat	B73	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B38	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B39	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B68	0.01	BHB
3.Normal Kat	B69	0.01	BHB
3.Normal Kat	B41	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B56	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B65	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B57	0,00	Hasarsız
3.Normal Kat	B66	0,00	Hasarsız

Tablo 4.36 Kiriş elemanlarda eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları [%]

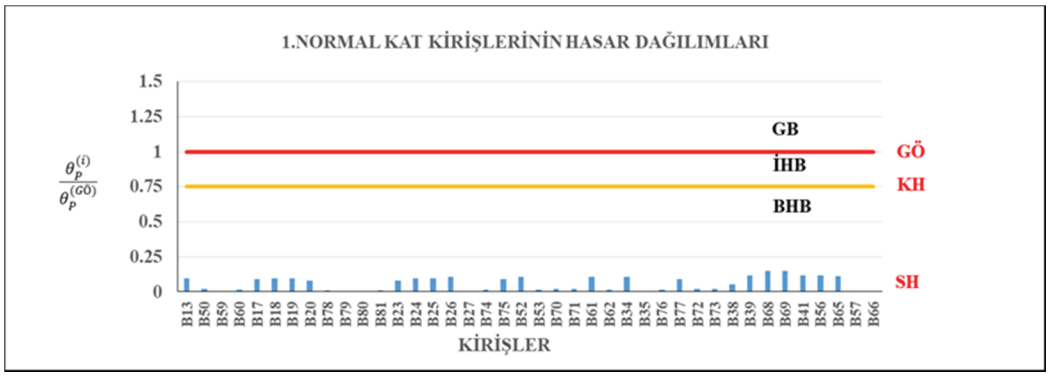
Kat No	Hasarsız (SHB)	BHB	İHB	GB	Toplam
3.Normal Kat	30 (75,00%)	10 (25,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	40 (100%)
2.Normal Kat	13 (32,50%)	27 (67,50%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	40 (100%)
1.Normal Kat	3 (7,50%)	37 (92,50%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	40 (100%)
Zemin Kat	2 (5,00%)	38 (95,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	40 (100%)
Bodrum Kat	18 (72,00%)	7 (28,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	25 (100%)



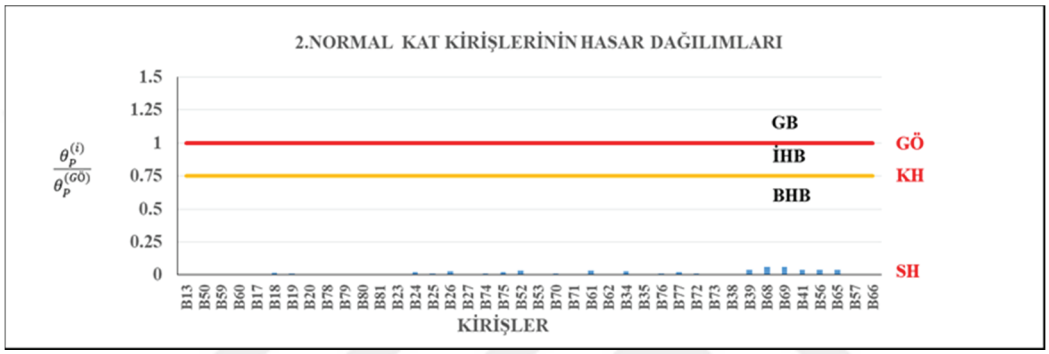
Şekil 4.35 Bodrum kat kirişleri hasar dağılım grafiği



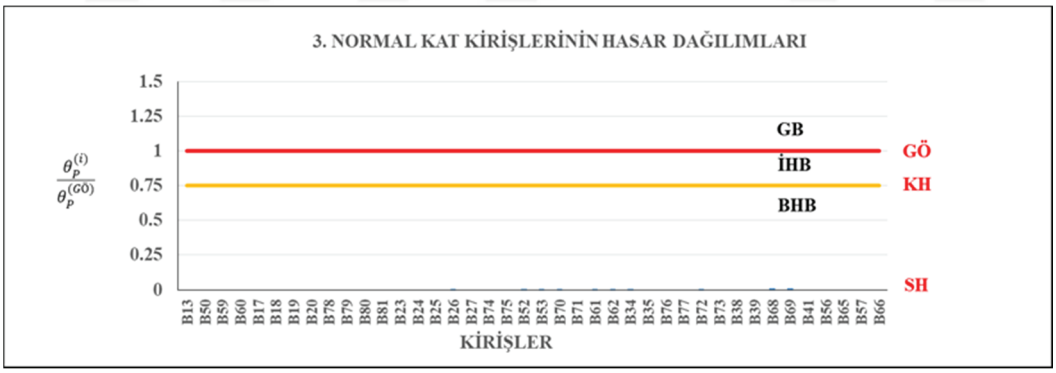
Şekil 4.36 Zemin kat kirişleri hasar dağılım grafiği



Şekil 4.37 1. Normal kat kirişleri hasar dağılım grafiği



Şekil 4.38 2. Normal kat kirişleri hasar dağılım grafiği



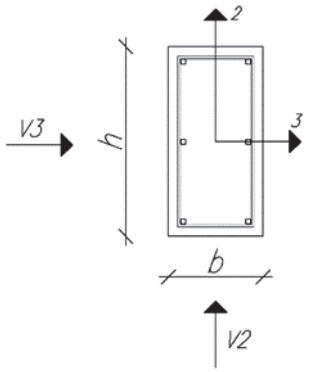
Şekil 4.39 3. Normal kat kirişleri hasar dağılım grafiği

4.2.10 Kolon ve Kiriş Elemanların Kesmede Etki/Kapasite Oranları

Zaman tanım kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılmasıyla DD-2 deprem düzeyi için yapılan analiz sonuçlarına göre, kolon ve kiriş elemanları için kesme kuvveti kontrol edilmiştir. Bu kontrol, kolon ve kiriş elemanlarında gevrek kırılmanın incelenmesi açısından önemlidir.

4.2.10.1 Betonarme Kolon Elemanların Kesme Kuvveti Kontrolü

Mevcut yapının betonarme kolon elemanları üzerinde yapılan kesme kuvveti kontrolü hesabı, Yönetmelik TBDY-2018 ve TS-500'deki adımlar takip edilerek detaylı olarak yapılmıştır. Tablo 4.37, Tablo 4.38, Tablo 4.39, Tablo 4.40 ve Tablo 4.41'de bu hesaplara ilişkin veriler sunulmuştur. Kolon elemanların yatay yüklerden kaynaklanan kesme kuvvetine karşı bodrum, 2. Normal kat ve 3. Normal katta istenilen düzeyde dayanım gösterdiği görülmüştür. Ancak zemin ve 1. Normal katta bu düzeyde dayanım göstermediği belirlenmiştir. Kolon ve kiriş elemanları için kesme kuvveti gösterimi Şekil 4.40'ta gösterilmiştir. Kesme kuvveti kontrolü için grafikler de Şekil 4.41, Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44, Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.47, Şekil 4.48, Şekil 4.49 ve Şekil 4.50'de sunulmuştur.



Şekil 4.40 Kolon ve kiriş kesme kuvveti gösterimi

Kesme kontrolü hesabında kullanılan veriler:

Beton sınıfı f_{cm} = 15 Mpa dikkate alınmıştır. f_{ctm}= 1,355 Mpa alınmıştır.

Donatı çeliği f_{yk} = 165 Mpa dikkate alınmıştır.

Tablo 4.37 Bodrum kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
Bodrum Kat	C10	C40X25	Major	59,19	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,74	Uygun
Bodrum Kat	C11	C40X25	Major	39,82	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,50	Uygun
Bodrum Kat	C12	C40X25	Major	57,74	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,72	Uygun
Bodrum Kat	C13	C40X25	Major	40,30	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,50	Uygun
Bodrum Kat	C14	C40X25	Major	60,58	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,76	Uygun

Tablo 4.37 Bodrum kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
Bodrum Kat	C15	C40X25	Major	58,26	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,73	Uygun
Bodrum Kat	C16	C40X25	Major	34,32	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,43	Uygun
Bodrum Kat	C19	C40X25	Major	34,17	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,43	Uygun
Bodrum Kat	C20	C40X25	Major	59,38	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,74	Uygun
Bodrum Kat	C21	C40X25	Major	37,73	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,47	Uygun
Bodrum Kat	C22	C40X25	Major	38,26	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,48	Uygun
Bodrum Kat	C23	C50X25	Major	26,29	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,26	Uygun
Bodrum Kat	C24	C50X25	Major	25,95	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,25	Uygun
Bodrum Kat	C25	C50X25	Major	59,10	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,58	Uygun
Bodrum Kat	C26	C50X25	Major	57,96	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,57	Uygun
Bodrum Kat	C44	C40X25	Major	30,32	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,38	Uygun
Bodrum Kat	C45	C70X25	Major	61,13	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,42	Uygun
Bodrum Kat	C46	C40X25	Major	11,19	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,14	Uygun
Bodrum Kat	C47	C40X25	Major	30,09	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,38	Uygun
Bodrum Kat	C48	C70X25	Major	61,04	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,41	Uygun
Bodrum Kat	C49	C40X25	Major	11,68	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,15	Uygun
Bodrum Kat	C10	C40X25	Minör	36,17	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,52	Uygun
Bodrum Kat	C11	C40X25	Minör	31,69	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,46	Uygun
Bodrum Kat	C12	C40X25	Minör	44,67	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,65	Uygun
Bodrum Kat	C13	C40X25	Minör	31,76	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,46	Uygun
Bodrum Kat	C14	C40X25	Minör	36,12	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,52	Uygun
Bodrum Kat	C15	C40X25	Minör	35,99	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,52	Uygun
Bodrum Kat	C16	C40X25	Minör	32,00	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,46	Uygun
Bodrum Kat	C19	C40X25	Minör	31,94	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,46	Uygun
Bodrum Kat	C20	C40X25	Minör	35,02	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,51	Uygun
Bodrum Kat	C21	C40X25	Minör	24,50	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,36	Uygun
Bodrum Kat	C22	C40X25	Minör	24,94	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,36	Uygun
Bodrum Kat	C23	C50X25	Minör	5,79	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,07	Uygun
Bodrum Kat	C24	C50X25	Minör	5,62	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,07	Uygun
Bodrum Kat	C25	C50X25	Minör	4,27	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,05	Uygun
Bodrum Kat	C26	C50X25	Minör	4,26	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,05	Uygun
Bodrum Kat	C44	C40X25	Minör	32,08	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,46	Uygun
Bodrum Kat	C45	C70X25	Minör	8,09	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,07	Uygun
Bodrum Kat	C46	C40X25	Minör	14,56	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,21	Uygun
Bodrum Kat	C47	C40X25	Minör	32,66	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,47	Uygun
Bodrum Kat	C48	C70X25	Minör	8,32	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,07	Uygun
Bodrum Kat	C49	C40X25	Minör	14,89	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,22	Uygun

Tablo 4.38 Zemin kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
Zemin Kat	C10	C40X25	Major	78,13	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,97	Uygun
Zemin Kat	C11	C40X25	Major	76,31	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,95	Uygun
Zemin Kat	C12	C40X25	Major	98,91	Ø6/20	74,01	9,80	80	1,23	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C13	C40X25	Major	76,65	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,96	Uygun
Zemin Kat	C14	C40X25	Major	79,79	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,99	Uygun
Zemin Kat	C15	C40X25	Major	78,26	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,98	Uygun
Zemin Kat	C16	C40X25	Major	71,05	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,89	Uygun
Zemin Kat	C19	C40X25	Major	72,01	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,90	Uygun
Zemin Kat	C20	C40X25	Major	79,89	Ø6/20	74,01	9,80	80	1,00	Uygun
Zemin Kat	C21	C40X25	Major	87,79	Ø6/20	74,01	9,80	80	1,09	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C22	C40X25	Major	88,01	Ø6/20	74,01	9,80	80	1,10	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C23	C50X25	Major	71,58	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,70	Uygun
Zemin Kat	C24	C50X25	Major	72,85	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,71	Uygun
Zemin Kat	C25	C50X25	Major	51,79	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,51	Uygun
Zemin Kat	C26	C50X25	Major	53,65	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,52	Uygun
Zemin Kat	C44	C40X25	Major	70,85	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,88	Uygun
Zemin Kat	C45	C70X25	Major	111,51	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,76	Uygun
Zemin Kat	C46	C40X25	Major	72,49	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,90	Uygun
Zemin Kat	C47	C40X25	Major	70,79	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,88	Uygun
Zemin Kat	C48	C70X25	Major	111,55	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,76	Uygun
Zemin Kat	C49	C40X25	Major	72,27	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,90	Uygun
Zemin Kat	C10	C40X25	Minör	67,45	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,98	Uygun
Zemin Kat	C11	C40X25	Minör	83,89	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,22	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C12	C40X25	Minör	84,37	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,22	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C13	C40X25	Minör	83,55	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,21	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C14	C40X25	Minör	67,92	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,98	Uygun
Zemin Kat	C15	C40X25	Minör	70,31	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,02	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C16	C40X25	Minör	77,54	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,12	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C19	C40X25	Minör	78,52	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,14	Gevrek Kırılma

Tablo 4.38 Zemin kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
Zemin Kat	C20	C40X25	Minör	69,67	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,01	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C21	C40X25	Minör	76,31	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,11	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C22	C40X25	Minör	77,53	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,12	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C23	C50X25	Minör	52,16	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,62	Uygun
Zemin Kat	C24	C50X25	Minör	51,95	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,62	Uygun
Zemin Kat	C25	C50X25	Minör	53,36	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,64	Uygun
Zemin Kat	C26	C50X25	Minör	53,01	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,63	Uygun
Zemin Kat	C44	C40X25	Minör	75,58	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,10	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C45	C70X25	Minör	59,98	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,53	Uygun
Zemin Kat	C46	C40X25	Minör	26,50	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,38	Uygun
Zemin Kat	C47	C40X25	Minör	76,74	Ø6/20	79,30	16,79	69	1,11	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	C48	C70X25	Minör	61,09	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,54	Uygun
Zemin Kat	C49	C40X25	Minör	26,83	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,39	Uygun

Tablo 4.39 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
1.Normal Kat	C10	C40X25	Major	53,87	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,67	Uygun
1.Normal Kat	C11	C40X25	Major	64,06	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,80	Uygun
1.Normal Kat	C12	C40X25	Major	76,95	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,96	Uygun
1.Normal Kat	C13	C40X25	Major	63,14	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,79	Uygun
1.Normal Kat	C14	C40X25	Major	55,57	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,69	Uygun
1.Normal Kat	C15	C40X25	Major	57,85	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,72	Uygun
1.Normal Kat	C16	C40X25	Major	59,37	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,74	Uygun
1.Normal Kat	C19	C40X25	Major	59,68	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,74	Uygun
1.Normal Kat	C20	C40X25	Major	57,97	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,72	Uygun
1.Normal Kat	C21	C40X25	Major	48,35	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,60	Uygun
1.Normal Kat	C22	C40X25	Major	48,30	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,60	Uygun
1.Normal Kat	C23	C50X25	Major	86,99	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,85	Uygun
1.Normal Kat	C24	C50X25	Major	86,35	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,84	Uygun
1.Normal Kat	C25	C50X25	Major	82,37	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,80	Uygun
1.Normal Kat	C26	C50X25	Major	79,29	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,77	Uygun

Tablo 4.39 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
1.Normal Kat	C44	C40X25	Major	56,85	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,71	Uygun
1.Normal Kat	C45	C70X25	Major	172,00	Ø6/20	129,52	9,80	147	1,17	Gevrek Kırılma
1.Normal Kat	C46	C40X25	Major	72,67	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,91	Uygun
1.Normal Kat	C47	C40X25	Major	57,13	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,71	Uygun
1.Normal Kat	C48	C70X25	Major	174,11	Ø6/20	129,52	9,80	147	1,18	Gevrek Kırılma
1.Normal Kat	C49	C40X25	Major	72,96	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,91	Uygun
1.Normal Kat	C10	C40X25	Minör	29,46	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,43	Uygun
1.Normal Kat	C11	C40X25	Minör	45,78	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,66	Uygun
1.Normal Kat	C12	C40X25	Minör	47,66	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,69	Uygun
1.Normal Kat	C13	C40X25	Minör	45,79	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,66	Uygun
1.Normal Kat	C14	C40X25	Minör	30,01	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,43	Uygun
1.Normal Kat	C15	C40X25	Minör	32,99	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,48	Uygun
1.Normal Kat	C16	C40X25	Minör	45,66	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,66	Uygun
1.Normal Kat	C19	C40X25	Minör	45,39	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,66	Uygun
1.Normal Kat	C20	C40X25	Minör	32,99	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,48	Uygun
1.Normal Kat	C21	C40X25	Minör	48,60	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,70	Uygun
1.Normal Kat	C22	C40X25	Minör	47,68	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,69	Uygun
1.Normal Kat	C23	C50X25	Minör	48,79	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,58	Uygun
1.Normal Kat	C24	C50X25	Minör	48,45	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,58	Uygun
1.Normal Kat	C25	C50X25	Minör	48,76	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,58	Uygun
1.Normal Kat	C26	C50X25	Minör	47,91	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,57	Uygun
1.Normal Kat	C44	C40X25	Minör	43,09	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,62	Uygun
1.Normal Kat	C45	C70X25	Minör	60,00	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,53	Uygun
1.Normal Kat	C46	C40X25	Minör	29,95	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,43	Uygun
1.Normal Kat	C47	C40X25	Minör	43,47	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,63	Uygun
1.Normal Kat	C48	C70X25	Minör	60,28	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,53	Uygun
1.Normal Kat	C49	C40X25	Minör	30,05	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,44	Uygun

Tablo 4.40 2. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
2.Normal Kat	C10	C40X25	Major	37,16	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C11	C40X25	Major	45,32	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,56	Uygun
2.Normal Kat	C12	C40X25	Major	60,99	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,76	Uygun
2.Normal Kat	C13	C40X25	Major	45,39	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,57	Uygun
2.Normal Kat	C14	C40X25	Major	37,09	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C15	C40X25	Major	37,53	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,47	Uygun
2.Normal Kat	C16	C40X25	Major	40,39	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,50	Uygun
2.Normal Kat	C19	C40X25	Major	40,47	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,50	Uygun
2.Normal Kat	C20	C40X25	Major	37,81	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,47	Uygun
2.Normal Kat	C21	C40X25	Major	46,65	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,58	Uygun
2.Normal Kat	C22	C40X25	Major	48,07	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,60	Uygun
2.Normal Kat	C23	C50X25	Major	64,87	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,63	Uygun
2.Normal Kat	C24	C50X25	Major	64,49	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,63	Uygun
2.Normal Kat	C25	C50X25	Major	53,91	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,53	Uygun
2.Normal Kat	C26	C50X25	Major	55,01	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,54	Uygun
2.Normal Kat	C44	C40X25	Major	40,00	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,50	Uygun
2.Normal Kat	C45	C70X25	Major	104,69	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,71	Uygun
2.Normal Kat	C46	C40X25	Major	62,32	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,78	Uygun
2.Normal Kat	C47	C40X25	Major	40,01	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,50	Uygun
2.Normal Kat	C48	C70X25	Major	105,58	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,72	Uygun
2.Normal Kat	C49	C40X25	Major	62,55	Ø6/20	74,01	9,80	80	0,78	Uygun
2.Normal Kat	C10	C40X25	Minör	27,77	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,40	Uygun
2.Normal Kat	C11	C40X25	Minör	37,09	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,54	Uygun
2.Normal Kat	C12	C40X25	Minör	38,83	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,56	Uygun
2.Normal Kat	C13	C40X25	Minör	37,23	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,54	Uygun
2.Normal Kat	C14	C40X25	Minör	28,22	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,41	Uygun
2.Normal Kat	C15	C40X25	Minör	31,03	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,45	Uygun
2.Normal Kat	C16	C40X25	Minör	36,46	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,53	Uygun
2.Normal Kat	C19	C40X25	Minör	36,67	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,53	Uygun
2.Normal Kat	C20	C40X25	Minör	31,62	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C21	C40X25	Minör	37,56	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,54	Uygun
2.Normal Kat	C22	C40X25	Minör	37,01	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,54	Uygun
2.Normal Kat	C23	C50X25	Minör	39,75	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,47	Uygun
2.Normal Kat	C24	C50X25	Minör	39,32	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,47	Uygun
2.Normal Kat	C25	C50X25	Minör	38,44	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C26	C50X25	Minör	38,67	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C44	C40X25	Minör	34,83	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,50	Uygun
2.Normal Kat	C45	C70X25	Minör	51,18	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,45	Uygun

Tablo 4.40 2. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
2.Normal Kat	C46	C40X25	Minör	25,30	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,37	Uygun
2.Normal Kat	C47	C40X25	Minör	34,94	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,51	Uygun
2.Normal Kat	C48	C70X25	Minör	50,50	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,45	Uygun
2.Normal Kat	C49	C40X25	Minör	25,32	Ø6/20	79,30	16,79	69	0,37	Uygun

Tablo 4.41 3. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü

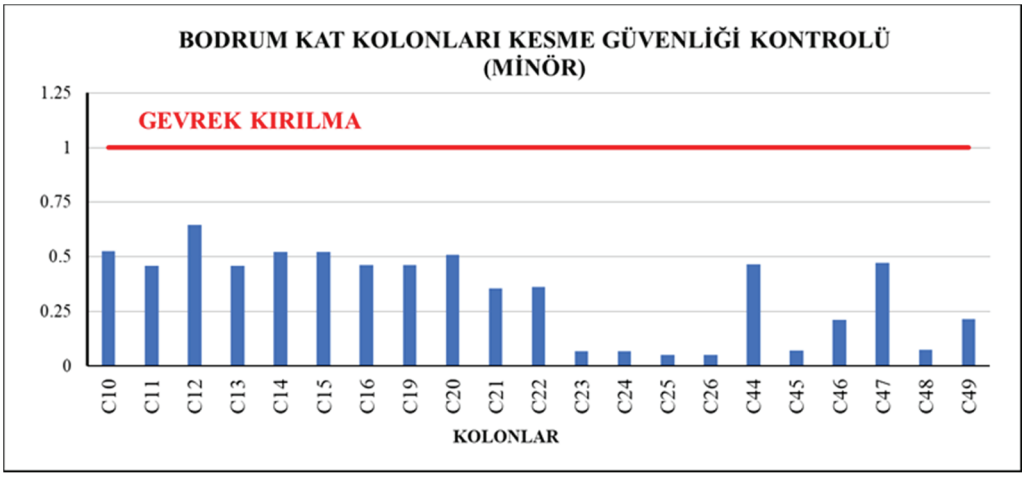
Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
3.Normal Kat	C10	C25X25	Major	15,47	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,33	Uygun
3.Normal Kat	C11	C25X25	Major	19,14	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,41	Uygun
3.Normal Kat	C12	C25X25	Major	19,40	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,41	Uygun
3.Normal Kat	C13	C25X25	Major	19,23	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,41	Uygun
3.Normal Kat	C14	C25X25	Major	15,45	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,33	Uygun
3.Normal Kat	C15	C25X25	Major	16,29	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,35	Uygun
3.Normal Kat	C16	C25X25	Major	17,58	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,38	Uygun
3.Normal Kat	C19	C25X25	Major	17,60	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,38	Uygun
3.Normal Kat	C20	C25X25	Major	16,10	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,34	Uygun
3.Normal Kat	C21	C25X25	Major	16,87	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,36	Uygun
3.Normal Kat	C22	C25X25	Major	16,13	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,34	Uygun
3.Normal Kat	C23	C50X25	Major	41,27	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,40	Uygun
3.Normal Kat	C24	C50X25	Major	41,80	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,41	Uygun
3.Normal Kat	C25	C50X25	Major	37,48	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,37	Uygun
3.Normal Kat	C26	C50X25	Major	36,34	Ø6/20	92,52	9,80	103	0,35	Uygun
3.Normal Kat	C44	C25X25	Major	17,64	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,38	Uygun
3.Normal Kat	C45	C70X25	Major	70,84	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,48	Uygun
3.Normal Kat	C46	C25X25	Major	14,93	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,32	Uygun
3.Normal Kat	C47	C25X25	Major	17,68	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,38	Uygun
3.Normal Kat	C48	C70X25	Major	74,21	Ø6/20	129,52	9,80	147	0,50	Uygun
3.Normal Kat	C49	C25X25	Major	14,93	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,32	Uygun
3.Normal Kat	C10	C25X25	Minör	17,04	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,36	Uygun
3.Normal Kat	C11	C25X25	Minör	20,83	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,45	Uygun
3.Normal Kat	C12	C25X25	Minör	22,76	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,49	Uygun
3.Normal Kat	C13	C25X25	Minör	20,89	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,45	Uygun
3.Normal Kat	C14	C25X25	Minör	17,01	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,36	Uygun
3.Normal Kat	C15	C25X25	Minör	17,67	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,38	Uygun

Tablo 4.41 3. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

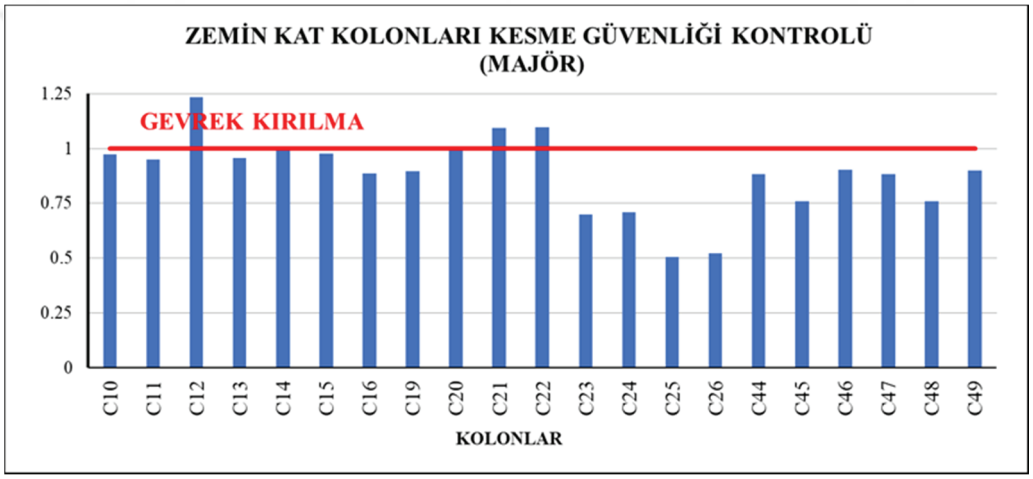
Kat No	Kolon Etiketi	Kolon Boyutu	Yön	Vd (V2-V3)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
				kN		kN	kN	kN	Oran	
3.Normal Kat	C16	C25X25	Minör	18,92	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,40	Uygun
3.Normal Kat	C19	C25X25	Minör	18,92	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,40	Uygun
3.Normal Kat	C20	C25X25	Minör	17,70	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,38	Uygun
3.Normal Kat	C21	C25X25	Minör	20,47	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,44	Uygun
3.Normal Kat	C22	C25X25	Minör	20,40	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,44	Uygun
3.Normal Kat	C23	C50X25	Minör	29,01	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,35	Uygun
3.Normal Kat	C24	C50X25	Minör	28,99	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,35	Uygun
3.Normal Kat	C25	C50X25	Minör	28,59	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,34	Uygun
3.Normal Kat	C26	C50X25	Minör	28,52	Ø6/20	101,33	21,46	84	0,34	Uygun
3.Normal Kat	C44	C25X25	Minör	19,01	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,41	Uygun
3.Normal Kat	C45	C70X25	Minör	38,67	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,34	Uygun
3.Normal Kat	C46	C25X25	Minör	20,86	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,45	Uygun
3.Normal Kat	C47	C25X25	Minör	19,02	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,41	Uygun
3.Normal Kat	C48	C70X25	Minör	38,66	Ø6/20	145,38	30,79	113	0,34	Uygun
3.Normal Kat	C49	C25X25	Minör	20,93	Ø6/20	46,26	9,80	47	0,45	Uygun



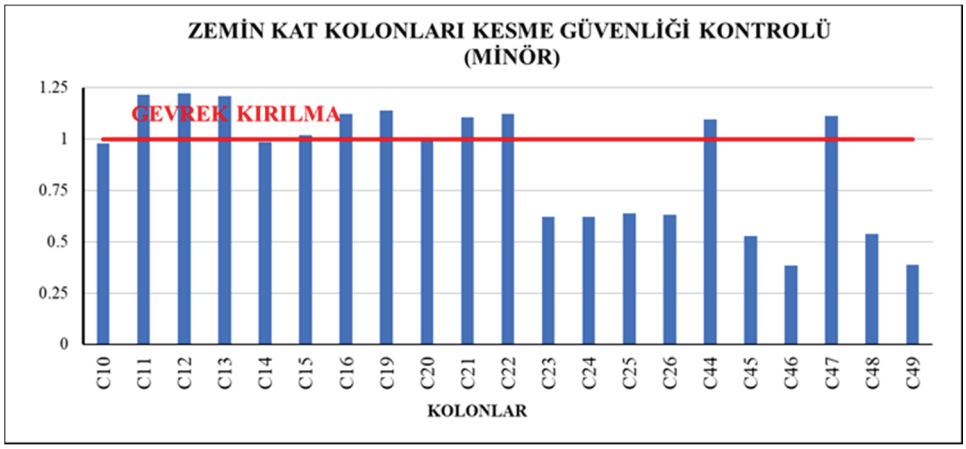
Şekil 4.41 Bodrum kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör).



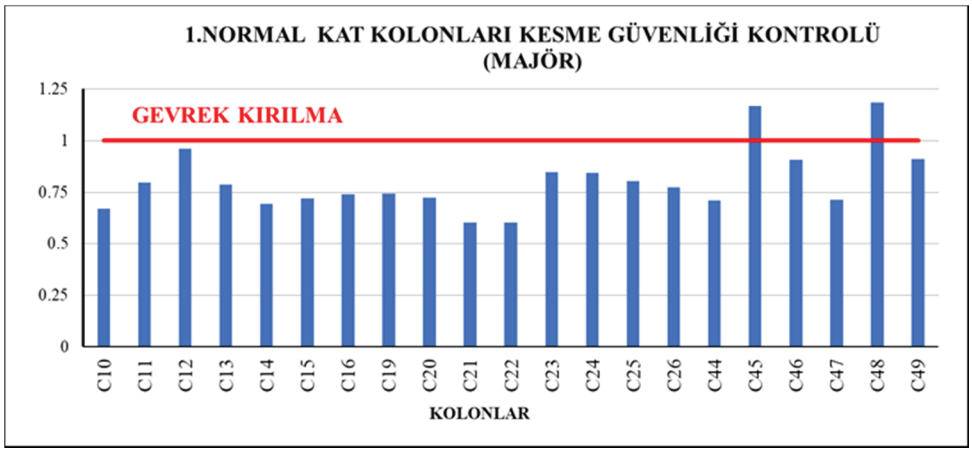
Şekil 4.42 Bodrum kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör).



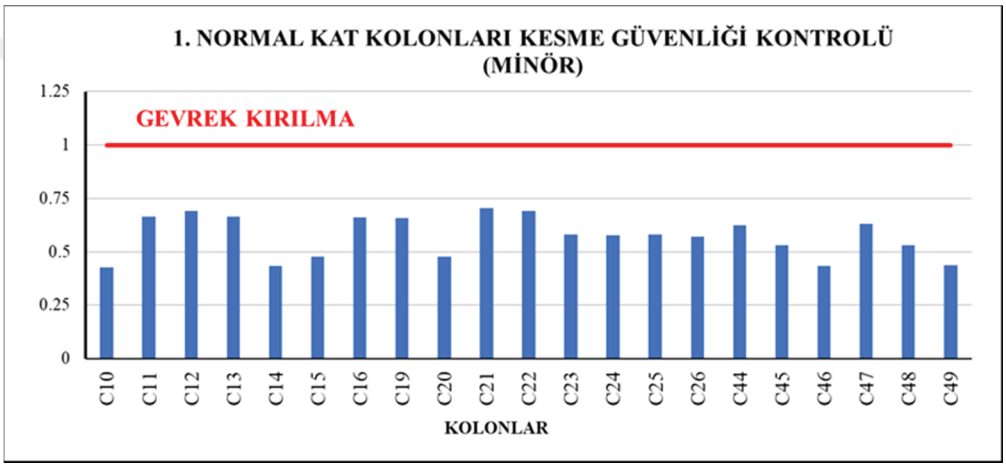
Şekil 4.43 Zemin kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör).



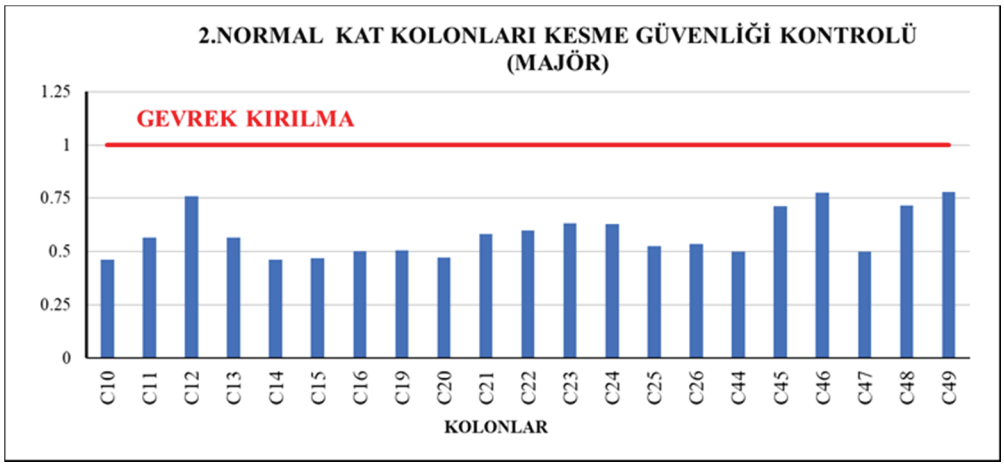
Şekil 4.44 Zemin kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör).



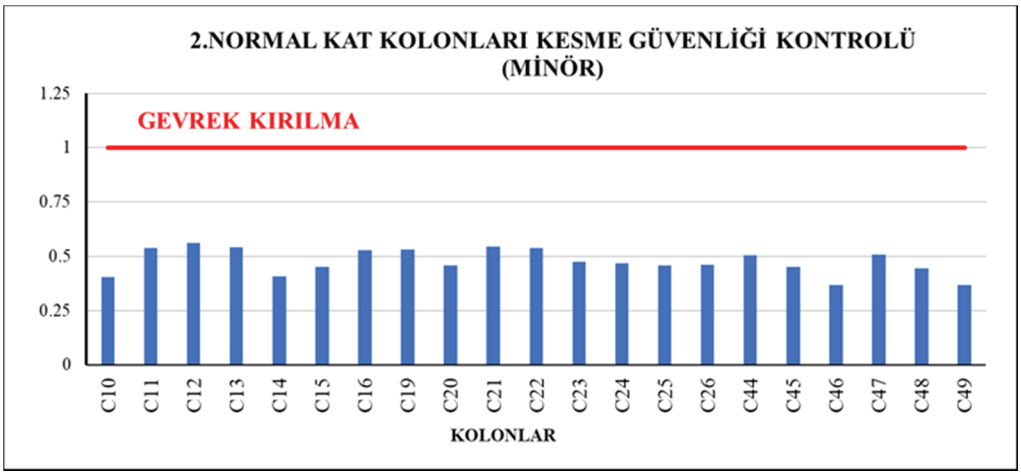
Şekil 4.45 1. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör).



Şekil 4.46 1. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör).



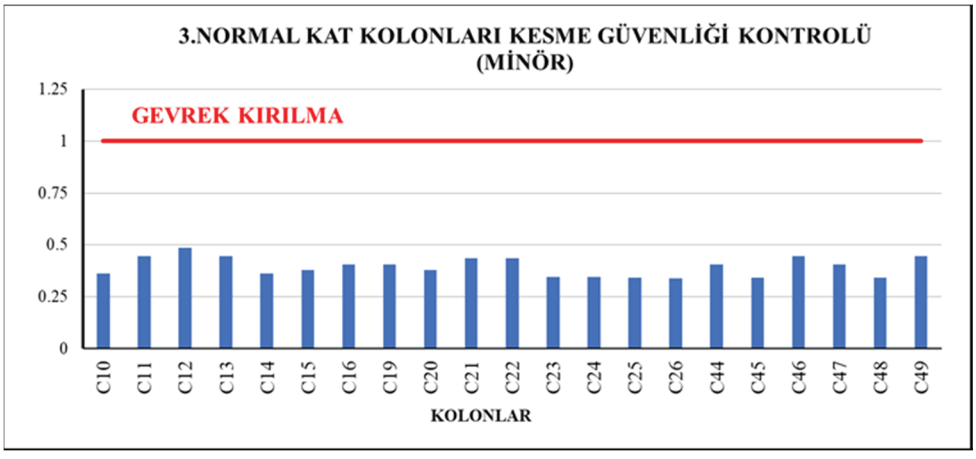
Şekil 4.47 2. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör).



Şekil 4.48 2. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör).



Şekil 4.49 3. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Majör).



Şekil 4.50 3. Normal kat kolonları kesme güvenliği kontrolü (Minör).

4.2.10.2 Betonarme Kiriş Elemanların Kesme Kuvveti Kontrolü

Mevcut yapıda, betonarme kiriş elemanları üzerinde yapılan kesme kuvveti kontrol hesabı, Yönetmelik TBDY-2018 ve TS-500'deki adımlar takip edilerek detaylı olarak yapılmış ve Tablo 4.42, Tablo 4.43, Tablo 4.44, Tablo 4.45 ve Tablo 4.46'da gösterilmiş.Analiz sonucunda büyük çoğunlukta kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir, ancak zemin ve 1. Normal katta birkaç kirişte gevrek kırılma görülmüştür. Kiriş elemanlarının kesme kuvveti kontrolü için yapılan grafikler Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53, Şekil 4.54 ve Şekil 4.55'te sunulmuştur.

Tablo 4.42 Bodrum kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
Bodrum Kat	B26	B25X60	58,09	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,47	Uygun
Bodrum Kat	B27	B25X60	63,43	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,51	Uygun
Bodrum Kat	B34	B25X60	57,97	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,46	Uygun
Bodrum Kat	B35	B25X60	64,27	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,51	Uygun
Bodrum Kat	B38	B25X60	42,25	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,34	Uygun
Bodrum Kat	B39	B25X60	53,50	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Bodrum Kat	B41	B25X60	53,62	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Bodrum Kat	B52	B25X60	59,26	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,47	Uygun
Bodrum Kat	B53	B25X60	87,87	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,70	Uygun
Bodrum Kat	B57	B10X60	22,25	Ø6/20	49,34	26,13	66	0,34	Uygun
Bodrum Kat	B58	B25X60	53,42	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Bodrum Kat	B61	B25X60	59,29	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,48	Uygun
Bodrum Kat	B62	B25X60	84,28	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,68	Uygun
Bodrum Kat	B66	B10X60	22,40	Ø6/20	49,34	26,13	66	0,34	Uygun
Bodrum Kat	B67	B25X60	53,36	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Bodrum Kat	B68	B25X60	78,89	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,63	Uygun
Bodrum Kat	B69	B25X60	78,20	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,63	Uygun
Bodrum Kat	B70	B25X60	40,58	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,33	Uygun
Bodrum Kat	B71	B25X60	25,84	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,21	Uygun
Bodrum Kat	B72	B25X60	40,88	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,33	Uygun
Bodrum Kat	B73	B25X60	25,99	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,21	Uygun
Bodrum Kat	B74	B25X60	52,82	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,42	Uygun
Bodrum Kat	B75	B25X60	57,20	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,46	Uygun
Bodrum Kat	B76	B25X60	53,21	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Bodrum Kat	B77	B25X60	57,11	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,46	Uygun

Tablo 4.43 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
Zemin Kat	B13	B25X60	68,30	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
Zemin Kat	B17	B25X60	68,30	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
Zemin Kat	B18	B25X60	51,31	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,41	Uygun
Zemin Kat	B19	B25X60	54,71	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,44	Uygun
Zemin Kat	B20	B25X60	53,38	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Zemin Kat	B23	B25X60	53,38	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Zemin Kat	B24	B25X60	51,28	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,41	Uygun
Zemin Kat	B25	B25X60	54,71	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,44	Uygun
Zemin Kat	B26	B25X60	76,01	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,61	Uygun
Zemin Kat	B27	B25X60	116,90	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,94	Uygun
Zemin Kat	B34	B25X60	76,00	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,61	Uygun
Zemin Kat	B35	B25X60	116,66	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,93	Uygun
Zemin Kat	B38	B25X60	54,04	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
Zemin Kat	B39	B25X60	69,29	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
Zemin Kat	B41	B25X60	69,28	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
Zemin Kat	B50	B25X60	56,94	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,46	Uygun
Zemin Kat	B52	B25X60	76,81	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,62	Uygun
Zemin Kat	B53	B25X60	151,63	Ø6/20	123,35	26,13	125	1,21	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	B56	B25X60	69,57	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
Zemin Kat	B57	B10X60	80,74	Ø6/20	49,34	26,13	66	1,23	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	B59	B25X60	57,48	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,46	Uygun
Zemin Kat	B60	B25X60	57,26	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,46	Uygun
Zemin Kat	B61	B25X60	76,81	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,62	Uygun
Zemin Kat	B62	B25X60	150,21	Ø6/20	123,35	26,13	125	1,20	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	B65	B25X60	69,58	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
Zemin Kat	B66	B10X60	84,41	Ø6/20	49,34	26,13	66	1,29	Gevrek Kırılma
Zemin Kat	B68	B25X60	105,15	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,84	Uygun
Zemin Kat	B69	B25X60	104,57	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,84	Uygun
Zemin Kat	B70	B25X60	99,21	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,79	Uygun
Zemin Kat	B71	B25X60	61,82	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,50	Uygun
Zemin Kat	B72	B25X60	97,81	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,78	Uygun
Zemin Kat	B73	B25X60	59,33	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,48	Uygun
Zemin Kat	B74	B25X60	105,56	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,85	Uygun

Tablo 4.43 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
Zemin Kat	B75	B25X60	75,10	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,60	Uygun
Zemin Kat	B76	B25X60	107,54	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,86	Uygun
Zemin Kat	B77	B25X60	77,69	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,62	Uygun
Zemin Kat	B78	B25X60	82,52	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,66	Uygun
Zemin Kat	B79	B25X60	52,89	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,42	Uygun
Zemin Kat	B80	B25X60	52,78	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,42	Uygun
Zemin Kat	B81	B25X60	86,14	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,69	Uygun

Tablo 4.44 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
1.Normal Kat	B13	B25X60	68,29	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
1.Normal Kat	B17	B25X60	68,29	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
1.Normal Kat	B18	B25X60	51,06	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,41	Uygun
1.Normal Kat	B19	B25X60	54,31	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,44	Uygun
1.Normal Kat	B20	B25X60	53,38	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
1.Normal Kat	B23	B25X60	53,37	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
1.Normal Kat	B24	B25X60	51,01	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,41	Uygun
1.Normal Kat	B25	B25X60	54,64	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,44	Uygun
1.Normal Kat	B26	B25X60	76,00	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,61	Uygun
1.Normal Kat	B27	B25X60	101,84	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,82	Uygun
1.Normal Kat	B34	B25X60	76,00	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,61	Uygun
1.Normal Kat	B35	B25X60	100,76	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,81	Uygun
1.Normal Kat	B38	B25X60	50,51	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,40	Uygun
1.Normal Kat	B39	B25X60	69,28	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
1.Normal Kat	B41	B25X60	69,28	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
1.Normal Kat	B50	B25X60	53,52	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,43	Uygun
1.Normal Kat	B52	B25X60	76,81	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,62	Uygun
1.Normal Kat	B53	B25X60	142,73	Ø6/20	123,35	26,13	125	1,14	Gevrek Kırılma
1.Normal Kat	B56	B25X60	69,57	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
1.Normal Kat	B57	B10X60	81,62	Ø6/20	49,34	26,13	66	1,24	Gevrek Kırılma
1.Normal Kat	B59	B25X60	52,88	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,42	Uygun
1.Normal Kat	B60	B25X60	54,48	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,44	Uygun

Tablo 4.44 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
1.Normal Kat	B61	B25X60	76,81	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,62	Uygun
1.Normal Kat	B62	B25X60	141,62	Ø6/20	123,35	26,13	125	1,13	Gevrek Kırılma
1.Normal Kat	B65	B25X60	69,57	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
1.Normal Kat	B66	B10X60	83,28	Ø6/20	49,34	26,13	66	1,27	Gevrek Kırılma
1.Normal Kat	B68	B25X60	106,24	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,85	Uygun
1.Normal Kat	B69	B25X60	105,66	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,85	Uygun
1.Normal Kat	B70	B25X60	100,24	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,80	Uygun
1.Normal Kat	B71	B25X60	58,61	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,47	Uygun
1.Normal Kat	B72	B25X60	102,12	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,82	Uygun
1.Normal Kat	B73	B25X60	58,30	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,47	Uygun
1.Normal Kat	B74	B25X60	105,44	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,84	Uygun
1.Normal Kat	B75	B25X60	74,74	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,60	Uygun
1.Normal Kat	B76	B25X60	104,65	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,84	Uygun
1.Normal Kat	B77	B25X60	73,65	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,59	Uygun
1.Normal Kat	B78	B25X60	79,60	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,64	Uygun
1.Normal Kat	B79	B25X60	48,49	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,39	Uygun
1.Normal Kat	B80	B25X60	48,30	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,39	Uygun
1.Normal Kat	B81	B25X60	78,94	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,63	Uygun

Tablo 4.45 2. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü

Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
2.Normal Kat	B13	B25X60	61,01	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,49	Uygun
2.Normal Kat	B17	B25X60	60,78	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,49	Uygun
2.Normal Kat	B18	B25X60	47,55	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B19	B25X60	47,35	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B20	B25X60	43,87	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,35	Uygun
2.Normal Kat	B23	B25X60	43,62	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,35	Uygun
2.Normal Kat	B24	B25X60	47,57	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B25	B25X60	47,17	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B26	B25X60	75,52	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,61	Uygun
2.Normal Kat	B27	B25X60	68,21	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B34	B25X60	75,55	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,61	Uygun

Tablo 4.45 2. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

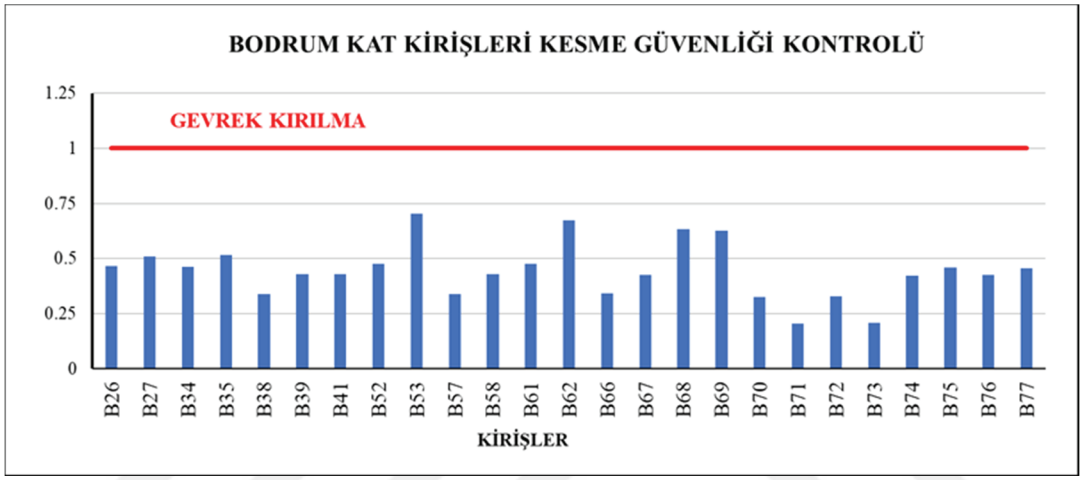
Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
2.Normal Kat	B35	B25X60	68,23	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B38	B25X60	46,41	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,37	Uygun
2.Normal Kat	B39	B25X60	68,98	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B41	B25X60	68,98	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B50	B25X60	34,98	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,28	Uygun
2.Normal Kat	B52	B25X60	75,23	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,60	Uygun
2.Normal Kat	B53	B25X60	98,18	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,79	Uygun
2.Normal Kat	B56	B25X60	69,24	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B57	B10X60	48,67	Ø6/20	49,34	26,13	66	0,74	Uygun
2.Normal Kat	B59	B25X60	37,01	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,30	Uygun
2.Normal Kat	B60	B25X60	34,86	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,28	Uygun
2.Normal Kat	B61	B25X60	75,28	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,60	Uygun
2.Normal Kat	B62	B25X60	97,20	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,78	Uygun
2.Normal Kat	B65	B25X60	69,24	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B66	B10X60	48,66	Ø6/20	49,34	26,13	66	0,74	Uygun
2.Normal Kat	B68	B25X60	100,16	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,80	Uygun
2.Normal Kat	B69	B25X60	100,30	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,80	Uygun
2.Normal Kat	B70	B25X60	79,14	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,63	Uygun
2.Normal Kat	B71	B25X60	41,31	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,33	Uygun
2.Normal Kat	B72	B25X60	79,30	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,64	Uygun
2.Normal Kat	B73	B25X60	41,45	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,33	Uygun
2.Normal Kat	B74	B25X60	87,58	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,70	Uygun
2.Normal Kat	B75	B25X60	64,25	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,51	Uygun
2.Normal Kat	B76	B25X60	87,55	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,70	Uygun
2.Normal Kat	B77	B25X60	63,95	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,51	Uygun
2.Normal Kat	B78	B25X60	63,19	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,51	Uygun
2.Normal Kat	B79	B25X60	38,40	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,31	Uygun
2.Normal Kat	B80	B25X60	38,36	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,31	Uygun
2.Normal Kat	B81	B25X60	61,77	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,49	Uygun

Tablo 4.46 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü

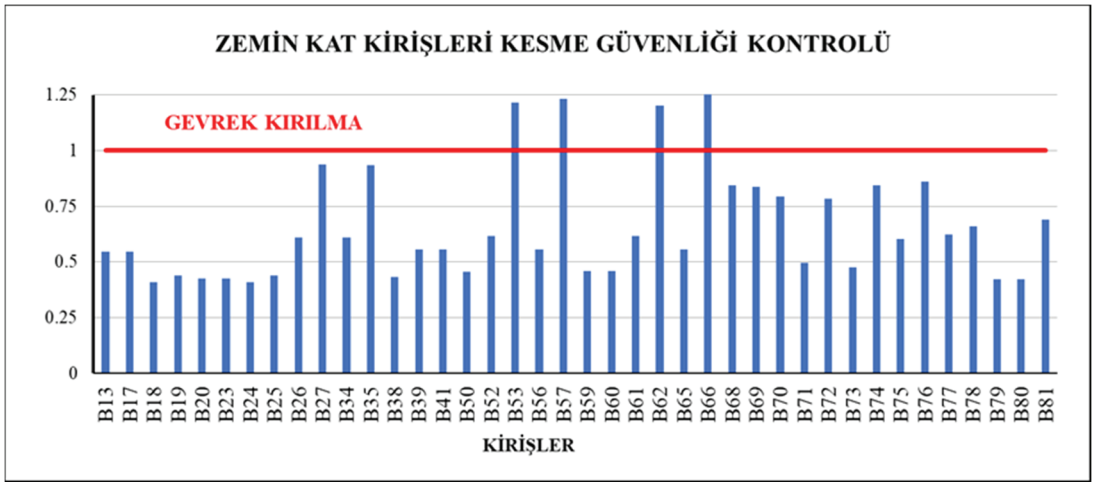
Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
3.Normal Kat	B13	B25X60	19,74	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,16	Uygun
3.Normal Kat	B17	B25X60	19,38	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,16	Uygun
3.Normal Kat	B18	B25X60	24,43	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,20	Uygun
3.Normal Kat	B19	B25X60	20,39	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,16	Uygun
3.Normal Kat	B20	B25X60	19,07	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,15	Uygun
3.Normal Kat	B23	B25X60	19,05	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,15	Uygun
3.Normal Kat	B24	B25X60	24,49	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,20	Uygun
3.Normal Kat	B25	B25X60	20,32	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,16	Uygun
3.Normal Kat	B26	B25X60	46,23	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,37	Uygun
3.Normal Kat	B27	B25X60	35,39	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,28	Uygun
3.Normal Kat	B34	B25X60	46,15	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,37	Uygun
3.Normal Kat	B35	B25X60	35,44	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,28	Uygun
3.Normal Kat	B38	B25X60	20,75	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,17	Uygun
3.Normal Kat	B39	B25X60	40,83	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,33	Uygun
3.Normal Kat	B41	B25X60	41,14	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,33	Uygun
3.Normal Kat	B50	B25X60	15,69	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,13	Uygun
3.Normal Kat	B52	B25X60	45,37	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,36	Uygun
3.Normal Kat	B53	B25X60	67,89	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,54	Uygun
3.Normal Kat	B56	B25X60	42,00	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,34	Uygun
3.Normal Kat	B57	B10X60	22,39	Ø6/20	49,34	26,13	66	0,34	Uygun
3.Normal Kat	B59	B25X60	15,88	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,13	Uygun
3.Normal Kat	B60	B25X60	15,92	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,13	Uygun
3.Normal Kat	B61	B25X60	45,24	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,36	Uygun
3.Normal Kat	B62	B25X60	70,12	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,56	Uygun
3.Normal Kat	B65	B25X60	41,44	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,33	Uygun
3.Normal Kat	B66	B10X60	22,54	Ø6/20	49,34	26,13	66	0,34	Uygun
3.Normal Kat	B68	B25X60	82,58	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,66	Uygun
3.Normal Kat	B69	B25X60	81,83	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,66	Uygun
3.Normal Kat	B70	B25X60	54,35	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,44	Uygun
3.Normal Kat	B71	B25X60	21,36	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,17	Uygun
3.Normal Kat	B72	B25X60	54,66	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,44	Uygun
3.Normal Kat	B73	B25X60	21,51	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,17	Uygun
3.Normal Kat	B74	B25X60	51,95	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,42	Uygun
3.Normal Kat	B75	B25X60	32,68	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,26	Uygun
3.Normal Kat	B76	B25X60	52,26	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,42	Uygun
3.Normal Kat	B77	B25X60	32,47	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,26	Uygun
3.Normal Kat	B78	B25X60	34,93	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,28	Uygun

Tablo 4.46 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Devamı)

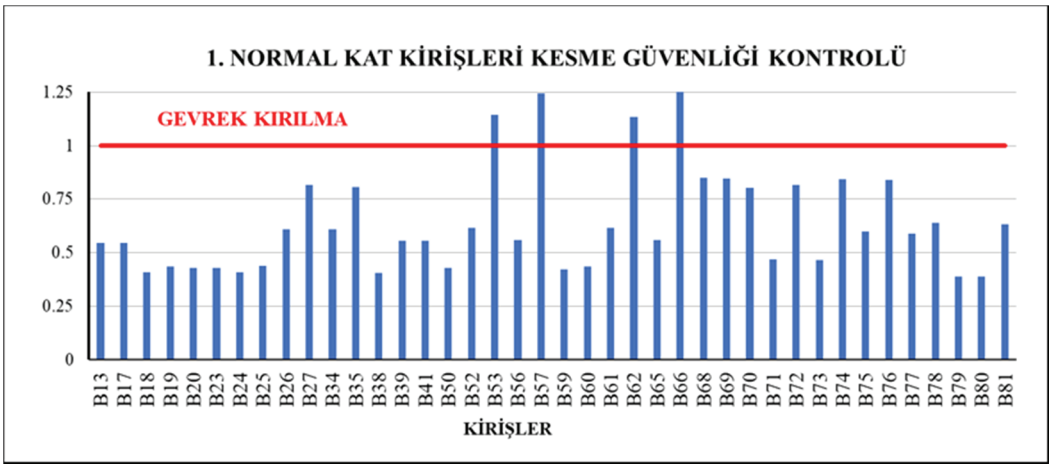
Kat No	Kiriş No	Kiriş Boyutu	Vd (V2)	Etriye	Vc	Vw	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
			kN		kN	kN	kN	Oran	
3.Normal Kat	B79	B25X60	23,53	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,19	Uygun
3.Normal Kat	B80	B25X60	23,53	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,19	Uygun
3.Normal Kat	B81	B25X60	34,78	Ø6/20	123,35	26,13	125	0,28	Uygun



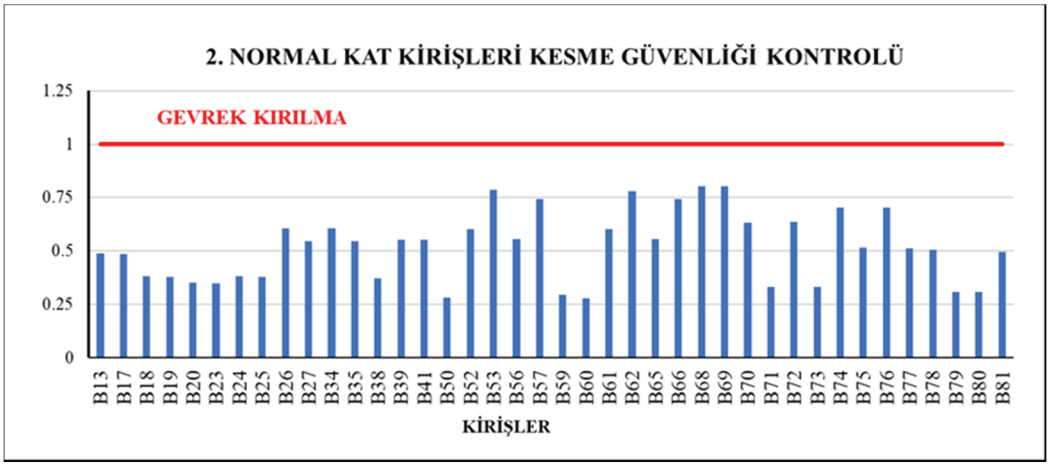
Şekil 4.51 Bodrum kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü



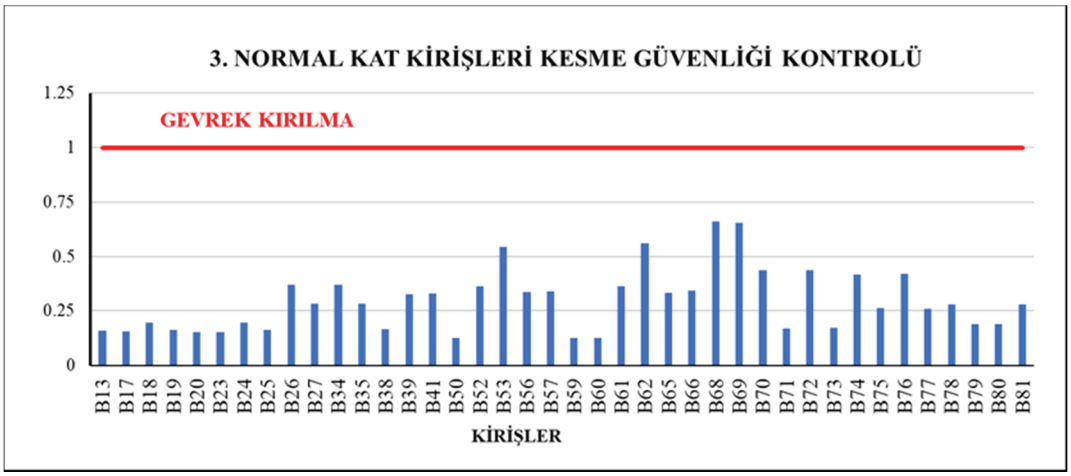
Şekil 4.52 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü



Şekil 4.53 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü



Şekil 4.54 2.Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü



Şekil 4.55 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü

4.2.11 Mevcut Yapı Göreli Kat Ötelemelerinin Belirlenmesi

Kat ötelemelerinin belirlenmesi için DD-2 deprem düzeyine göre Zaman tanım alanında doğrusal olmayan bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizde, katların kütle merkezleri dikkate alınarak göreli kat ötelemeleri hesaplanmıştır.Her kat için katın alt ve üst düğüm noktalarındaki deplasman farkının ilgili kat yüksekliklerine oranı göz önünde bulundurularak değerler elde edilmiştir. Kat ötelemeleri TBDY-2018 Bölüm 4.9.1'de belirtilen adımlar doğrultusunda kontrol edilmiştir. Göreli kat öteleme oranları X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 4.47 ve Tablo 4.48'de yer almaktadır. Ayrıca, katlara endeksli grafikler de Şekil 4.56 ve 4.57'de gösterilmiştir.

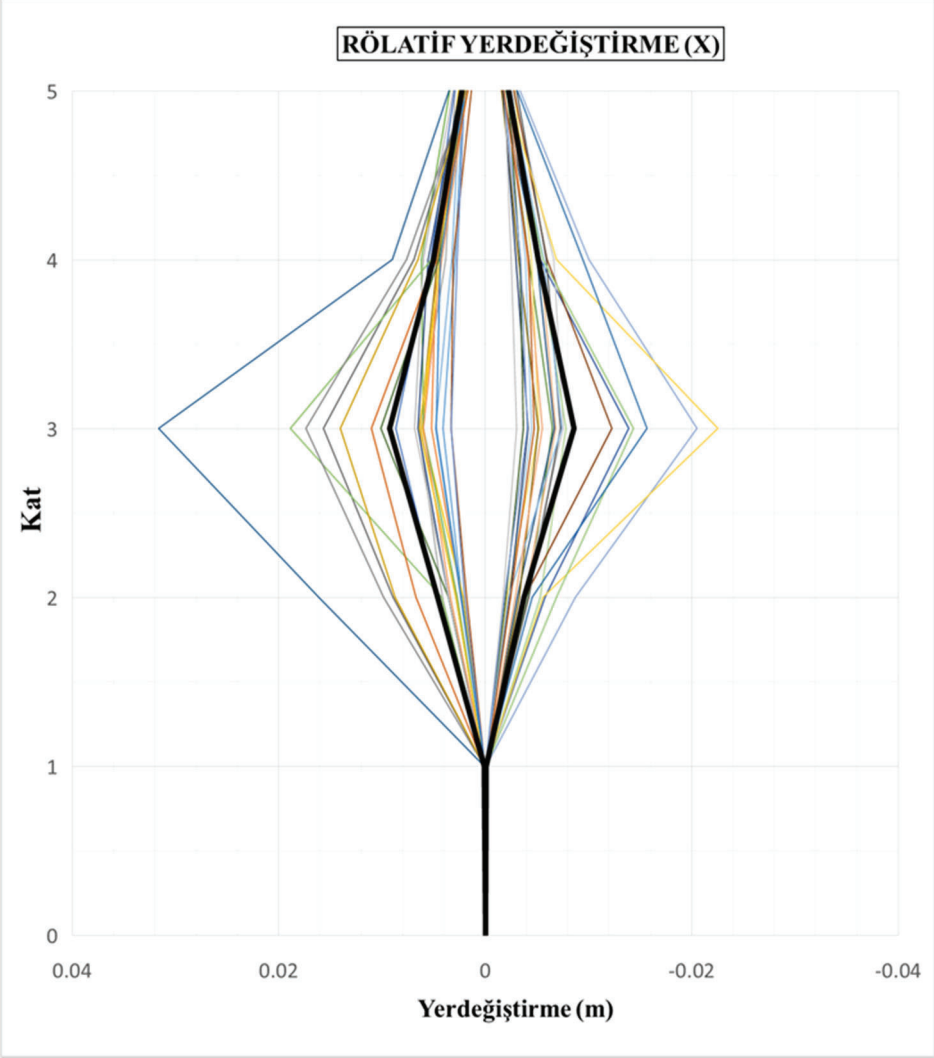
Mevcut yapı için yapılan hesaplar doğrultusunda, 22 deprem kaydının maksimumların ortalamasına göre göreli kat ötelemele oranları X doğrultusu için; bodrum kat için %0,01 , zemin kat için %0,46 , 1.Normal kat için %0,93 , 2.Normal kat için %0,52 , 3.Normal kat için %0,23 mertebelerinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusu için; bodrum kat için %0,01 , zemin kat için %0,41 , 1.Normal kat için %1,02 , 2.Normal kat için %0,48 , 3.Normal kat için %0,32 mertebelerinde olduğu görülmüştür. Elde edilen veriler doğrultusunda mevcut yapı yer değiştirme kapsamında yeterli rijitliğe sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4.47 X yönü için göreli kat öteleme oranları (DD-2)

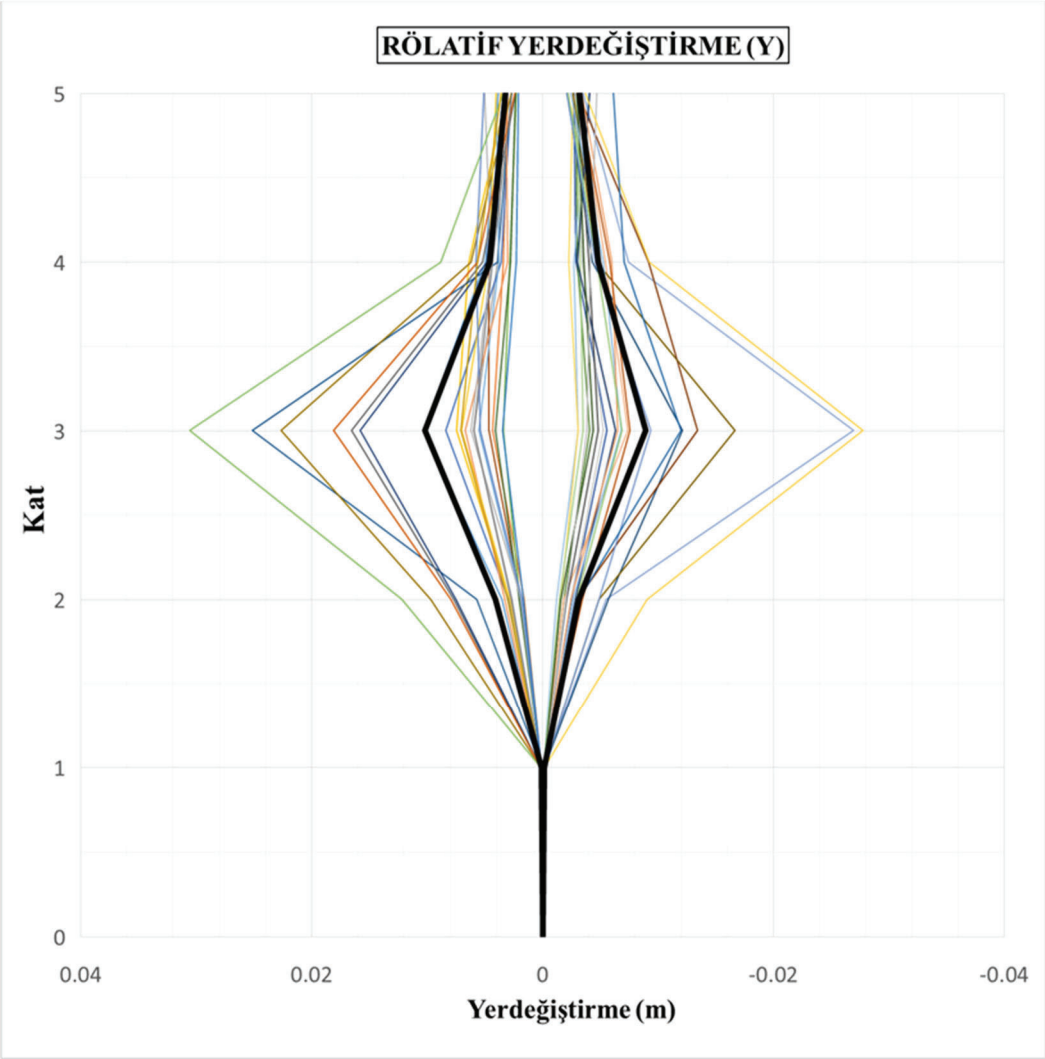
DD-2 Deprem Düzeyi için Göreli Kat Ötelemeleri			
Kat	**Kat Yüksekliği (m)**	**ΔX/Hi (max)**	**ΔX/Hi (min)**
Bodrum Kat	2,50	0,01%	-0,01%
Zemin Kat	2,60	0,46%	-0,38%
1.Normal Kat	2,60	0,93%	-0,86%
2.Normal Kat	2,60	0,50%	-0,52%
3.Normal Kat	2,60	0,23%	-0,22%

Tablo 4.48 Y yönü için göreli kat öteleme oranları (DD-2)

DD-2 Deprem Düzeyi İçin Göreli Kat Ötelemeleri			
Kat	**Kat Yüksekliği (m)**	**ΔY/Hi (max)**	**ΔY/Hi (min)**
Bodrum Kat	2,50	0,01%	-0,01%
Zemin Kat	2,60	0,41%	-0,31%
1.Normal Kat	2,60	1,02%	-0,90%
2.Normal Kat	2,60	0,46%	-0,48%
3.Normal Kat	2,60	0,32%	-0,32%



Şekil 4.56 22 deprem kaydı için maksimum ve ortalama X yönü rölatif yerdeğiştirme grafiği (DD-2)



Şekil 4.57 22 deprem kaydı için maksimum ve ortalama Y yönü rölatif yerdeğiştirme grafiği (DD-2)

4.2.12 Mevcut Yapı Tepe Yer Değiştirme Değerleri

Tepe yerdeğiştirme değerlerinin belirlenmesi için DD-2 deprem düzeyine göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Bu analizde, kat kütle merkezleri esas alınarak tepe yerdeğiştirme değerleri hesaplanmıştır. Mevcut yapı için yapılan hesaplar doğrultusunda, 22 deprem kaydının maksimumların ortalamasına göre binanın tepe yer değiştirme değeri X doğrultusu için 0.054m mertebelerinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusu için ise 0.055m mertebelerinde olduğu görülmüştür.

4.3 Elde Edilen Sonuçlara Göre Mevcut Yapının Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Beton kalitesi ve donatı detaylandırmasındaki eksiklikler dikkate alınarak, yapı için bir analiz modeli oluşturulmuştur. Bu analizler, doğrusal olmayan zaman tanım alanında PERFORM-3D programı kullanılarak yapılmş. Yapının temel taşıyıcı yapısı, betonarme çerçeve sistemiyle oluşturulmuş kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Fiber PM2M3 plastik mafsalları, düşey taşıyıcı kolonlara atanmıştır. Yatay taşıyıcı kirişlere ise moment M3 plastik mafsalı atanmıştır. Plastik mafsallar kolon ve kiriş çubuk elemanların her iki ucuna yerleştirilmiştir. Yapının yatay deprem yüklerini betonarme çerçeve sistem elemanlarının karşıladığı kabul edilmiştir. Analizler, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin [1] belirlediği esaslara uygun olarak yapılmıştır, böylece deprem güvenliği performansa dayalı bir hesaba göre değerlendirilmiştir.

Bina taşıyıcı sisteminin DD-2 deprem yer hareket düzeyinde zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler sonuçları, yönetmelikte belirtilen esaslara göre Bölüm 5.8'deki hasar düzeyleri sınırları ile karşılaştırıldığında, mevcut betonarme yapıda eğilme ve kesme içerikli hasar oluşumları eleman bazında şu şekildedir:

4.3.1 Kolon Elemanlar

Yapının her katında incelenen kolon elemanlarda, yapılan analizler ve alınan sonuçların yönetmeliğe uygun bir biçimde değerlendirilmesiyle sınırlı sayıda kolon elemanında kesme hasarı olduğu tespit edilmiştir. Bu kolon elemanlarında kesme hasarı meydana geldiğinde, etki/kapasite oranı 1,01 ile 1,23 arasında değişmektedir.

Yapıdaki kolon elemanların çoğu, eğilme etkisinden kaynaklanan hasarlardan dolayı Sınırlı Hasar Bölgesi (SHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) düzeyinde yer almaktadır. Sadece Zemin ve 1.Normal kat kolonlarından bazıları İleri Hasar Bölgesi (İHB) ve Göçme Bölgesi (GB) düzeyine geçmiş kolon elemanları bulunmaktadır.

Tablo 4.30'da, kolon elemanlarında meydana gelen hasar düzeyleri türü ve kolon eleman sayısı açısından detaylı yüzdeler belirtilmiştir. Bu veriler ile kolonların hasar seviyesi belirlenmesi için önemli bir bilgi sağlanmaktadır. Elde edilen veriler,

kolonların eğilme hasarı açısından mevcut yapının Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyine uygun olmadığını göstermektedir.

4.3.2 Kiriş Elemanlar

Yapının her katında incelenen kiriş elemanlarda, yapılan analizler ve alınan sonuçların yönetmeliğe uygun bir biçimde değerlendirilmesiyle sınırlı sayıda kiriş elemanında kesme hasarı olduğu tespit edilmiştir. Bu kiriş elemanlarında kesme hasarı meydana geldiğinde, etki/kapasite oranı 1,13 ile 1,29 arasında değişmektedir.

Bütün yapıdaki kiriş elemanları, eğilme etkisinden kaynaklanan hasarlardan dolayı Hasarsız ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) düzeyinde yer almaktadır. İleri Hasar Bölgesi (İHB) ve Göçme Bölgesi (GÖ) sınıflarında ise hiçbir kiriş elemanı bulunmamaktadır.

Tablo 4.36'de, kiriş elemanlarında meydana gelen hasar düzeyleri türü ve kiriş eleman sayısı açısından detaylı yüzdeler belirtilmiştir. Bu veriler ile kirişlerin hasar seviyesi belirlenmesi için önemli bir bilgi sağlanmaktadır. Elde edilen veriler, kirişlerin eğilme hasarı açısından mevcut yapının Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyine uygun olduğunu göstermektedir.

4.3.3 Yer Değiştirmeler (Göreli Kat Ötelemeleri)

Mevcut yapı için yapılan hesaplar doğrultusunda, 22 deprem kaydının maksimumların ortalamasına göre göreli kat ötelenme oranları X doğrultusu için; bodrum kat için %0,01 , zemin kat için %0,46 , 1.Normal kat için %0,93 , 2.Normal kat için %0,52 , 3.Normal kat için %0,23 mertebelerinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusu için; bodrum kat için %0,01 , zemin kat için %0,41 , 1.Normal kat için %1,02 , 2.Normal kat için %0,48 , 3.Normal kat için %0,32 mertebelerinde olduğu görülmüştür. Elde edilen veriler doğrultusunda mevcut yapı için göreli kat ötelemeleri kapsamında yeterli rijitliğe sahip olduğu görülmektedir.

4.3.4 Tepe Yer Değiştirme Değerleri

Mevcut yapı için yapılan hesaplar doğrultusunda, 22 deprem kaydının maksimumların ortalamasına göre binanın tepe yer değiştirme değeri X doğrultusu için 0.054m mertebelerinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusu için ise 0.055m mertebelerinde olduğu görülmüştür.

5
SABİT TEK MODLU İTME YÖNTEMİNE GÖRE MEVCUT YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

İtme yöntemi, yapıların deprem etkisi altında sergilediği davranışları ve performans seviyelerini belirlemek amacıyla kullanılan bir analiz tekniğidir. Bu yöntem, izlenen değişkenlere bağlı olarak çeşitli hesap yöntemleri sunmaktadır. Hesaplama yöntemleri, deformasyon (yer değiştirme) kontrolü ve yük (kuvvet) kontrolü temelinde iki ana grupta toplanabilir. Deplasman kontrollü itme analizi bağlamında, yapının en üst noktasında belirlenen bir hedefe sistematik bir şekilde yatay kuvvet artışı uygulanır. İlgili tepe noktasına ulaşıncaya kadar görüntülenen yer değiştirme miktarına varılması hedeflenir. İtme analizi, kuvvet artışları ile ortaya çıkan kuvvet-deplasman ilişkisini detaylı bir şekilde inceleme fırsatı sunar. Bu ilişkiler doğrultusunda, yapının ve ilgili elemanlarının deprem davranışları ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmektedir. İtme analizi, mevcut yapıların ve yeni yapıların matematiksel modellerine uygulanabilme özelliği ile önemli bir analiz aracı olarak öne çıkmaktadır. Bu sayede yapıların dayanıklılığı ve güvenliği hakkında daha uygun ve kapsamlı bir değerlendirme yapılması mümkün hale gelmektedir.

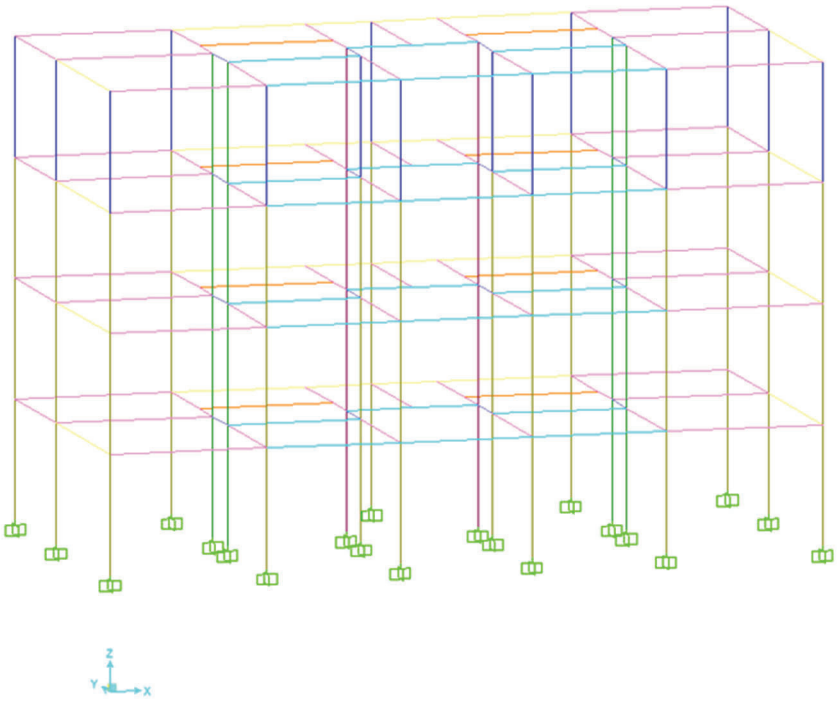
Tek modlu itme analizinde yapı sadece birinci modun (ilk doğal titreşim modunun) etkisi altında değerlendirilmektedir. Yani yapının deprem etkisi altındaki davranışının büyük kısmının birinci mod tarafından kontrol edildiği varsayılmaktadır. Bu yöntem, genellikle düşük ve orta katlı binalar için uygundur çünkü bu tip binalarda birinci mod, yapının deprem performansını belirleyen en önemli etkendir. Bununla beraber tek modlu itme analizinin hesaplamaları basit ve hızlı olduğundan dolayı mühendislik uygulamalarında sıkça tercih edilen bir yöntemdir.

Sabit Tek Modlu İtme Yöntemi'nde, deprem doğrultusunda her bir itme adımında katlara etki eden deprem yükleri, deprem dışı yüklemeler sonrası belirlenen ve itme süresince sabit kalan birinci adımdaki mod şekli ile orantılı bir şekilde tanımlanır. İtme hesaplaması sonucunda elde edilen tepe yerdeğiştirme - taban kesme

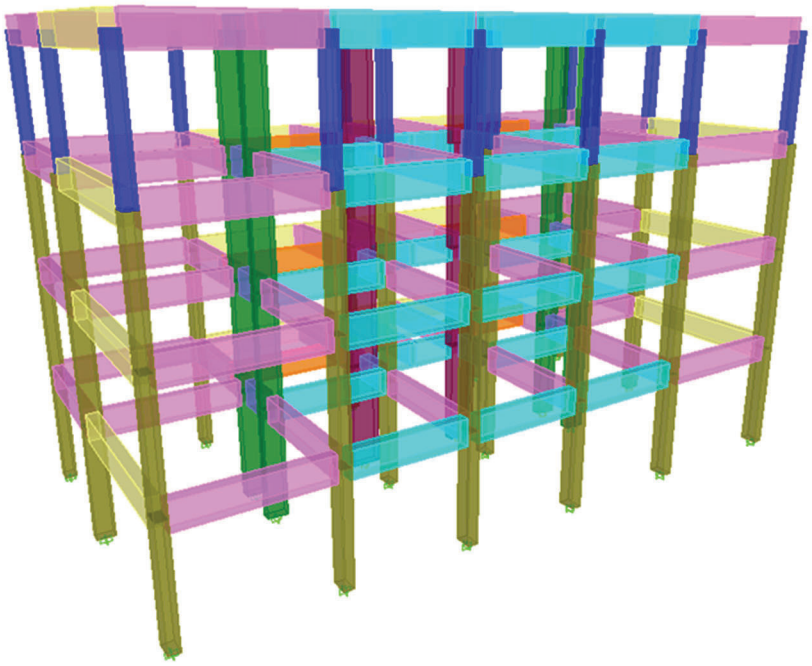
kuvvetiyle ilgili bir itme eğrisi oluşturulur. Bu eğriye uygulanan koordinat dönüşümü ile modal yerdeğiştirme - modal sözde-ivme değerlerini içeren bir modal kapasite diyagramı elde edilir. Hesaplamanın son aşamasında bu diyagram, tanımlanmış deprem etkisi altında modal yerdeğiştirme talebinin yanı sıra taşıyıcı sistemdeki iç kuvvetler ve plastik şekildeğiştirme taleplerinin hesaplanmasında kullanılır. Bu yöntemin detayları TBDY-2018 EK 5B'de açıklanmıştır.

5.1 Mevcut Yapının SAP2000 ile Sabit Tek Modlu İtme Yöntemine (Pushover Analizi) Göre Analizinin Yapılması

PERFORM-3D programında mevcut yapı için doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak hesap yapılmıştır. Bu yapılan hesapta PERFORM-3D için öncelikle ETABS programında yapı modellenerek SAP2000 aktarılmıştır. SAP2000 programından da PERFORM-3D programına aktarılmıştır. Ayrıca PERFORM-3D programında tanımlanan mafsallar öncelikle SAP2000 programında tanımlanmıştır. Kolonlar için kullanılan fiber PM2M3 platik mafsal ve kirişler için kullanılan yığılı M3 plastik mafsallar SAP2000 programı aracılığıyla oluşturulduğu için ve önceki bölümlerde değinildiğinden dolayı bu bölümde o kısımlara değinilmeyecektir. Mevcut yapının daha önceden oluşturulan modeli üzerinden devam edilmiştir. SAP2000 programında bodrum katın elastik davranacağı kabul edilerek sadece üst yapı için sabit tek modlu itme yöntemi kullanılarak yapının bu itme analizi sonucunda deprem altındaki performans durumu değerlendirilecektir. Mevcut yapının 4 katlı SAP2000 modeli Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Mevcut 4 katlı yapının 3 boyutlu görünüşü (SAP2000)



Şekil 5.2 Mevcut 4 katlı yapının 3 boyutlu hacimsel görünüşü [59]

5.1.1 Sabit Tek Modlu İtme Yönteminin Yapı İçin Uygulanabilirlik Tahkikleri

Yapılarda Tek Modlu İtme Yöntemlerini kullanabilmek için, TBDY-2018 Tablo 3.3'e göre Bina Yükseklik Sınıfı BYS ≥ 5 olmalı ve ayrıca 5.6.2.2'de tanımlanan ve aşağıda verilen koşullardan her ikisinin de sağlanması gerekir:

- Herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranış esas alınarak TBDY-18 Bölüm 3, Tablo 3.5'e göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı'nın η_{bi} <1.4 koşulunu sağlaması gereklidir. Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'de X ve Y doğrultularına göre belirlenen burulma düzensizliği katsayıları gösterilmektedir.
- Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait taban kesme kuvveti etkin kütlesi'nin toplam bina kütlesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0,70 olması zorunludur. Tablo 5.3'te mevcut yapı için elde edilen mod, periyot ve kütle katılım oranları gösterilmiştir.

Mevcut yapının zemin katından itibaren yükseliği üstünden H_N = 10,4 metredir. Buna göre Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) şeklinde tespit edilmiştir.

Bina Yükseklik Sınıfı BYS = 7 ≥ 5 √

Tablo 5.1 X doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları

Kat No	$\Delta_{ix(ort)}$	$\Delta_{ix(max)}$	η_{bi}
3.Normal Kat	0,0121	0,0128	1,058
2.Normal Kat	0,0100	0,0105	1,050
1.Normal Kat	0,0068	0,0072	1,059
Zemin Kat	0,0029	0,0030	1,034

X Doğrultusu için; $(\eta_{b1} - \eta_{b4})max = 1,059 < 1,4$ √

Tablo 5.2 Y doğrultusu için burulma düzensizliği katsayıları

Kat No	$\Delta_{iy(ort)}$	$\Delta_{iy(max)}$	η_{bi}
3.Normal Kat	0,0124	0,0149	1,202
2.Normal Kat	0,0100	0,0121	1,210
1.Normal Kat	0,0069	0,0084	1,217
Zemin Kat	0,0031	0,0038	1,226

Y Doğrultusu için; $(\eta_{b1} - \eta_{b4})max = 1,226 < 1,4$ √

Tablo 5.3 SAP2000'den elde edilen mod, periyot ve kütle katılım oranları

Mod	Periot (s)	UX	UY	UZ	Toplam UX	Toplam UY	Toplam UZ
1	0,412	0,004	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
2	**0,402**	0,000	**0,843**	0,000	0,004	0,843	0,000
3	**0,398**	**0,833**	0,000	0,000	0,837	0,843	0,000
4	0,144	0,000	0,000	0,000	0,837	0,843	0,000
5	0,140	0,000	0,101	0,000	0,837	0,944	0,000
6	0,130	0,109	0,000	0,000	0,946	0,944	0,000
7	0,089	0,000	0,000	0,000	0,946	0,944	0,000
8	0,086	0,000	0,041	0,000	0,946	0,985	0,000
9	0,072	0,041	0,000	0,000	0,987	0,985	0,000
10	0,061	0,000	0,000	0,000	0,987	0,985	0,000
11	0,059	0,000	0,015	0,000	0,987	1,000	0,000
12	0,049	0,013	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000

Dikkate alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış prensiplerine dayanarak birinci (hakim) titreşim moduna karşılık gelen etkin kütlenin toplam yapı kütlesine oranı, SAP2000 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

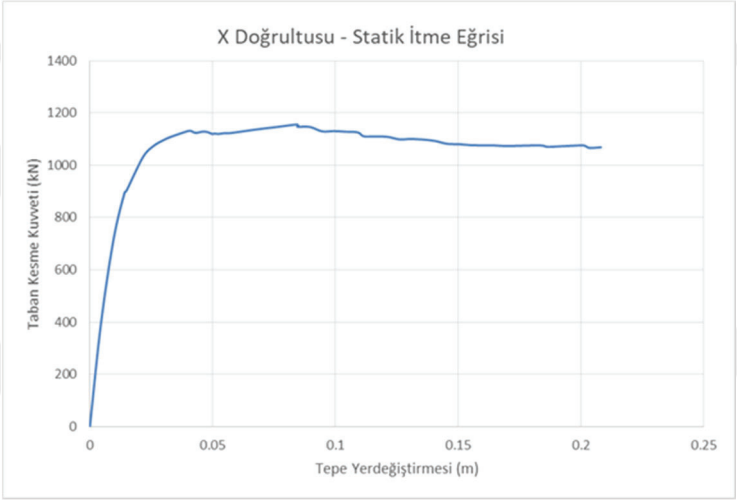
$\beta x = 0,833 \geq 0,70$ √ (3. Mod) $\beta y = 0,843 \geq 0,70$ √ (2. Mod)

Mevcut yapının tek modlu itme yöntemin gerekli kıldığı şartlarının tümünü sağlamaktadır.

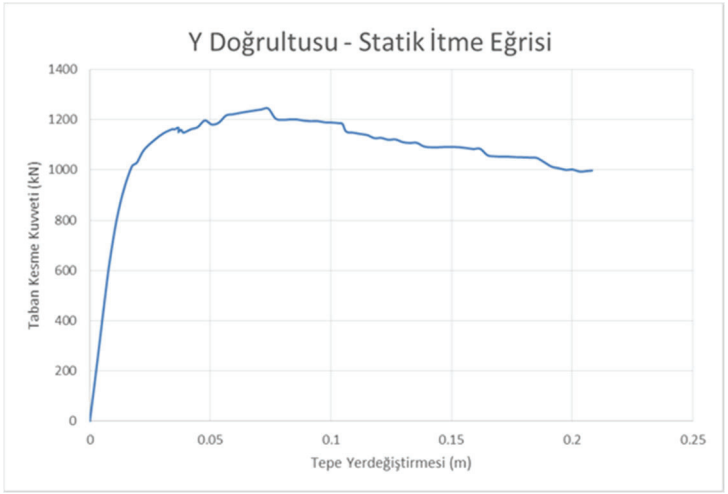
5.1.2 Kapasite (İtme) Eğrisinin Elde Edilmesi

Artımsal itme analizi için oluşturulan modellerde TBDY-2018'den faydalanılmıştır. SAP2000'de her bir eleman için oluşturulan kullanıcı tanımlı mafsallar tercih edilmiş ve plastik mafsal özellikleri; eleman boyutları, boyuna ve enine donatı oranları kullanılarak sargılı beton davranışının dikkate alınmasıyla elde edilmiştir. Sargılı ve sargısız beton davranış modeli ile donatı çeliği modeli TBDY-2018 EK 5A'ya göre tanımlanmıştır. Artımsal itme analizinde kullanılan yükleme şekli, toplanmış kat kütleleri ve doğrusal dinamik analizden elde edilen mod şekliyle orantılı olarak kat hizalarında uygulanmıştır. Hem X hemde Y doğrultusunda itme analizi gerçekleştirilmiştir. İtme analizi başlangıç yüklemesi

"PUSH-DUSEY" olmak üzere düşey yükleme tanımlanmıştır. Bu düşey yüklemede sabit yüklerin tamamı ve düşey deprem etkisi ile hareketli yüklerin ise %30'u dikkate alınmıştır (1.14G+0,3Q). Daha sonra yapı yüksekliğinin %2'lik değeri kadar 10,4mx0,02 = 0,208m yapının hem X "PUSH-XP" hemde Y "PUSH-YP" doğrultusunda itilmesi tanımlanarak yapı itilmiştir. Bu tanımlamada X doğrultusu için yapının 3. modu dikkate alınıp yatay itme gerçekleştirilmiştir. Y doğrultusu için ise yapının 2. modu dikkate alınıp yatay itme gerçekleştirilmiştir. İtme analizi için oluşturulan yükleme tanımlamaları doğrusal olmayan yükleme olarak tanımlanmıştır ve P-delta etkisi dikkate alınmıştır. Yapılan itme sonucunda Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te X ve Y doğrultusundaki itme eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 5.3 X doğrultusu statik itme eğrisi



Şekil 5.4 Y doğrultusu statik itme eğrisi

5.1.3 Modal Kapasite (İtme) Eğrisinin Elde Edilmesi

Statik itme eğrisi, X ve Y doğrultuları için birinci moda ait modal kütle, birinci moda ait mod şekli genliği ve birinci moda ait modal katkı çarpanı değerlerinden yararlanarak, modal kapasite eğrisi diyagramına dönüştürülür. X ve Y doğrultuları için modal kapasite eğrilerinin elde edilmesi için gereken parametreler sırasıyla Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te verilmiştir.

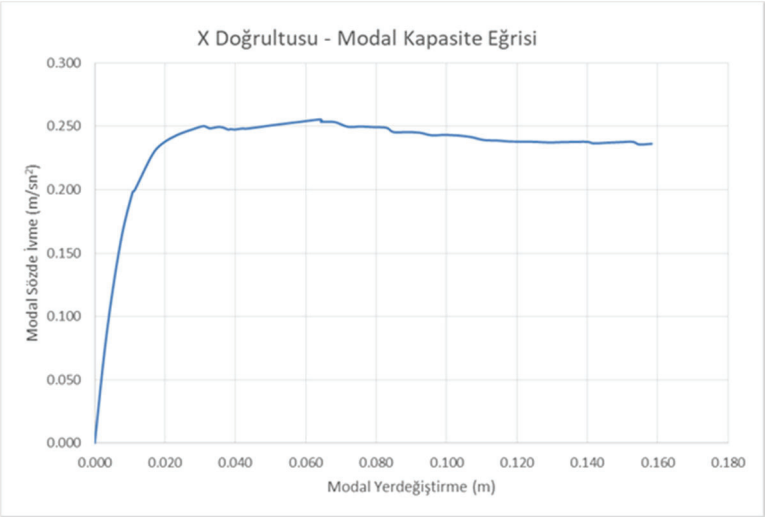
Tablo 5.4 X doğrultusu için modal parametreler

Yapı Kütlesi (kN)	Modal kütle Katılım Oranı	Modal Kütle (kN)	Modal Katkı Çarpanı (Γ_{x1})	Mod Şekli Genliği (Φ_{x1})
5430	0,833	4523,19	21,4784	0,0612

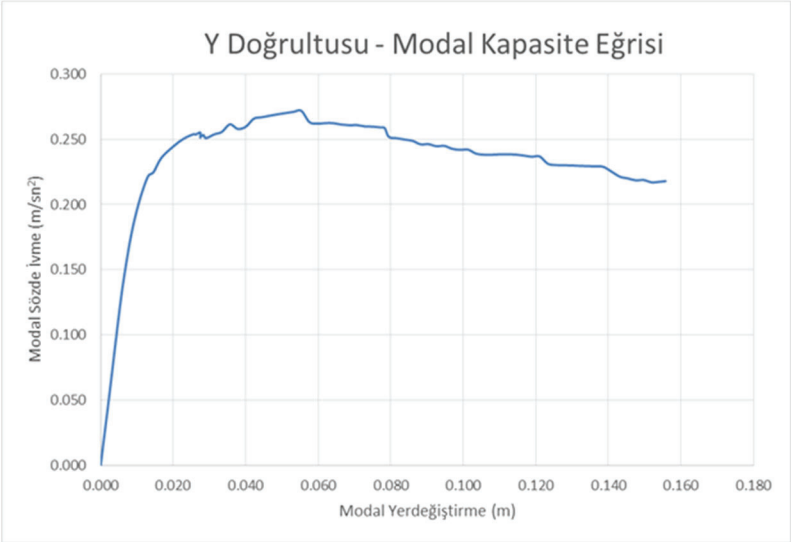
Tablo 5.5 Y doğrultusu için modal parametreler

Yapı Kütlesi (kN)	Modal kütle Katılım Oranı	Modal Kütle (kN)	Modal Katkı Çarpanı (Γ_{y1})	Mod Şekli Genliği (Φ_{y1})
5430	0,843	4577,49	21,608	0,0619

TBDY-2018 EK 5B.1'de tanımlanan denklemlerden yararlanılarak X ve Y doğrultuları için statik itme eğrisinin modal ivme-modal yerdeğiştirme diyagramına dönüştürülmesiyle oluşan modal kapasite eğrisi diyagramları X ve Y doğrultuları için sırasıyla Şekil 5.5 ve 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.5 X doğrultusu modal kapasite eğrisi



Şekil 5.6 Y doğrultusu modal kapasite eğrisi

5.1.4 Hedef Yerdeğiştirme Talebinin Elde Edilmesi

X ve Y doğrultularında sabit tek modlu itme yöntemiyle hedef yerdeğiştirme hesaplamaları için TBDY-2018 EK-5B'ye başvurulmuştur. Modal kapasite eğrisine çizilen başlangıç teğeti, talep spektrumunun kesildiği noktada elastik tasarım spektral yerdeğiştirmeyi $S_{de}(T_1)$ olarak tanımlar. X doğrultusu için elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri elde edilmiştir. Talep ve kapasite spektrumları, elastik tabanlı oldukları için, modal kapasite eğrisinden çizilen başlangıç teğetinin talep spektrumunu kestiği noktanın her zaman doğrusal olmayan spektral yer değiştirme $S_{di}(T_1)$ olarak tanımlanması doğru değildir. Elastik tasarım spektral

yerdeğiştirmeden doğrusal olmayan spektral yer değiştirmeye geçişte, aşağıda belirtilen denkleme göre C_R spektral yerdeğiştirme oranı katsayısı kullanılmaktadır.

$S_{di}(T_1) = C_{R1} \text{x} S_{de1}$

Buradaki förmülde $d_{1,max}$ modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yerdeğiştirmesi'ni ifade etmektedir.

$d_{1,x} = S_{di}(T_1) = C_{Rx} \text{x} S_{de1}(T_1)$

X doğrultusu için hedef yerdeğiştirmenin bulunması:

T_{x1}=0,398sn ≤T_B=0,521sn olduğundan dolayı C_R≥1 olacaktır.

TBDY-2018 Bölüm Ek 5B.3'e göre yapılan hesaplamalar sonucunda X doğrultusu için C_{Rx}=1,25 olarak bulunmaktadır.

$d_{x1,x} = S_{di}(T_{x1}) = C_{Rx} \text{x} S_{de1}(T_{1x})$ = 1,25x0,027 =0,034m

$u_{Nx1} = \phi_{Nx1}. \Gamma_{x1}. d_{x1,x}$ =0,0612x21,478x0,03375 = 0,045m

Tablo 5.6 X doğrultusu için tepe yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi

T_{1x}	$S_{ae}(T_{1x})$	$S_{de}(T_{1x})$	Φ_{xN1}	Γ_{1x}	C_{Rx}	$U_{Nx,maks}$
0,398	0,697	0,027	0,0612	21,478	1,250	0,045

Y doğrultusu için hedef yerdeğiştirmenin bulunması:

T_{y1}=0,402sn ≤ T_B=0,521sn olduğundan dolayı C_R≥1 olacaktır.

TBDY-2018 Bölüm Ek 5B.3'e göre yapılan hesaplamalar sonucunda Y doğrultusu için C_{Ry}=1,25 olarak bulunmaktadır.

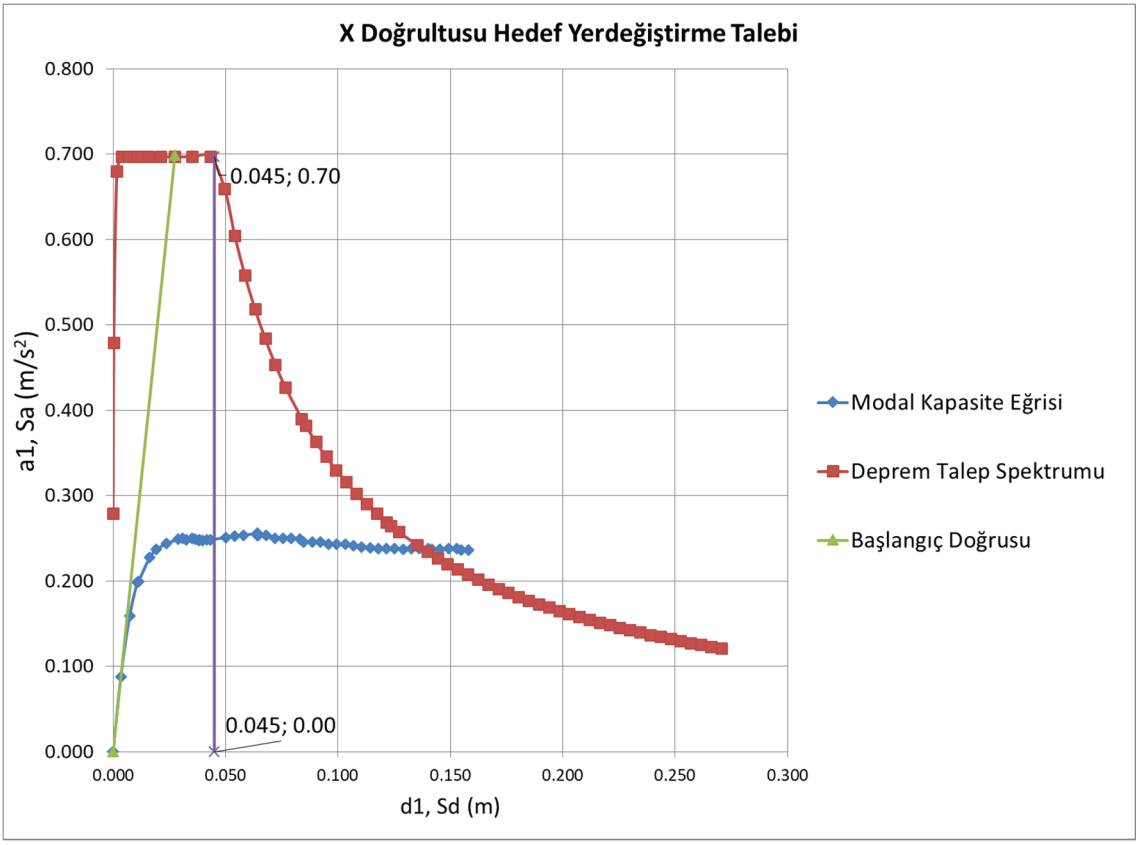
$d_{y1,x} = S_{di}(T_{y1}) = C_{Ry} \text{x} S_{de1}(T_{1y})$ = 1,25x0,028 =0,035m

$u_{Ny1} = \phi_{Ny1}. \Gamma_{y1}. d_{y1,x}$ =0,0619x21,608x0,035 = 0,047m

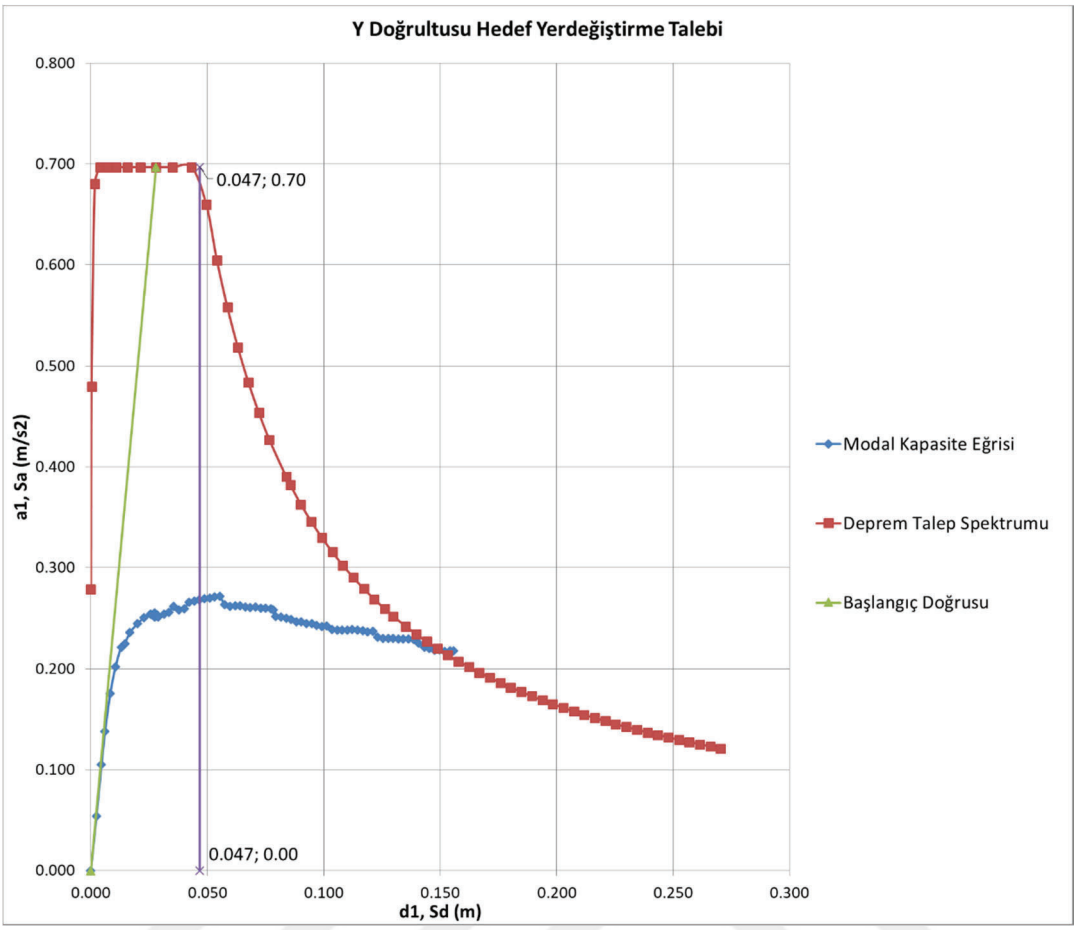
Tablo 5.7 Y doğrultusu için tepe yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi

T_{y1}	$S_{ae}(T_{y1})$	$S_{de}(T_{y1})$	Φ_{yN1}	Γ_{y1}	C_{Ry}	$U_{Ny,maks}$
0,402	0,697	0,028	0,0619	21,608	1,250	0,047

Tablo 5.6 ve Tablo 5.7'de sırasıyla her iki doğrultu için belirlenen hedef yerdeğiştirme talebi gösterilmiştir. X doğrultusu için hedef 0,045 m, Y doğrultusu için ise 0,047 m olarak belirlenmiştir. Belirlenen hedef yerdeğiştirme değerleri Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de belirlenmiştir. Sabit tek modlu itme analizinde X ve Y doğrultuları için yapıda +X (PUSH-XP), -X (PUSH-XN), +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) olmak üzere 4 yön için belirlenen hedef yerdeğiştirme değerine kadar yapının itilmesi sonucunda elde edilen sonuçlar göre, kolon ve kiriş elemanları için eğilme hasarları ve kesme kuvveti kontrolü yapılmıştır.



Şekil 5.7 X doğrultusu için hedef yerdeğiştirmenin belirlenmesi



Şekil 5.8 Y doğrultusu için hedef yerdeğiştirmenin belirlenmesi

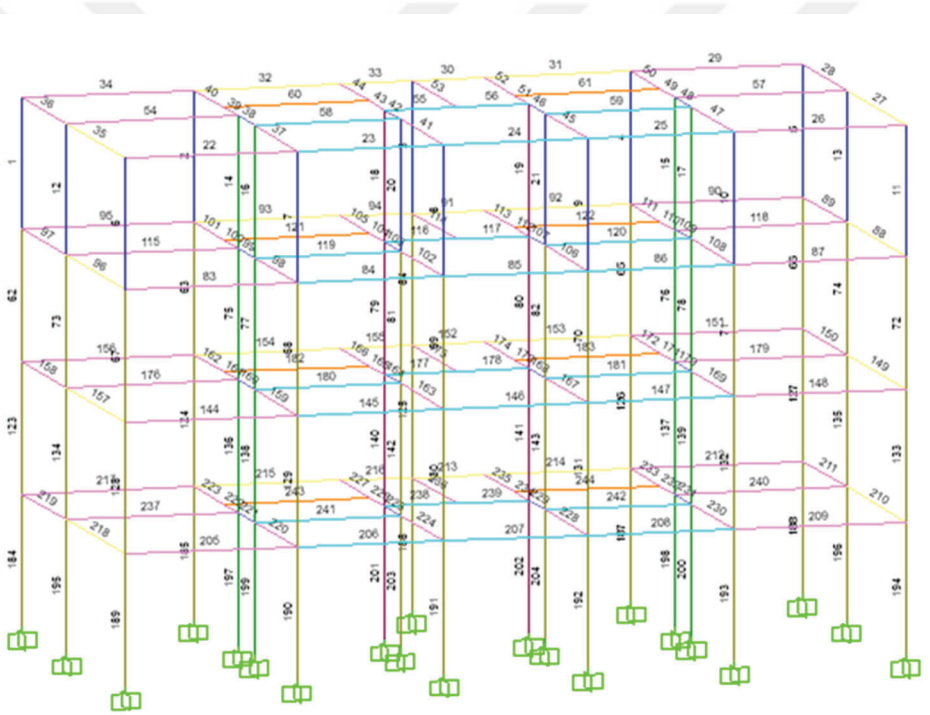
5.2 Belirlenen Hedef Yerdeğiştirme Değerlerine Göre İtme Analizi Sonuçları

SAP2000 yapısal analiz programı kullanılarak mevcut yapı, her iki doğrultu için belirlenen bu tepe yer değiştirme değerlerine kadar itilmiştir. Bu itme analizleri sonucunda, yapı elemanlarında meydana gelen iç kuvvetler, dönme ve şekil değiştirme değerleri elde edilmiştir.

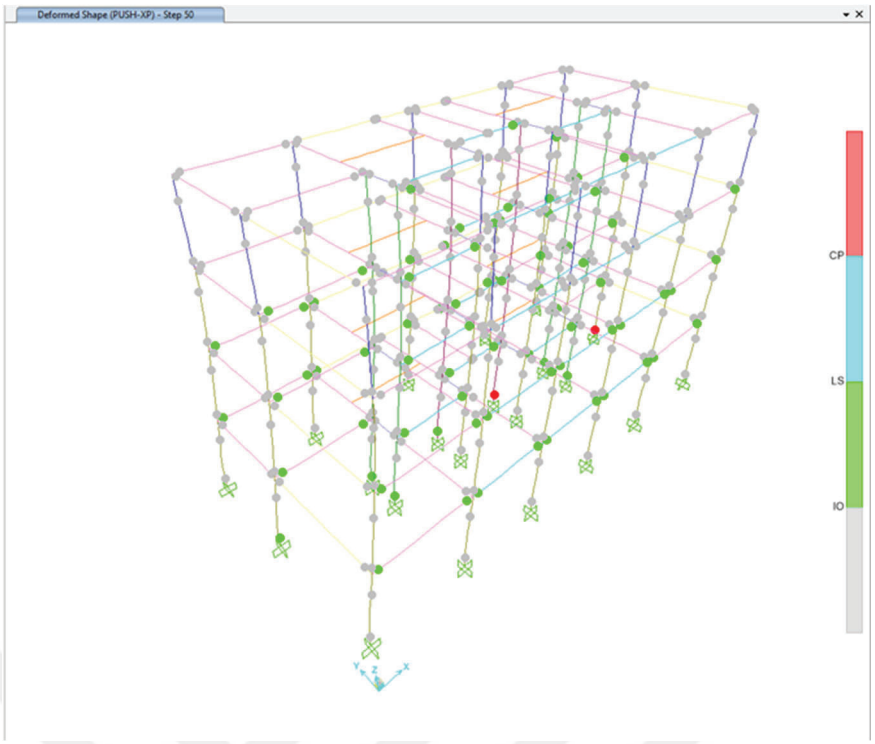
5.2.1 İtme Analizi Sonucunda Kolon ve Kiriş Elemanlarda Eğilme Tipi Hasar Dağılımları

Mevcut betonarme yapının kolon ve kiriş elemanlarında deprem kuvvetlerinin binaya her iki doğrultuda ayrı ayrı etki ettirilmesinden elde edilen en olumsuz hasar dağılımları ve en olumsuz plastik dönme değerleri dikkate alınacaktır. Sabit tek modlu itme analizinde X ve Y doğrultuları için yapıda +X (PUSH-XP), -X (PUSH-

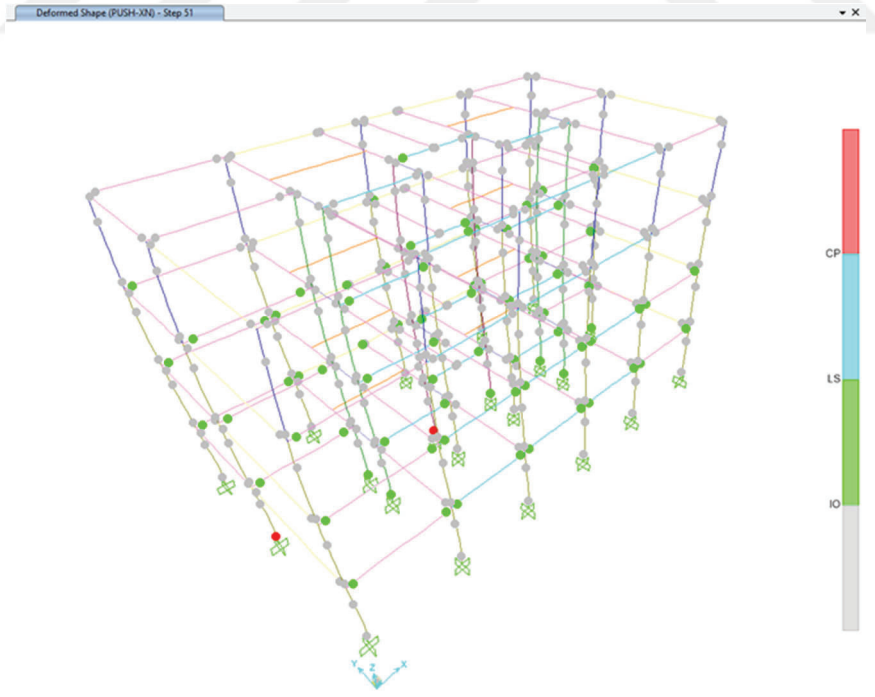
XN), +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) olmak üzere 4 yön için belirlenen hedef yerdeğiştirme değerine kadar yapının itilmesi sonucunda elde edilen sonuçlar göre, kolon ve kiriş elemanları için eğilme hasarları kontrol edilmiştir. X doğrultusu için +X ve –X yönündeki itme sonuçlarından, Y doğrultusu için ise +Y ve –Y yönündeki itme sonuçlarından olumsuz olanı o doğultu için kabul edilmiştir. Şekil 5.9'da kolon ve kiriş elemanlarının numaraları gösterilmiştir. Yapılan +X (PUSH-XP), -X (PUSH-XN), +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) itme analiz sonuçları sırasıyla Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'te gösterilmektedir. Bu şekiller üzerinden kolon ve kiriş elemanların sünek eleman kontrolü için göçme öncesi (GÖ)-CP, kontrollü hasar (KH)-LS ve sınırlı hasar (SH)-IO seviyeleri için performans kriteri kontrolü gösterilmiştir.



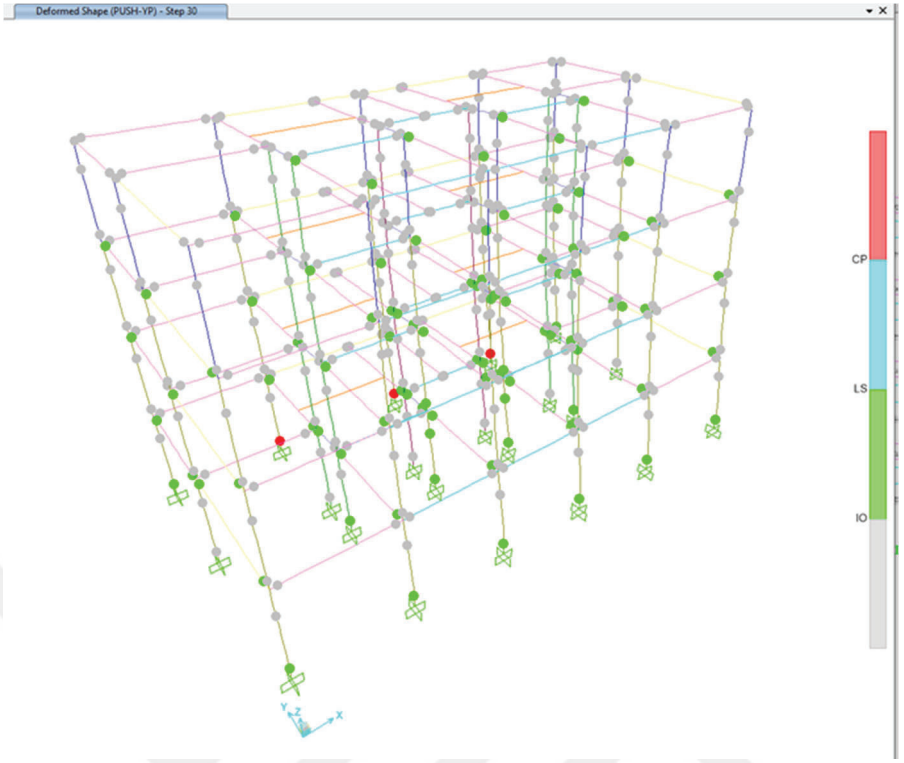
Şekil 5.9 Mevcut yapının SAP2000 modelindeki eleman numaraları



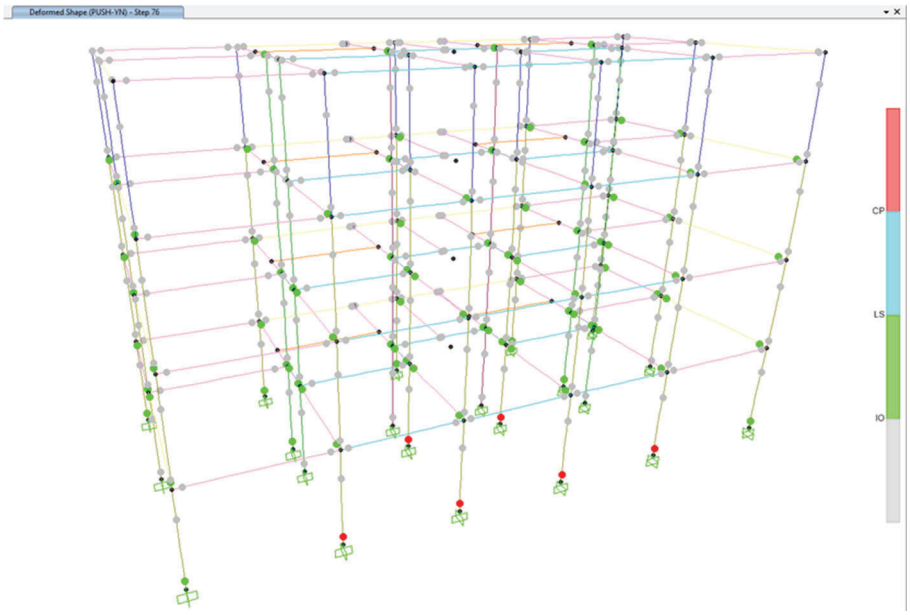
Şekil 5.10 +X (PUSH-XP) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar



Şekil 5.11 -X (PUSH-XN) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar



Şekil 5.12 +Y (PUSH-YP) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar



Şekil 5.13 -Y (PUSH-YN) yönünde yapılan itme analizi sonucunda oluşan plastik mafsallar

5.2.1.1 X Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Kolonların Bulundukları Katlara Göre Hasar Dağılımları

Sabit tek modlu itme analizinde mevcut yapı için yapılan +X (PUSH-XP) ve –X (PUSH-XN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kolon elemanlarındaki en olumsuz hasar durumu seçilecek şekilde hasar dağılımları belirlenmiştir. Bu çalışmada, TBDY-2018 standartlarına uyularak kolon elemanları için hasar oranları belirlenmiş ve Tablo 5.8, Tablo 5.9, Tablo 5.10 ve Tablo 5.11'de bu dağılımlar detaylı olarak sunulmuştur. Ayrıca, kolonların her kat için hasar sınıflarına göre yüzdelik hasar sınırları Tablo 5.12'da verilmiştir.

Tablo 5.8 Zemin kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	C10	184	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C11	185	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C12	186	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C13	187	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C14	188	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C15	189	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C16	190	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C44	191	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C47	192	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C19	193	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C20	194	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C21	195	C40X25	X Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C22	196	C40X25	X Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C23	197	C50X25	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C24	198	C50X25	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C25	199	C50X25	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C26	200	C50X25	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C45	201	C70X25	X Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C48	202	C70X25	X Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C46	203	C40X25	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C49	204	C40X25	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.9 1. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
1.Normal Kat	C10	123	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C11	124	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C12	125	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C13	126	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C14	127	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C15	128	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C16	129	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C44	130	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C47	131	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C19	132	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C20	133	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C21	134	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C22	135	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C23	136	C50X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C24	137	C50X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C25	138	C50X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C26	139	C50X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C45	140	C70X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C48	141	C70X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C46	142	C40X25	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C49	143	C40X25	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.10 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	C10	62	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C11	63	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C12	64	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C13	65	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C14	66	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C15	67	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C16	68	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C44	69	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C47	70	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C19	71	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C20	72	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C21	73	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C22	74	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C23	75	C50X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C24	76	C50X25	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.10 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	C25	77	C50X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C26	78	C50X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C45	79	C70X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C48	80	C70X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C46	81	C40X25	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C49	82	C40X25	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.11 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	C10	1	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C11	2	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C12	3	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C13	4	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C14	5	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C15	6	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C16	7	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C44	8	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C47	9	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C19	10	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C20	11	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C21	12	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C22	13	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C23	14	C50X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C24	15	C50X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C25	16	C50X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C26	17	C50X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C45	18	C70X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C48	19	C70X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C46	20	C25X25	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C49	21	C25X25	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.12 Kolonların eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (X doğrultusu)

Kat No	SHB	BHB	İHB	GB	Toplam
3.Normal Kat	21 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
2.Normal Kat	21 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
1.Normal Kat	21 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
Zemin Kat	13 (61,90%)	4 (19,05%)	0 (0,00%)	4 (19,05%)	21 (100%)

5.2.1.2 Y Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Kolonların Bulundukları Katlara Göre Hasar Dağılımları

Sabit tek modlu itme analizinde mevcut yapı için yapılan +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kolon elemanlarındaki en olumsuz hasar durumu seçilecek şekilde hasar dağılımları belirlenmiştir. Bu çalışmada, TBDY-2018 standartlarına uyularak kolon elemanları için hasar oranları tespit edilmiş ve Tablo 5.13, Tablo 5.14, Tablo 5.15 ve Tablo 5.16'de bu dağılımlar detaylı şekilde sunulmuştur. Ayrıca, kolonların her kat için hasar sınıflarına göre yüzdelik hasar sınırları Tablo 5.17'da verilmiştir.

Tablo 5.13 Zemin kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	C10	184	C40X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C11	185	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C12	186	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C13	187	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C14	188	C40X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C15	189	C40X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C16	190	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C44	191	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C47	192	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C19	193	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C20	194	C40X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C21	195	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C22	196	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C23	197	C50X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C24	198	C50X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C25	199	C50X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C26	200	C50X25	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	C45	201	C70X25	Y Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	C48	202	C70X25	Y Doğrultusu	SHB

Tablo 5.13 Zemin kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	C46	203	C40X25	Y Doğrultusu	GB
Zemin Kat	C49	204	C40X25	Y Doğrultusu	GB

Tablo 5.14 1. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
1.Normal Kat	C10	123	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C11	124	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C12	125	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C13	126	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C14	127	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C15	128	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C16	129	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C44	130	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C47	131	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C19	132	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C20	133	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C21	134	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C22	135	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C23	136	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C24	137	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C25	138	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C26	139	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C45	140	C70X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C48	141	C70X25	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	C46	142	C40X25	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	C49	143	C40X25	Y Doğrultusu	BHB

Tablo 5.15 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	C10	62	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C11	63	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C12	64	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C13	65	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C14	66	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C15	67	C40X25	Y Doğrultusu	SHB

Tablo 5.15 2. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	C16	68	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C44	69	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C47	70	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C19	71	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C20	72	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C21	73	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C22	74	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C23	75	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C24	76	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C25	77	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C26	78	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C45	79	C70X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C48	80	C70X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C46	81	C40X25	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	C49	82	C40X25	Y Doğrultusu	SHB

Tablo 5.16 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	C10	1	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C11	2	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C12	3	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C13	4	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C14	5	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C15	6	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C16	7	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C44	8	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C47	9	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C19	10	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C20	11	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C21	12	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C22	13	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C23	14	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C24	15	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C25	16	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C26	17	C50X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C45	18	C70X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C48	19	C70X25	Y Doğrultusu	SHB

Tablo 5.16 3. Normal kat kolonlarının hasar dağılımları (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	C46	20	C25X25	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	C49	21	C25X25	Y Doğrultusu	SHB

Tablo 5.17 Kolonların eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (Y doğrultusu)

Kat No	SHB	BHB	İHB	GB	Toplam
3.Normal Kat	21 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
2.Normal Kat	21 (100,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
1.Normal Kat	19 (90,48%)	2 (9,52%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
Zemin Kat	4 (19,05%)	8 (38,10%)	0 (0,00%)	9 (42,85%)	21 (100%)

5.2.1.3 X Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Kirişlerin Bulundukları Katlara Göre Hasar Dağılımları

Sabit tek modlu itme analizinde mevcut yapı için yapılan +X (PUSH-XP) ve –X (PUSH-XN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kiriş elemanlarındaki en olumsuz hasar durumu seçilecek şekilde hasar dağılımları belirlenmiştir. Bu çalışmada, TBDY-2018 standartlarına uyularak kiriş elemanları için hasar oranları belirlenmiş ve Tablo 5.18, Tablo 5.19, Tablo 5.20 ve Tablo 5.21'de bu dağılımlar detaylı olarak sunulmuştur. Ayrıca, kirişlerin her kat için hasar sınıflarına göre yüzdelik hasar sınırları Tablo 5.22'da verilmiştir.

Tablo 5.18 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	B13	205	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B50	206	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B59	207	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B60	208	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B17	209	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B20	212	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B78	213	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B79	214	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B80	215	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B81	216	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B23	217	B25X60	X Doğrultusu	BHB

Tablo 5.18 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	B39	237	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B68	238	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B69	239	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B41	240	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B56	241	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B65	242	B25X60	X Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B57	243	B10X60	X Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	B66	244	B10X60	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.19 1. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
1.Normal Kat	B13	144	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B50	145	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B59	146	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B60	147	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B17	148	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B20	151	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B78	152	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B79	153	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B80	154	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B81	155	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B23	156	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B39	176	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B68	177	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B69	178	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B41	179	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B56	180	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B65	181	B25X60	X Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B57	182	B10X60	X Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	B66	183	B10X60	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.20 2. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	B13	83	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B50	84	B25X60	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B59	85	B25X60	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B60	86	B25X60	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B17	87	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B20	90	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B78	91	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B79	92	B25X60	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B80	93	B25X60	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B81	94	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B23	95	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B39	115	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B68	116	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B69	117	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B41	118	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B56	119	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B65	120	B25X60	X Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B57	121	B25X60	X Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B66	122	B25X60	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.21 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	B13	22	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B50	23	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B59	24	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B60	25	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B17	26	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B20	29	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B78	30	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B79	31	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B80	32	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B81	33	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B23	34	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B39	54	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B68	55	B25X60	X Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B69	56	B25X60	X Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B41	57	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B56	58	B25X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B65	59	B25X60	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.21 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (X doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	B57	60	B10X60	X Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B66	61	B10X60	X Doğrultusu	SHB

Tablo 5.22 Kirişlerin eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (X doğrultusu)

Kat No	Hasarsız (SHB)	BHB	İHB	GB	Toplam
3.Normal Kat	17 (89,47%)	2 (10,53%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	19 (100%)
2.Normal Kat	7 (36,84%)	12 (63,16%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	19 (100%)
1.Normal Kat	2 (10,53%)	17 (89,47%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	19 (100%)
Zemin Kat	2 (10,53%)	17 (89,47%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	19 (100%)

5.2.1.4 Y Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Kirişlerin Bulundukları Katlara Göre Hasar Dağılımları

Sabit tek modlu itme analizinde mevcut yapı için yapılan +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kiriş elemanlarındaki en olumsuz hasar durumu seçilecek şekilde hasar dağılımları belirlenmiştir. Bu çalışmada, TBDY-2018 standartlarına uyularak kiriş elemanları için hasar oranları tespit edilmiştir. ve Tablo 5.23, Tablo 5.24, Tablo 5.25 ve Tablo 5.26'de bu dağılımlar detaylı biçimde sunulmuştur. Ayrıca, kirişlerin her kat için hasar sınıflarına göre yüzdelik hasar sınırları Tablo 5.27'da verilmiştir.

Tablo 5.23 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	B18	210	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B19	211	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B24	218	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B25	219	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B26	220	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B27	221	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B74	222	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B75	223	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B52	224	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B53	225	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B70	226	B25X60	Y Doğrultusu	BHB

Tablo 5.23 Zemin kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
Zemin Kat	B71	227	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	B61	228	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B62	229	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B34	230	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B35	231	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B76	232	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B77	233	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B72	234	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
Zemin Kat	B73	235	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
Zemin Kat	B38	236	B25X60	Y Doğrultusu	BHB

Tablo 5.24 1. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
1.Normal Kat	B18	149	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B19	150	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B24	157	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B25	158	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B26	159	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B27	160	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B74	161	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B75	162	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B52	163	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B53	164	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B70	165	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B71	166	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	B61	167	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B62	168	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B34	169	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B35	170	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B76	171	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B77	172	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B72	173	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
1.Normal Kat	B73	174	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
1.Normal Kat	B38	175	B25X60	Y Doğrultusu	BHB

Tablo 5.25 2. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
2.Normal Kat	B18	88	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B19	89	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B24	96	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B25	97	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B26	98	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B27	99	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B74	100	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B75	101	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B52	102	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B53	103	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B70	104	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B71	105	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B61	106	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B62	107	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B34	108	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B35	109	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B76	110	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B77	111	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B72	112	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
2.Normal Kat	B73	113	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
2.Normal Kat	B38	114	B25X60	Y Doğrultusu	BHB

Tablo 5.26 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	B18	27	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B19	28	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B24	35	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B25	36	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B26	37	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B27	38	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B74	39	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B75	40	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B52	41	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B53	42	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B70	43	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B71	44	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B61	45	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B62	46	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B34	47	B25X60	Y Doğrultusu	BHB

Tablo 5.26 3. Normal kat kirişlerinin hasar dağılımları (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Hasar Bölgesi
3.Normal Kat	B35	48	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B76	49	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B77	50	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B72	51	B25X60	Y Doğrultusu	BHB
3.Normal Kat	B73	52	B25X60	Y Doğrultusu	SHB
3.Normal Kat	B38	53	B25X60	Y Doğrultusu	SHB

Tablo 5.27 Kirişlerin eğilme içerikli hasar dağılımı ve oranları (Y doğrultusu)

Kat No	Hasarsız (SHB)	BHB	İHB	GB	Toplam
3.Normal Kat	13 (61,90%)	8 (38,10%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
2.Normal Kat	6 (28,57%)	15 (71,43%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
1.Normal Kat	2 (9,52%)	19 (90,48%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)
Zemin Kat	2 (9,52%)	19 (90,48%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	21 (100%)

5.2.2 İtme Analizi Sonucunda Kolon ve Kirişlerin Kesmede Etki/Kapasite Oranları

Sabit tek modlu itme analizinde X ve Y doğrultuları için yapıda +X (PUSH-XP), -X (PUSH-XN), +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) olmak üzere 4 yön için belirlenen hedef yerdeğiştirme değerine kadar yapının itilmesi sonucunda elde edilen sonuçlar göre, kolon ve kiriş elemanları için kesme kuvveti kontrol edilmiştir. Bu kontrol, kolon ve kiriş elemanlarında gevrek kırılmanın incelenmesi açısından önemlidir.

5.2.2.1 X Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Betonarme Kolonların Kesme Kuvveti Kontrolü

Mevcut yapı için yapılan +X (PUSH-XP) ve –X (PUSH-XN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kolon elemanlarındaki maksimum kesme kuvvetleri bulunarak X doğrultusundaki kolon elemanlarının kesme kuvveti kontrol hesabı TBDY-2018 ve TS-500'deki adımlar takip edilerek detaylı olarak yapılmıştır. Tablo 5.28, Tablo 5.29, Tablo 5.30 ve Tablo 5.31’de verilmiştir. X doğrultusundaki analiz

sonucunda tüm kolonlarda kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir.

Tablo 5.28 Zemin kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
Zemin Kat	C10	184	C40X25	Minör	X Doğrultusu	23	69	0,33	Uygun
Zemin Kat	C11	185	C40X25	Minör	X Doğrultusu	49	69	0,71	Uygun
Zemin Kat	C12	186	C40X25	Minör	X Doğrultusu	62	69	0,90	Uygun
Zemin Kat	C13	187	C40X25	Minör	X Doğrultusu	49	69	0,71	Uygun
Zemin Kat	C14	188	C40X25	Minör	X Doğrultusu	36	69	0,52	Uygun
Zemin Kat	C15	189	C40X25	Minör	X Doğrultusu	28	69	0,40	Uygun
Zemin Kat	C16	190	C40X25	Minör	X Doğrultusu	50	69	0,72	Uygun
Zemin Kat	C44	191	C40X25	Minör	X Doğrultusu	51	69	0,74	Uygun
Zemin Kat	C47	192	C40X25	Minör	X Doğrultusu	50	69	0,72	Uygun
Zemin Kat	C19	193	C40X25	Minör	X Doğrultusu	49	69	0,71	Uygun
Zemin Kat	C20	194	C40X25	Minör	X Doğrultusu	38	69	0,55	Uygun
Zemin Kat	C21	195	C40X25	Major	X Doğrultusu	44	80	0,55	Uygun
Zemin Kat	C22	196	C40X25	Major	X Doğrultusu	55	80	0,69	Uygun
Zemin Kat	C23	197	C50X25	Major	X Doğrultusu	70	103	0,68	Uygun
Zemin Kat	C24	198	C50X25	Major	X Doğrultusu	63	103	0,61	Uygun
Zemin Kat	C25	199	C50X25	Major	X Doğrultusu	59	103	0,58	Uygun
Zemin Kat	C26	200	C50X25	Major	X Doğrultusu	71	103	0,69	Uygun
Zemin Kat	C45	201	C70X25	Major	X Doğrultusu	129	147	0,87	Uygun
Zemin Kat	C48	202	C70X25	Major	X Doğrultusu	137	147	0,94	Uygun
Zemin Kat	C46	203	C40X25	Minör	X Doğrultusu	32	69	0,46	Uygun
Zemin Kat	C49	204	C40X25	Minör	X Doğrultusu	30	69	0,43	Uygun

Tablo 5.29 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	C10	123	C40X25	Minör	X Doğrultusu	26	69	0,38	Uygun
1.Normal Kat	C11	124	C40X25	Minör	X Doğrultusu	48	69	0,69	Uygun
1.Normal Kat	C12	125	C40X25	Minör	X Doğrultusu	54	69	0,78	Uygun
1.Normal Kat	C13	126	C40X25	Minör	X Doğrultusu	46	69	0,67	Uygun
1.Normal Kat	C14	127	C40X25	Minör	X Doğrultusu	28	69	0,40	Uygun
1.Normal Kat	C15	128	C40X25	Minör	X Doğrultusu	27	69	0,39	Uygun
1.Normal Kat	C16	129	C40X25	Minör	X Doğrultusu	46	69	0,66	Uygun
1.Normal Kat	C44	130	C40X25	Minör	X Doğrultusu	45	69	0,65	Uygun
1.Normal Kat	C47	131	C40X25	Minör	X Doğrultusu	44	69	0,64	Uygun
1.Normal Kat	C19	132	C40X25	Minör	X Doğrultusu	46	69	0,67	Uygun

Tablo 5.29 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	C20	133	C40X25	Minör	X Doğrultusu	29	69	0,42	Uygun
1.Normal Kat	C21	134	C40X25	Major	X Doğrultusu	37	80	0,46	Uygun
1.Normal Kat	C22	135	C40X25	Major	X Doğrultusu	45	80	0,56	Uygun
1.Normal Kat	C23	136	C50X25	Major	X Doğrultusu	56	103	0,55	Uygun
1.Normal Kat	C24	137	C50X25	Major	X Doğrultusu	51	103	0,50	Uygun
1.Normal Kat	C25	138	C50X25	Major	X Doğrultusu	54	103	0,53	Uygun
1.Normal Kat	C26	139	C50X25	Major	X Doğrultusu	57	103	0,56	Uygun
1.Normal Kat	C45	140	C70X25	Major	X Doğrultusu	103	147	0,70	Uygun
1.Normal Kat	C48	141	C70X25	Major	X Doğrultusu	107	147	0,73	Uygun
1.Normal Kat	C46	142	C40X25	Minör	X Doğrultusu	31	69	0,45	Uygun
1.Normal Kat	C49	143	C40X25	Minör	X Doğrultusu	30	69	0,43	Uygun

Tablo 5.30 2. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
2.Normal Kat	C10	62	C40X25	Minör	X Doğrultusu	22	69	0,31	Uygun
2.Normal Kat	C11	63	C40X25	Minör	X Doğrultusu	40	69	0,57	Uygun
2.Normal Kat	C12	64	C40X25	Minör	X Doğrultusu	43	69	0,62	Uygun
2.Normal Kat	C13	65	C40X25	Minör	X Doğrultusu	38	69	0,56	Uygun
2.Normal Kat	C14	66	C40X25	Minör	X Doğrultusu	27	69	0,39	Uygun
2.Normal Kat	C15	67	C40X25	Minör	X Doğrultusu	23	69	0,33	Uygun
2.Normal Kat	C16	68	C40X25	Minör	X Doğrultusu	39	69	0,56	Uygun
2.Normal Kat	C44	69	C40X25	Minör	X Doğrultusu	38	69	0,54	Uygun
2.Normal Kat	C47	70	C40X25	Minör	X Doğrultusu	37	69	0,54	Uygun
2.Normal Kat	C19	71	C40X25	Minör	X Doğrultusu	38	69	0,55	Uygun
2.Normal Kat	C20	72	C40X25	Minör	X Doğrultusu	29	69	0,42	Uygun
2.Normal Kat	C21	73	C40X25	Major	X Doğrultusu	30	80	0,37	Uygun
2.Normal Kat	C22	74	C40X25	Major	X Doğrultusu	37	80	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C23	75	C50X25	Major	X Doğrultusu	38	103	0,37	Uygun
2.Normal Kat	C24	76	C50X25	Major	X Doğrultusu	34	103	0,33	Uygun
2.Normal Kat	C25	77	C50X25	Major	X Doğrultusu	33	103	0,32	Uygun
2.Normal Kat	C26	78	C50X25	Major	X Doğrultusu	39	103	0,38	Uygun
2.Normal Kat	C45	79	C70X25	Major	X Doğrultusu	47	147	0,32	Uygun
2.Normal Kat	C48	80	C70X25	Major	X Doğrultusu	53	147	0,36	Uygun
2.Normal Kat	C46	81	C40X25	Minör	X Doğrultusu	26	69	0,38	Uygun
2.Normal Kat	C49	82	C40X25	Minör	X Doğrultusu	24	69	0,35	Uygun

Tablo 5.31 3. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
3.Normal Kat	C10	1	C25X25	Minör	X Doğrultusu	12	47	0,26	Uygun
3.Normal Kat	C11	2	C25X25	Minör	X Doğrultusu	20	47	0,43	Uygun
3.Normal Kat	C12	3	C25X25	Minör	X Doğrultusu	20	47	0,43	Uygun
3.Normal Kat	C13	4	C25X25	Minör	X Doğrultusu	20	47	0,42	Uygun
3.Normal Kat	C14	5	C25X25	Minör	X Doğrultusu	14	47	0,29	Uygun
3.Normal Kat	C15	6	C25X25	Minör	X Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C16	7	C25X25	Minör	X Doğrultusu	20	47	0,42	Uygun
3.Normal Kat	C44	8	C25X25	Minör	X Doğrultusu	20	47	0,42	Uygun
3.Normal Kat	C47	9	C25X25	Minör	X Doğrultusu	19	47	0,41	Uygun
3.Normal Kat	C19	10	C25X25	Minör	X Doğrultusu	17	47	0,37	Uygun
3.Normal Kat	C20	11	C25X25	Minör	X Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C21	12	C25X25	Major	X Doğrultusu	10	47	0,22	Uygun
3.Normal Kat	C22	13	C25X25	Major	X Doğrultusu	13	47	0,27	Uygun
3.Normal Kat	C23	14	C50X25	Major	X Doğrultusu	24	103	0,24	Uygun
3.Normal Kat	C24	15	C50X25	Major	X Doğrultusu	6	103	0,06	Uygun
3.Normal Kat	C25	16	C50X25	Major	X Doğrultusu	19	103	0,18	Uygun
3.Normal Kat	C26	17	C50X25	Major	X Doğrultusu	22	103	0,22	Uygun
3.Normal Kat	C45	18	C70X25	Major	X Doğrultusu	20	147	0,14	Uygun
3.Normal Kat	C48	19	C70X25	Major	X Doğrultusu	31	147	0,21	Uygun
3.Normal Kat	C46	20	C25X25	Minör	X Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C49	21	C25X25	Minör	X Doğrultusu	13	47	0,27	Uygun

5.2.2.2 Y Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Betonarme Kolonların Kesme Kuvveti Kontrolü

Mevcut yapı için yapılan +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kolon elemanlarındaki maksimum kesme kuvvetleri bulunarak Y doğrultusundaki kolon elemanlarının kesme kuvveti kontrol hesabı TBDY-2018 ve TS-500'deki adımlar takip edilerek detaylı olarak yapılmıştır. Tablo 5.32, Tablo 5.33, Tablo 5.34 ve Tablo 5.35'de verilmiştir. Y doğrultusundaki analiz sonucunda büyük çoğunlukta kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir. Sadece 1. Normal katta ise 1 adet kolonda gevrek kırılma görülmüştür.

Tablo 5.32 Zemin kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
Zemin Kat	C10	184	C40X25	Major	Y Doğrultusu	57	80	0,71	Uygun
Zemin Kat	C11	185	C40X25	Major	Y Doğrultusu	63	80	0,79	Uygun
Zemin Kat	C12	186	C40X25	Major	Y Doğrultusu	76	80	0,95	Uygun
Zemin Kat	C13	187	C40X25	Major	Y Doğrultusu	63	80	0,79	Uygun
Zemin Kat	C14	188	C40X25	Major	Y Doğrultusu	57	80	0,71	Uygun
Zemin Kat	C15	189	C40X25	Major	Y Doğrultusu	43	80	0,53	Uygun
Zemin Kat	C16	190	C40X25	Major	Y Doğrultusu	45	80	0,57	Uygun
Zemin Kat	C44	191	C40X25	Major	Y Doğrultusu	41	80	0,52	Uygun
Zemin Kat	C47	192	C40X25	Major	Y Doğrultusu	41	80	0,52	Uygun
Zemin Kat	C19	193	C40X25	Major	Y Doğrultusu	45	80	0,57	Uygun
Zemin Kat	C20	194	C40X25	Major	Y Doğrultusu	43	80	0,53	Uygun
Zemin Kat	C21	195	C40X25	Minör	Y Doğrultusu	53	69	0,77	Uygun
Zemin Kat	C22	196	C40X25	Minör	Y Doğrultusu	53	69	0,77	Uygun
Zemin Kat	C23	197	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	62	84	0,73	Uygun
Zemin Kat	C24	198	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	62	84	0,73	Uygun
Zemin Kat	C25	199	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	50	84	0,60	Uygun
Zemin Kat	C26	200	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	50	84	0,60	Uygun
Zemin Kat	C45	201	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	83	113	0,74	Uygun
Zemin Kat	C48	202	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	83	113	0,74	Uygun
Zemin Kat	C46	203	C40X25	Major	Y Doğrultusu	69	80	0,86	Uygun
Zemin Kat	C49	204	C40X25	Major	Y Doğrultusu	69	80	0,86	Uygun

Tablo 5.33 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	C10	123	C40X25	Major	Y Doğrultusu	36	80	0,45	Uygun
1.Normal Kat	C11	124	C40X25	Major	Y Doğrultusu	57	80	0,71	Uygun
1.Normal Kat	C12	125	C40X25	Major	Y Doğrultusu	93	80	1,16	Uygun Değil
1.Normal Kat	C13	126	C40X25	Major	Y Doğrultusu	57	80	0,71	Uygun
1.Normal Kat	C14	127	C40X25	Major	Y Doğrultusu	36	80	0,45	Uygun
1.Normal Kat	C15	128	C40X25	Major	Y Doğrultusu	33	80	0,41	Uygun
1.Normal Kat	C16	129	C40X25	Major	Y Doğrultusu	33	80	0,41	Uygun
1.Normal Kat	C44	130	C40X25	Major	Y Doğrultusu	33	80	0,41	Uygun
1.Normal Kat	C47	131	C40X25	Major	Y Doğrultusu	33	80	0,41	Uygun
1.Normal Kat	C19	132	C40X25	Major	Y Doğrultusu	33	80	0,41	Uygun
1.Normal Kat	C20	133	C40X25	Major	Y Doğrultusu	33	80	0,41	Uygun
1.Normal Kat	C21	134	C40X25	Minör	Y Doğrultusu	48	69	0,70	Uygun
1.Normal Kat	C22	135	C40X25	Minör	Y Doğrultusu	48	69	0,70	Uygun
1.Normal Kat	C23	136	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	55	84	0,66	Uygun

Tablo 5.33 1. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	C24	137	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	55	84	0,66	Uygun
1.Normal Kat	C25	138	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	49	84	0,58	Uygun
1.Normal Kat	C26	139	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	49	84	0,58	Uygun
1.Normal Kat	C45	140	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	70	113	0,62	Uygun
1.Normal Kat	C48	141	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	70	113	0,62	Uygun
1.Normal Kat	C46	142	C40X25	Major	Y Doğrultusu	70	80	0,88	Uygun
1.Normal Kat	C49	143	C40X25	Major	Y Doğrultusu	70	80	0,88	Uygun

Tablo 5.34 2. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
2.Normal Kat	C10	62	C40X25	Major	Y Doğrultusu	29	80	0,36	Uygun
2.Normal Kat	C11	63	C40X25	Major	Y Doğrultusu	35	80	0,44	Uygun
2.Normal Kat	C12	64	C40X25	Major	Y Doğrultusu	55	80	0,69	Uygun
2.Normal Kat	C13	65	C40X25	Major	Y Doğrultusu	35	80	0,44	Uygun
2.Normal Kat	C14	66	C40X25	Major	Y Doğrultusu	29	80	0,36	Uygun
2.Normal Kat	C15	67	C40X25	Major	Y Doğrultusu	19	80	0,24	Uygun
2.Normal Kat	C16	68	C40X25	Major	Y Doğrultusu	23	80	0,29	Uygun
2.Normal Kat	C44	69	C40X25	Major	Y Doğrultusu	25	80	0,31	Uygun
2.Normal Kat	C47	70	C40X25	Major	Y Doğrultusu	25	80	0,31	Uygun
2.Normal Kat	C19	71	C40X25	Major	Y Doğrultusu	23	80	0,29	Uygun
2.Normal Kat	C20	72	C40X25	Major	Y Doğrultusu	19	80	0,24	Uygun
2.Normal Kat	C21	73	C40X25	Minör	Y Doğrultusu	41	69	0,59	Uygun
2.Normal Kat	C22	74	C40X25	Minör	Y Doğrultusu	41	69	0,59	Uygun
2.Normal Kat	C23	75	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	39	84	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C24	76	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	39	84	0,46	Uygun
2.Normal Kat	C25	77	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	44	84	0,52	Uygun
2.Normal Kat	C26	78	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	44	84	0,52	Uygun
2.Normal Kat	C45	79	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	51	113	0,45	Uygun
2.Normal Kat	C48	80	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	51	113	0,45	Uygun
2.Normal Kat	C46	81	C40X25	Major	Y Doğrultusu	68	80	0,85	Uygun
2.Normal Kat	C49	82	C40X25	Major	Y Doğrultusu	68	80	0,85	Uygun

Tablo 5.35 3. Normal kat kolonlarının kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kolon Etiketi	Kesit No	Kolon Boyutu	Yön	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
3.Normal Kat	C10	1	C25X25	Major	Y Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C11	2	C25X25	Major	Y Doğrultusu	17	47	0,37	Uygun
3.Normal Kat	C12	3	C25X25	Major	Y Doğrultusu	18	47	0,39	Uygun
3.Normal Kat	C13	4	C25X25	Major	Y Doğrultusu	17	47	0,37	Uygun
3.Normal Kat	C14	5	C25X25	Major	Y Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C15	6	C25X25	Major	Y Doğrultusu	12	47	0,25	Uygun
3.Normal Kat	C16	7	C25X25	Major	Y Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C44	8	C25X25	Major	Y Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C47	9	C25X25	Major	Y Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C19	10	C25X25	Major	Y Doğrultusu	14	47	0,30	Uygun
3.Normal Kat	C20	11	C25X25	Major	Y Doğrultusu	12	47	0,25	Uygun
3.Normal Kat	C21	12	C25X25	Minör	Y Doğrultusu	22	47	0,46	Uygun
3.Normal Kat	C22	13	C25X25	Minör	Y Doğrultusu	22	47	0,46	Uygun
3.Normal Kat	C23	14	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	19	84	0,23	Uygun
3.Normal Kat	C24	15	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	19	84	0,23	Uygun
3.Normal Kat	C25	16	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	26	84	0,31	Uygun
3.Normal Kat	C26	17	C50X25	Minör	Y Doğrultusu	26	84	0,31	Uygun
3.Normal Kat	C45	18	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	13	113	0,12	Uygun
3.Normal Kat	C48	19	C70X25	Minör	Y Doğrultusu	13	113	0,12	Uygun
3.Normal Kat	C46	20	C25X25	Major	Y Doğrultusu	15	47	0,32	Uygun
3.Normal Kat	C49	21	C25X25	Major	Y Doğrultusu	15	47	0,32	Uygun

5.2.2.3 X Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Betonarme Kirişlerin Kesme Kuvveti Kontrolü

Mevcut yapı için yapılan +X (PUSH-XP) ve –X (PUSH-XN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kiriş elemanlarındaki maksimum kesme kuvvetleri bulunarak X doğrultusundaki kiriş elemanlarının kesme kuvveti kontrol hesabı TBDY-2018 ve TS-500'deki adımlar takip edilerek detaylı olarak yapılmış ve Tablo 5.36, Tablo 5.37, Tablo 5.38 ve Tablo 5.39'de gösterilmiştir. X doğrultusundaki analiz sonucunda kiriş elemanlarında kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir.

Tablo 5.36 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
Zemin Kat	B13	205	B25X60	X Doğrultusu	65	125	0,52	Uygun
Zemin Kat	B50	206	B25X60	X Doğrultusu	61	125	0,49	Uygun
Zemin Kat	B59	207	B25X60	X Doğrultusu	62	125	0,49	Uygun
Zemin Kat	B60	208	B25X60	X Doğrultusu	61	125	0,49	Uygun
Zemin Kat	B17	209	B25X60	X Doğrultusu	65	125	0,52	Uygun
Zemin Kat	B20	212	B25X60	X Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
Zemin Kat	B78	213	B25X60	X Doğrultusu	34	125	0,27	Uygun
Zemin Kat	B79	214	B25X60	X Doğrultusu	59	125	0,47	Uygun
Zemin Kat	B80	215	B25X60	X Doğrultusu	49	125	0,39	Uygun
Zemin Kat	B81	216	B25X60	X Doğrultusu	70	125	0,56	Uygun
Zemin Kat	B23	217	B25X60	X Doğrultusu	58	125	0,46	Uygun
Zemin Kat	B39	237	B25X60	X Doğrultusu	73	125	0,58	Uygun
Zemin Kat	B68	238	B25X60	X Doğrultusu	63	125	0,51	Uygun
Zemin Kat	B69	239	B25X60	X Doğrultusu	100	125	0,80	Uygun
Zemin Kat	B41	240	B25X60	X Doğrultusu	72	125	0,58	Uygun
Zemin Kat	B56	241	B25X60	X Doğrultusu	71	125	0,57	Uygun
Zemin Kat	B65	242	B25X60	X Doğrultusu	72	125	0,58	Uygun
Zemin Kat	B57	243	B10X60	X Doğrultusu	20	66	0,31	Uygun
Zemin Kat	B66	244	B10X60	X Doğrultusu	20	66	0,31	Uygun

Tablo 5.37 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	B13	144	B25X60	X Doğrultusu	65	125	0,52	Uygun
1.Normal Kat	B50	145	B25X60	X Doğrultusu	61	125	0,49	Uygun
1.Normal Kat	B59	146	B25X60	X Doğrultusu	62	125	0,49	Uygun
1.Normal Kat	B60	147	B25X60	X Doğrultusu	61	125	0,49	Uygun
1.Normal Kat	B17	148	B25X60	X Doğrultusu	65	125	0,52	Uygun
1.Normal Kat	B20	151	B25X60	X Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
1.Normal Kat	B78	152	B25X60	X Doğrultusu	34	125	0,27	Uygun
1.Normal Kat	B79	153	B25X60	X Doğrultusu	59	125	0,47	Uygun
1.Normal Kat	B80	154	B25X60	X Doğrultusu	46	125	0,37	Uygun
1.Normal Kat	B81	155	B25X60	X Doğrultusu	71	125	0,57	Uygun
1.Normal Kat	B23	156	B25X60	X Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
1.Normal Kat	B39	176	B25X60	X Doğrultusu	73	125	0,58	Uygun
1.Normal Kat	B68	177	B25X60	X Doğrultusu	61	125	0,49	Uygun
1.Normal Kat	B69	178	B25X60	X Doğrultusu	94	125	0,75	Uygun
1.Normal Kat	B41	179	B25X60	X Doğrultusu	72	125	0,58	Uygun
1.Normal Kat	B56	180	B25X60	X Doğrultusu	71	125	0,57	Uygun

Tablo 5.37 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	B65	181	B25X60	X Doğrultusu	72	125	0,58	Uygun
1.Normal Kat	B57	182	B10X60	X Doğrultusu	20	66	0,31	Uygun
1.Normal Kat	B66	183	B10X60	X Doğrultusu	20	66	0,31	Uygun

Tablo 5.38 2. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
2.Normal Kat	B13	83	B25X60	X Doğrultusu	64	125	0,51	Uygun
2.Normal Kat	B50	84	B25X60	X Doğrultusu	43	125	0,34	Uygun
2.Normal Kat	B59	85	B25X60	X Doğrultusu	47	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B60	86	B25X60	X Doğrultusu	45	125	0,36	Uygun
2.Normal Kat	B17	87	B25X60	X Doğrultusu	56	125	0,45	Uygun
2.Normal Kat	B20	90	B25X60	X Doğrultusu	48	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B78	91	B25X60	X Doğrultusu	33	125	0,27	Uygun
2.Normal Kat	B79	92	B25X60	X Doğrultusu	50	125	0,40	Uygun
2.Normal Kat	B80	93	B25X60	X Doğrultusu	31	125	0,25	Uygun
2.Normal Kat	B81	94	B25X60	X Doğrultusu	56	125	0,45	Uygun
2.Normal Kat	B23	95	B25X60	X Doğrultusu	56	125	0,44	Uygun
2.Normal Kat	B39	115	B25X60	X Doğrultusu	73	125	0,58	Uygun
2.Normal Kat	B68	116	B25X60	X Doğrultusu	51	125	0,41	Uygun
2.Normal Kat	B69	117	B25X60	X Doğrultusu	88	125	0,70	Uygun
2.Normal Kat	B41	118	B25X60	X Doğrultusu	72	125	0,58	Uygun
2.Normal Kat	B56	119	B25X60	X Doğrultusu	71	125	0,57	Uygun
2.Normal Kat	B65	120	B25X60	X Doğrultusu	72	125	0,58	Uygun
2.Normal Kat	B57	121	B25X60	X Doğrultusu	20	66	0,31	Uygun
2.Normal Kat	B66	122	B25X60	X Doğrultusu	20	66	0,31	Uygun

Tablo 5.39 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
3.Normal Kat	B13	22	B25X60	X Doğrultusu	31	125	0,25	Uygun
3.Normal Kat	B50	23	B25X60	X Doğrultusu	22	125	0,18	Uygun
3.Normal Kat	B59	24	B25X60	X Doğrultusu	24	125	0,19	Uygun
3.Normal Kat	B60	25	B25X60	X Doğrultusu	21	125	0,17	Uygun
3.Normal Kat	B17	26	B25X60	X Doğrultusu	23	125	0,19	Uygun

Tablo 5.39 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (X doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
3.Normal Kat	B20	29	B25X60	X Doğrultusu	22	125	0,17	Uygun
3.Normal Kat	B78	30	B25X60	X Doğrultusu	26	125	0,21	Uygun
3.Normal Kat	B79	31	B25X60	X Doğrultusu	30	125	0,24	Uygun
3.Normal Kat	B80	32	B25X60	X Doğrultusu	20	125	0,16	Uygun
3.Normal Kat	B81	33	B25X60	X Doğrultusu	34	125	0,27	Uygun
3.Normal Kat	B23	34	B25X60	X Doğrultusu	28	125	0,22	Uygun
3.Normal Kat	B39	54	B25X60	X Doğrultusu	50	125	0,40	Uygun
3.Normal Kat	B68	55	B25X60	X Doğrultusu	47	125	0,37	Uygun
3.Normal Kat	B69	56	B25X60	X Doğrultusu	76	125	0,61	Uygun
3.Normal Kat	B41	57	B25X60	X Doğrultusu	36	125	0,29	Uygun
3.Normal Kat	B56	58	B25X60	X Doğrultusu	49	125	0,39	Uygun
3.Normal Kat	B65	59	B25X60	X Doğrultusu	55	125	0,44	Uygun
3.Normal Kat	B57	60	B10X60	X Doğrultusu	14	66	0,21	Uygun
3.Normal Kat	B66	61	B10X60	X Doğrultusu	14	66	0,21	Uygun

5.2.2.4 Y Doğrultusundaki İtme Analizi Sonucunda Betonarme Kirişlerin Kesme Kuvveti Kontrolü

Mevcut yapı için yapılan +Y (PUSH-YP) ve –Y (PUSH-YN) yönlerindeki itme analizleri sonucunda kiriş elemanlarındaki maksimum kesme kuvvetleri bulunarak Y doğrultusundaki kiriş elemanlarının kesme kuvveti kontrol hesabı TBDY-2018 ve TS-500'deki adımlar takip edilerek detaylı olarak yapılmış ve Tablo 5.40, Tablo 5.41, Tablo 5.42 ve Tablo 5.43'de belirtilmiştir. Y doğrultusundaki analiz sonucunda büyük çoğunlukta kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir, ancak zemin katta 4 ve 1. Normal katta ise 2 adet kirişte gevrek kırılma görülmüştür.

Tablo 5.40 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
Zemin Kat	B18	210	B25X60	Y Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
Zemin Kat	B19	211	B25X60	Y Doğrultusu	60	125	0,48	Uygun
Zemin Kat	B24	218	B25X60	Y Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
Zemin Kat	B25	219	B25X60	Y Doğrultusu	60	125	0,48	Uygun

Tablo 5.40 Zemin kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
Zemin Kat	B26	220	B25X60	Y Doğrultusu	79	125	0,63	Uygun
Zemin Kat	B27	221	B25X60	Y Doğrultusu	130	125	1,04	Uygun Değil
Zemin Kat	B74	222	B25X60	Y Doğrultusu	40	125	0,32	Uygun
Zemin Kat	B75	223	B25X60	Y Doğrultusu	74	125	0,59	Uygun
Zemin Kat	B52	224	B25X60	Y Doğrultusu	78	125	0,63	Uygun
Zemin Kat	B53	225	B25X60	Y Doğrultusu	148	125	1,18	Uygun Değil
Zemin Kat	B70	226	B25X60	Y Doğrultusu	45	125	0,36	Uygun
Zemin Kat	B71	227	B25X60	Y Doğrultusu	83	125	0,66	Uygun
Zemin Kat	B61	228	B25X60	Y Doğrultusu	78	125	0,63	Uygun
Zemin Kat	B62	229	B25X60	Y Doğrultusu	148	125	1,18	Uygun Değil
Zemin Kat	B34	230	B25X60	Y Doğrultusu	79	125	0,63	Uygun
Zemin Kat	B35	231	B25X60	Y Doğrultusu	130	125	1,04	Uygun Değil
Zemin Kat	B76	232	B25X60	Y Doğrultusu	40	125	0,32	Uygun
Zemin Kat	B77	233	B25X60	Y Doğrultusu	74	125	0,59	Uygun
Zemin Kat	B72	234	B25X60	Y Doğrultusu	45	125	0,36	Uygun
Zemin Kat	B73	235	B25X60	Y Doğrultusu	83	125	0,66	Uygun
Zemin Kat	B38	236	B25X60	Y Doğrultusu	79	125	0,63	Uygun

Tablo 5.41 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	B18	149	B25X60	Y Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
1.Normal Kat	B19	150	B25X60	Y Doğrultusu	57	125	0,46	Uygun
1.Normal Kat	B24	157	B25X60	Y Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
1.Normal Kat	B25	158	B25X60	Y Doğrultusu	57	125	0,46	Uygun
1.Normal Kat	B26	159	B25X60	Y Doğrultusu	79	125	0,63	Uygun
1.Normal Kat	B27	160	B25X60	Y Doğrultusu	108	125	0,86	Uygun
1.Normal Kat	B74	161	B25X60	Y Doğrultusu	39	125	0,32	Uygun
1.Normal Kat	B75	162	B25X60	Y Doğrultusu	74	125	0,59	Uygun
1.Normal Kat	B52	163	B25X60	Y Doğrultusu	78	125	0,63	Uygun
1.Normal Kat	B53	164	B25X60	Y Doğrultusu	147	125	1,18	Uygun Değil
1.Normal Kat	B70	165	B25X60	Y Doğrultusu	45	125	0,36	Uygun
1.Normal Kat	B71	166	B25X60	Y Doğrultusu	75	125	0,60	Uygun
1.Normal Kat	B61	167	B25X60	Y Doğrultusu	78	125	0,63	Uygun
1.Normal Kat	B62	168	B25X60	Y Doğrultusu	147	125	1,18	Uygun Değil
1.Normal Kat	B34	169	B25X60	Y Doğrultusu	79	125	0,63	Uygun
1.Normal Kat	B35	170	B25X60	Y Doğrultusu	108	125	0,86	Uygun

Tablo 5.41 1. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu) (Devamı)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
1.Normal Kat	B76	171	B25X60	Y Doğrultusu	39	125	0,32	Uygun
1.Normal Kat	B77	172	B25X60	Y Doğrultusu	74	125	0,59	Uygun
1.Normal Kat	B72	173	B25X60	Y Doğrultusu	45	125	0,36	Uygun
1.Normal Kat	B73	174	B25X60	Y Doğrultusu	75	125	0,60	Uygun
1.Normal Kat	B38	175	B25X60	Y Doğrultusu	57	125	0,46	Uygun

Tablo 5.42 2. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
2.Normal Kat	B18	88	B25X60	Y Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
2.Normal Kat	B19	89	B25X60	Y Doğrultusu	47	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B24	96	B25X60	Y Doğrultusu	58	125	0,47	Uygun
2.Normal Kat	B25	97	B25X60	Y Doğrultusu	47	125	0,38	Uygun
2.Normal Kat	B26	98	B25X60	Y Doğrultusu	79	125	0,63	Uygun
2.Normal Kat	B27	99	B25X60	Y Doğrultusu	56	125	0,45	Uygun
2.Normal Kat	B74	100	B25X60	Y Doğrultusu	40	125	0,32	Uygun
2.Normal Kat	B75	101	B25X60	Y Doğrultusu	69	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B52	102	B25X60	Y Doğrultusu	78	125	0,62	Uygun
2.Normal Kat	B53	103	B25X60	Y Doğrultusu	81	125	0,65	Uygun
2.Normal Kat	B70	104	B25X60	Y Doğrultusu	46	125	0,36	Uygun
2.Normal Kat	B71	105	B25X60	Y Doğrultusu	51	125	0,41	Uygun
2.Normal Kat	B61	106	B25X60	Y Doğrultusu	78	125	0,62	Uygun
2.Normal Kat	B62	107	B25X60	Y Doğrultusu	81	125	0,65	Uygun
2.Normal Kat	B34	108	B25X60	Y Doğrultusu	79	125	0,63	Uygun
2.Normal Kat	B35	109	B25X60	Y Doğrultusu	56	125	0,45	Uygun
2.Normal Kat	B76	110	B25X60	Y Doğrultusu	40	125	0,32	Uygun
2.Normal Kat	B77	111	B25X60	Y Doğrultusu	69	125	0,55	Uygun
2.Normal Kat	B72	112	B25X60	Y Doğrultusu	46	125	0,36	Uygun
2.Normal Kat	B73	113	B25X60	Y Doğrultusu	51	125	0,41	Uygun
2.Normal Kat	B38	114	B25X60	Y Doğrultusu	53	125	0,43	Uygun

Tablo 5.43 3. Normal kat kirişlerinin kesme güvenliği kontrolü (Y doğrultusu)

Kat No	Kiriş Etiketi	Kesit No	Kiriş Boyutu	Yükleme	Vd	Vr	Vd/Vr	Etriye Kontrolü
3.Normal Kat	B18	27	B25X60	Y Doğrultusu	37	125	0,29	Uygun
3.Normal Kat	B19	28	B25X60	Y Doğrultusu	21	125	0,16	Uygun
3.Normal Kat	B24	35	B25X60	Y Doğrultusu	37	125	0,29	Uygun
3.Normal Kat	B25	36	B25X60	Y Doğrultusu	21	125	0,16	Uygun
3.Normal Kat	B26	37	B25X60	Y Doğrultusu	57	125	0,45	Uygun
3.Normal Kat	B27	38	B25X60	Y Doğrultusu	30	125	0,24	Uygun
3.Normal Kat	B74	39	B25X60	Y Doğrultusu	32	125	0,26	Uygun
3.Normal Kat	B75	40	B25X60	Y Doğrultusu	41	125	0,33	Uygun
3.Normal Kat	B52	41	B25X60	Y Doğrultusu	54	125	0,43	Uygun
3.Normal Kat	B53	42	B25X60	Y Doğrultusu	45	125	0,36	Uygun
3.Normal Kat	B70	43	B25X60	Y Doğrultusu	34	125	0,28	Uygun
3.Normal Kat	B71	44	B25X60	Y Doğrultusu	29	125	0,23	Uygun
3.Normal Kat	B61	45	B25X60	Y Doğrultusu	54	125	0,43	Uygun
3.Normal Kat	B62	46	B25X60	Y Doğrultusu	45	125	0,36	Uygun
3.Normal Kat	B34	47	B25X60	Y Doğrultusu	57	125	0,45	Uygun
3.Normal Kat	B35	48	B25X60	Y Doğrultusu	30	125	0,24	Uygun
3.Normal Kat	B76	49	B25X60	Y Doğrultusu	32	125	0,26	Uygun
3.Normal Kat	B77	50	B25X60	Y Doğrultusu	41	125	0,33	Uygun
3.Normal Kat	B72	51	B25X60	Y Doğrultusu	34	125	0,28	Uygun
3.Normal Kat	B73	52	B25X60	Y Doğrultusu	29	125	0,23	Uygun
3.Normal Kat	B38	53	B25X60	Y Doğrultusu	28	125	0,22	Uygun

5.3 İtme Analizinden Elde Edilen Sonuçlara Göre Mevcut Yapının Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Mevcut yapı için yapılan itme analizleri SAP2000 programı kullanılarak oluşturlmuştur. Yapının temel taşıyıcı yapısı, betonarme çerçeve sistemiyle oluşturulan kolon ve kirişlerden meydana gelmektedir. Yapının bodrum katı doğrusal kalacağından dolayı modele dahil edilmemiştir. Sadece zemin üstündeki 4 kat için sabit tek modlu itme yöntemi kullanılmıştır. Kolon elemanları için Fiber PM2M3 plastik mafsalları kullanılmıştır. Kirişlere ise moment M3 plastik mafsalı atanmıştır. Plastik mafsallar kolon ve kiriş çubuk elemanların her iki ucuna yerleştirilmiştir. Yapının yatay deprem yüklerini betonarme çerçeve sistem elemanlarının karşıladığı kabul edilmiştir. Analizler, Türkiye Bina Deprem

Yönetmeliği'nin [1] belirlediği esaslara uygun olarak yapılmıştır, böylece deprem güvenliği performansa dayalı bir hesaba göre değerlendirilmiştir.

Bina taşıyıcı sisteminin sabit tek modlu itme yöntemi ile oluşturulan doğrusal olmayan analiz sonuçları, yönetmelikte belirtilen esaslara göre Bölüm 5.8'deki hasar düzeyleri sınırları ile karşılaştırıldığında, mevcut betonarme yapıda eğilme ve kesme içerikli hasar oluşumları eleman bazında şu şekildedir:

5.3.1 Kolon Elemanlar

Yapının her katında incelenen kolon elemanlarda, yapılan analizler ve alınan sonuçlar yönetmeliğe uygun bir biçimde değerlendirilmiştir. Mevcut yapının X doğrultusundaki itme analizinde kolonlarda kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir. Y doğrultusundaki analiz sonucunda ise büyük çoğunlukta kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir. Sadece 1. normal katta ise 1 adet kolonda gevrek kırılma görülmüştür. Kesme hasarı meydana gelen kolonun etki/kapasite oranı 1,16'dır.

X ve Y doğrultularındaki itme analizleri sonucunda mevcut yapıdaki kolon elemanların çoğu, eğilme etkisinden kaynaklanan hasarlardan dolayı Sınırlı Hasar Bölgesi (SHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) düzeyinde yer almaktadır. Sadece Zemin katta bulunan kolonlardan bazıları İleri Hasar Bölgesi (İHB) ve Göçme Bölgesi (GB) düzeyine geçmiş kolon elemanları bulunmaktadır.

Tablo 5.12 ve Tablo 5.17'de, İki doğrultudaki itme analizi sonucunda kolon elemanlarında meydana gelen hasar düzeyleri türü ve kolon eleman sayısı açısından detaylı yüzdeler belirtilmiştir. Bu veriler ile kolonların hasar seviyesi belirlenmesi için önemli bir bilgi sağlanmaktadır. Elde edilen veriler sonucunda kolonların eğilme hasarı açısından mevcut yapının Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyine uygun olmadığını göstermektedir.

5.3.2 Kiriş Elemanlar

Yapının her katında incelenen kiriş elemanlarda, yapılan analizler ve alınan sonuçlar yönetmeliğe uygun bir biçimde değerlendirilmiştir. Mevcut yapının X doğrultusundaki itme analizinde kirişlerde kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir. Y doğrultusundaki analiz sonucunda ise büyük çoğunlukta kesme kuvvetinden kaynaklanan gevrek kırılma tespit edilmemiştir. Ancak zemin katta 4 ve 1. normal katta ise 2 adet kirişte gevrek kırılma

görülmüştür. Kesme hasarı meydana gelen kirişlerin etki/kapasite oranları 1,04 ile 1,18 arasında değişmektedir.

X ve Y doğrultularındaki itme analizleri sonucunda bütün yapıdaki kiriş elemanları, eğilme etkisinden kaynaklanan hasarlardan dolayı Hasarsız (SHB) ve Belirgin Hasar Bölgesi (BHB) düzeyinde yer almaktadır. İleri Hasar Bölgesi (İHB) ve Göçme Bölgesi (GÖ) sınıflarında ise hiçbir kiriş elemanı bulunmamaktadır.

Tablo 5.22 ve Tablo 5.27'de, İki doğrultudaki itme analizi sonucunda kiriş elemanlarında meydana gelen hasar düzeyleri türü ve kiriş eleman sayısı açısından detaylı yüzdeler belirtilmiştir. Bu veriler ile kirişlerin hasar seviyesi belirlenmesi için önemli bir bilgi sağlanmaktadır. Elde edilen veriler sonucunda kirişlerin eğilme hasarı açısından mevcut yapının Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyine uygun olduğunu göstermektedir.

5.3.3 Tepe Yer Değiştirme Değerleri

Mevcut yapı için yapılan sabit tek modlu itme yöntemi hesaplarına göre yapının X doğrultusu için 0,045m ve Y doğrultusu için ise hedef 0,047m hedef tepe yerdeğiştirme değeri bulunmuştur.

6
SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında 1970'li yılların başında yapıldığı tahmin edilen ve "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik [60]" kapsamında tasarlanmış olduğu düşünülen , 5 katlı betonarme bir yapının, yapılan röleve çalışması ile elde edilen bilgiler neticesinde ve bina bilgi düzeyi sınırlı alınarak TBDY 2018 Bölüm 15'te belirtilen kriterlere uygun olarak deprem performansı iki farklı yöntemle incelenmiştir. İlk olarak, yapıların zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi PERFORM-3D yazılımı aracılığıyla yapılmıştır.Bu analiz kapsamında, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan davranışları incelemek için 11 farklı deprem kaydı seçilmiştir. Seçilen bu kayıtlar deprem yönetmeliğindeki tasarım sprektrumun (DD-2) 1,3 katı ile uyumlu olacak şekilde ölçeklenerek yapıya etki ettirilmiştir. Analiz sonuçları ışığında, mevcut yapı elemanlarının hasar seviyeleri belirlenmiş ve bu seviyeler belirlenen sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Nihayetinde, hasar seviyesi hem her bir eleman için hem de genel yapı düzeyinde tespit edilmiştir. İkinci olarak itme yöntemlerinden sabit tek modlu itme yöntemi ile SAP2000 programında analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda öncelikle yapının taban kesme kuvveti ile tepe yerdeğiştirme isteği (itme eğrisi) oluşturulmuştur. Ardından yapının maruz kaldığı her iki deprem doğrultusu için modal kapasite eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen bu eğriler, yönetmelikteki kriterler ve denklemler ışığında yapının davranış spektrumuna dönüştürülmüş ve hedef tepe noktası yerdeğiştirme değeri hesaplanmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda mevcut yapı elemanlarının hasar seviyeleri tespit edilerek belirlenen sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Son olarak, hasar seviyesi hem eleman bazında hem de genel yapı için belirlenmiştir. TBDY 2018'de mevcut binalar için minumum performans hedefi olarak verilen, 50 yıl içerisinde spektral büyüklüklerin aşılma olasılığı %10 olan, tekrar aralığı 475 yıl olan DD-2 deprem düzeyi için konut binasının

"Kontrollü Hasar (KH)" performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.Bu performans düzeyi için tüm taşıyıcı elemanların yani kolon ve kirişlerin kesme kapasitesi açısından gevrek kırılmaya uğramaması gerekir. Eğilme açısından bakıldığında ise binanın Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'nde olabilmesi için belirli koşulların sağlanması gerektiği belirtilmektedir. Bu koşullar şunlardır:

- Betonarme binalarda, ikincil kirişler hariç tutulmak üzere, kirişlerin en fazla %35'inin ve düşey elemanların %20'sinin ileri hasar bölgesine geçmesine izin verilmektedir.
- İleri hasar bölgesindeki düşey elemanların, kesme kuvvetine olan katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran %40'ı aşmamalıdır.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olmalıdır. Herhangi bir katın alt ve üst kesitlerinde belirgin hasar sınırını aşan düşey elemanlar, o kattaki tüm düşey elemanların taşıdığı kesme kuvvetinin %30'unu geçmemelidir.

Mevcut yapı için hem zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz hemde sabit tek modlu itme yöntemi ile deprem performansı incelenmiş, taşıyıcı eleman hasar bölgeleri belirlenmiştir. Mevcut yapı için yapılan analizler sonucunda her iki analiz yöntemi içinde mevcut yapının deprem performansının "Kontrollü Hasar-(KH)" performans düzeyini sağlamadığı görülmüştür. Her iki analiz yöntemi için ayrı ayrı olmak üzere kolon, kiriş, göreli kat öteleme ve tepe yerdeğiştirme sonuçları açıklanmıştır.

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden zaman-tanım alanında analiz ile elde edilen sonuçlara göre eğilme tipi hasar dağılımları;

Kolon elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kolonlarındaki eğilme hasarları kat bazında açıklanmaktadır. Her katta toplam 21 adet kolon vardır. Bodrum katında; kolonların %100 sınırlı hasar bölgesinde yer almaktadır. Zemin katında; kolonların %28,57 belirgin hasar bölgesinde, %28,57 ileri hasar bölgesinde ve %42,86 göçme bölgesinde yer almaktadır. 1.Normal katta; kolonların %19,05 ileri hasar bölgesinde ve %80,95 göçme bölgesinde yer almaktadır. 2.Normal katta; kolonların

%4,76 sınırlı hasar bölgesinde ve %95,24 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 3.Normal katta; kolonların %100 sınırlı hasar bölgesinde yer almaktadır.

Kiriş elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kirişlerindeki eğilme hasarları kat bazında açıklanmaktadır. Bodrum katında 25 adet kiriş ve diğer katlarda ise her bir kat için 40 adet kiriş bulunmaktadır. Bodrum katında; kirişlerin %72 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %28 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. Zemin katında; kirişlerin %5 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %95 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 1.Normal katta; kirişlerin %7,5 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %92,5 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 2.Normal katta; kirişlerin %32,5 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %67,5 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 3.Normal katta; kirişlerin %70 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %30 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır.

Zamansal alanda doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak elde edilen verilere dayanarak kesme kuvvetinin kontrolü;

Kolon elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kolonlarının kesme hasarları kat bazında dikkate alınmıştır. Kolonlar için hem majör hemde minör yönde kesme kontrolü yapılmıştır. Her katta toplam 21 adet kolon vardır. Bodrum, 2.Normal ve 3.Normal kattaki kolonların tamamı kesme kapasitesi açısından majör ve minör yönde yeterli çıkmaktadır. Zemin katta majör yönde 3 adet kolon minör yönde ise 11 adet kolon kesme açısından yetersiz yani gevrek kırılmaya uğramaktadır. 1. Normal katta ise sadece majör yönde 2 adet kolon kesme açısından yetersiz yani gevrek kırılmaya uğramaktadır. Yönetmelik açısından bakıldığında kontrollü hasar'ın ön şartı olarak tüm elemanların kesme kapasitesinin yeterli olması istenmektedir. Bu açıdan bakıldığında kolonlar kesme açısından bu şartı sağlamamaktadır.

Kiriş elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kirişlerindeki kesme hasarları kat bazında dikkate alınmıştır. Bodrum katında 25 adet kiriş ve diğer katlarda ise her bir kat için 40 adet kiriş bulunmaktadır. Bodrum, 2.Normal ve 3.Normal kattaki kirişlerin tamamı kesme kapasitesi açısından yeterli çıkmaktadır. Zemin katta 4 adet kiriş ve 1.Normal katta da 4 adet kiriş olmak üzere toplamda 8 adet kirişte gevrek kırılma

meydana gelmektedir. Yönetmelik açısından bakıldığında kontrollü hasar'ın ön şartı olarak tüm elemanların kesme kapasitesinin yeterli olması istenmektedir. Bu açıdan bakıldğında kirişler kesme açısından bu şartı sağlamamaktadır.

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden zaman-tanım alanında analiz ile elde edilen sonuçlara göre göreli kat öteleme değerleri;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapının göreli kat ötelemeleri oranlarının, 22 deprem kaydının maksimumların ortalamasına göre göreli kat ötelemele oranlarına bakıldığında X doğrultusu için; maksimum göreli kat öteleme oranı 1.Normal katta %0,93 mertebelerindedir. Y doğrultusu için; maksimum göreli kat öteleme oranı gene 1.Normal katta %1,02 mertebelerinde olduğu görülmektedir.

Zaman-tanım analizi kullanılarak gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler sonucunda, yapının tepe noktalarındaki yer değiştirme değerleri;

Mevcut yapı için yapılan hesaplar doğrultusunda, 22 deprem kaydının maksimumların ortalamasına göre binanın tepe yer değiştirme değeri X doğrultusu için 0,054m mertebelerinde olduğu görülmüştür. Y doğrultusu için ise 0,055m mertebelerinde olduğu görülmüştür.

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden sabit tek modlu itme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre eğilme tipi hasar dağılımları;

Kolon elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kolonlarındaki eğilme hasarları kat bazında açıklanmaktadır. Her katta toplam 21 adet kolon vardır. X doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; Zemin katında; kolonların %61,90 sınırlı hasar bölgesinde, %19,05 belirgin hasar bölgesinde ve %19,05 göçme bölgesinde yer almaktadır. 1.Normal katta; kolonların %100,00 sınırlı hasar bölgesinde yer almaktadır. 2.Normal katta; kolonların %100,00 sınırlı hasar bölgesinde yer almaktadır. 3.Normal katta; kolonların %100,00 sınırlı hasar bölgesinde yer almaktadır. Y doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; Zemin katında; kolonların %19,05 sınırlı hasar bölgesinde, %38,10 belirgin hasar bölgesinde ve %42,85 göçme bölgesinde yer almaktadır. 1.Normal katta; kolonların %90,48 sınırlı hasar bölgesinde, %9,52 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 2.Normal katta; kolonların %100,00 sınırlı hasar bölgesinde yer almaktadır. 3.Normal katta; kolonların %100,00 sınırlı hasar bölgesinde yer almaktadır.

Kiriş elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kirişlerindeki eğilme hasarları kat bazında açıklanmaktadır. Herbir katta toplam 40 kiriş vardır. Bu kirişlerden 19 tanesi X doğrultusunda, 21 adet kiriş ise Y doğrultusunda bulunmaktadır. X doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; Zemin katında; kirişlerin %10,53 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %89,47 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 1. Normal katta; kirişlerin %10,53 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %89,47 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 2. Normal katta; kirişlerin %36,84 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %63,16 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 3. Normal katta; kirişlerin %89,47 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %10,53 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. Y doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; Zemin katında; kirişlerin %9,52 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %90,48 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 1. Normal katta; kirişlerin %9,52 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %90,48 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 2. Normal katta; kirişlerin %28,57 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %71,43 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır. 3. Normal katta; kirişlerin %61,90 hasarsız (sınırlı hasar bölgesinde) ve %38,10 belirgin hasar bölgesinde yer almaktadır.

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden sabit tek modlu itme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre kesme kuvveti kontrolü;

Kolon elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kolonlarının kesme hasarları kat bazında dikkate alınmıştır. Kolonlar için hem majör hemde minör yönde kesme kontrolü yapılmıştır. Her katta toplam 21 adet kolon vardır. X doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; Zemin, 1.Normal, 2.Normal ve 3.Normal kattaki kolonların tamamı kesme kapasitesi açısından majör ve minör yönde yeterli çıkmaktadır. Y doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; Zemin, 2. Normal ve 3.Normal kattaki kolonların tamamı kesme kapasitesi açısından majör ve minör yönde yeterli çıkmaktadır. 1. Normal katta majör yönde sadece 1 adet kolon kesme açısından yetersiz yani gevrek kırılmaya uğramaktadır. Yönetmelik açısından bakıldığında kontrollü hasar'ın ön şartı olarak tüm elemanların kesme kapasitesinin yeterli olması istenmektedir. Bu açıdan bakıldığında kolonlar kesme açısından bu şartı sağlamamaktadır.

Kiriş elemanlar;

Yapılan analiz sonucunda mevcut yapı kirişlerindeki kesme hasarları kat bazında dikkate alınmıştır. Herbir katta toplam 40 kiriş vardır. Bu kirişlerden 19 tanesi X doğrultusunda, 21 adet kiriş ise Y doğrultusunda bulunmaktadır. X doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; Zemin, 1.Normal, 2.Normal ve 3.Normal kattaki kirişlerin tamamı kesme kapasitesi açısından yeterli çıkmaktadır. Y doğrultusunda yapılan itme analiz sonuçları; 2.Normal ve 3.Normal kattaki kirişlerin tamamı kesme kapasitesi açısından yeterli çıkmaktadır. Ancak Zemin katta 4 adet kiriş ve 1.Normal katta ise 2 adet kiriş olmak üzere toplamda 6 adet kirişte gevrek kırılma meydana gelmektedir. Yönetmelik açısından bakıldığında kontrollü hasar'ın ön şartı olarak tüm elemanların kesme kapasitesinin yeterli olması istenmektedir. Bu açıdan bakıldğında kirişler kesme açısından bu şartı sağlamamaktadır.

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden sabit tek modlu itme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre yapının tepe yer değiştirme değerleri;

Mevcut yapı için yapılan sabit tek modlu itme yöntemi hesaplarına göre yapının X doğrultusu için 0,045m ve Y doğrultusu için ise hedef 0,047m hedef tepe yerdeğiştirme değeri bulunmuştur.

Sayısal sonuçlar üzerine yapılan genel değerlendirme aşağıda verilmiştir,

- Her iki yöntem açısından sonuçlar karşılaştırıldığında iki yöntemde de mevcut yapı kontrollü hasar "Kontrollü Hasar-(KH)" performans düzeyini sağlamamıştır.
- Kolonlar eğilme açısından karşılaştırıldığında zaman tanım alanında analiz yönteminde zemin ve 1. Normal katta kolonların büyük çoğunluğu İHB ve GB yer aldığı görülmektedir. Sabit tek modlu itme yönteminde ise hem X hemde Y doğrultusundaki itme sonuçları birleştirilerek bakıldığında sadece zemin katta kolonların çoğunun GB girdiği görülmektedir. Diğer katlarda ise kolonlardan hiçbiri İHB ve GB'ne girmediği görülmüştür. Kolonlar kesme açısından karşılaştırıldığında zaman tanım alanında analiz yöntemine göre zemin katta 11 adet ve 1. Normal katta ise 2 adet kolonda gevrek kırılma meydana gelmektedir. Kesme için sabit tek modlu itme yönteminde ise hem X hemde Y doğrultusundaki itme sonuçları birleştirilerek bakıldığında sadece zemin katta 1 adet kolonda gevrek kırılma meydana

gelmektedir. Kolonlar için iki yöntem arasındaki sonuçlara baktığımızda zaman tanım alanında analiz yöntemindeki sonuçların sabit tek modlu itme yöntemine göre daha olumsuz sonuçlar doğurduğu görülmektedir. Bunun nedenleri arasında zemin tanım alanında analiz yönteminde kolon elemanların iki doğrultuda kuvvete maruz kalması, deprem kayıtlarının ölçeklenmesinde yapının elastik spektrumunun 1,3 katı ile ölçeklenmesi ve gerçek deprem kayıtları kullanılarak daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmektedir.

- Kirişler eğilme açısından karşılaştırıldığında zaman tanım alanında analiz yönteminde tüm katlardaki kirişlerin tamamı SHB ve BHB'de bulunduğu görülmektedir. Sabit tek modlu itme yöntemine görede hem X hemde Y doğrultusundaki itme sonuçları birleştirilerek bakıldığında tüm kirişlerin SHB ve BHB'de olduğu anlaşılmaktadır. Kirişler kesme açısından karşılaştırıldığında zaman tanım alanında analiz yöntemine göre zemin katta 4 adet ve 1. Normal katta ise 4 adet kiriş olmak üzere toplam 8 adet kirişte gevrek kırılma meydana gelmektedir. Kesme kontrolü için sabit tek modlu itme yönteminde ise hem X hemde Y doğrultusundaki itme sonuçları birleştirilerek bakıldığında zemin katta 4 adet ve 1. Normal katta ise 2 adet kiriş olmak üzere toplam 6 adet kirişte gevrek kırılma meydana gelmektedir. Her iki analiz yönteminde kirişlerin hem eğilme hemde kesme açısından birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Kolonlardan farklı olarak iki yöntemde de kirişler tek bir doğrultudan kuvvet almaktadırlar. Bundan dolayıda kirişler kolonlara nazaran daha yakın sonuçlar vermektedir.
- Bina tepe yerdeğiştirmeleri karşılaştırıldığında X doğrultusunda sabit tek modlu itme analizinde talep 0,045 m iken, zaman tanım alanında analiz yönteminde ölçeklenmiş 22 kayıtla yapılan analizlerde ortalama tepe yerdeğiştirmesi 0,054m bulunmuştur. Y doğrultusunda ise sabit tek modlu itme analizinde talep 0,047 m iken, zaman tanım alanında analiz yönteminde ölçeklenmiş 22 kayıtla yapılan analizlerde ortalama tepe yerdeğiştirmesi 0,055m bulunmuştur. Tepe yerdeğiştirme açısından bakıldığında birbirine yakın değerler bulunduğu görülmüştür.
- Zaman tanım alanında analizde elde edilen veriler sabit tek modlu itme yöntemiyle yakınlık göstermektedir. Bu benzerliğin bir anlamda benzeştirilmiş deprem kayıtlarının kullanmasıyla oluştuğu söylenebilir.

- Sonuç olarak bu çalışma ve benzeri sayısal çalışmaların sonuçlarına dayanarak, mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla TBDY-2018 yönetmeliğinde öngörülen doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin birbirleri ile karşılaştırılarak irdelenmesi amaçlanmıştır. Bunun yanında gerçekleştirilen dinamik analizlerde deprem spektrumuyla uyumlu hale getirilmiş gerçek deprem kayıtları kullanılmakta ve analizlerde gerçekle daha uyumlu olan yön değiştiren tekrarlı etkiler göz önüne alınmaktadır. Bunların neticesi olarak deprem kayıtlarıyla gerçekleştirilen dinamik analizlerde, sabit tek modlu itme analizine göre daha gerçekçi sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir.
- Ülkemizdeki mevcut betonarme binalarda genellikle karşılaşılan, düşük beton dayanımlı binalar üzerinde benzeri çalışmaların gerçekleştirilmesi, bu çalışmada elde edilen sonuçlara katkı sağlayabilecektir.
- Bu çalışmada mevcut betonarme binaları temsil etmek üzere seçilen taşıyıcı sistem modeli düzlem çerçeve sistemlerdir. Bu çalışmanın olası uzantıları perdeli binaları ve uzay çerçeve sistemleri de kapsayacak şekilde genişletilebilir.

KAYNAKÇA

[1] TBDY-18, *Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Ankara, 2018.

[2] Deirlein, G. G., A. M. Reinhorn, ve M. R. Wilford. NEHRP Seismic Technical Brief. *Nonlinear Structural Analysis: A Guide for Practicing Engineers,* ss. 2-3, 2010.

[3] T. H. Lee ve K. M. Mosalam, "Probabilistic Fiber Element Modeling of Reinforced Concrete Structures," *Computers & Structures*, baskı 82, sayı 27, ss. 2285–2299, 2004.

[4] M. P. Kaya, *"Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Sayısal Bir İnceleme,"* Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.

[5] B. H. Özmen, M. İnel, H. Bilgin, "Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi," *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, ss. 1-10, Oct. 16-20, 2007.

[6] E. Damcı, *"Yapıların Doğrusal Olmayan Çözümlenmesi ve Deprem Performansları,"* Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.

[7] X. Lu, Y. Li, L. Ye, L. Liang, "Application Of Fiber Model For Progressive Collapse Analysis Of Reinforced Concrete Frames," in *Proc. 12th Int. Conf. On Computing İn Civil And Building Engineering*, 2008, ss. 1-6.

[8] B. Acun ve H. Sucuoğlu, "Performance of Reinforced Concrete Columns Designed for Flexure under Severe Displacement Cycles," *ACI Structural Journal*, baskı 107, sayı 3, ss. 364-371, 2010.

[9] B. Acun ve H. Sucuoğlu, "Betonarme Kolonların Şekildeğiştirme Performans Sınırlarının Deneysel Gözlemlerle Değerlendirilmesi," *İMO - Teknik Dergi*, baskı 22, sayı 3, ss. 5523-5541, 2011.

[10] Ö. Işıltan, "Betonarme Kolonlar İçin DBYBHY 2007, EUROCODE 8 ve FEMA 356 İle Yapılan Performans Değerlendirmelerinin Deney Sonuçlarıyla Karşılaştırılması," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2010.

[11] X. Xuewei, H. Xiaolei, L. Fan, W. Shuang, "Fiber Element Based Elastic-Plastic Analysis Procedure and Engineering Application," *Procedia Engineering*, cilt. 14, ss. 1807-1815, 2011.

[12] A. Yavaş, K. Türker, "Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki Şekildeğiştirme Esaslı Hasar Sınırlarının Betonarme Kolonlar Üzerinde Deneysel Olarak İncelenmesi," *SDU International Technologic Science*, baskı 2, sayı 4, ss. 102-104, 2012.

[13] X. H. Wu, B. Zhang, “The Transformation of Nonlinear Structure Analysis Model From NosaCAD to ABAQUS and PERFORM-3D,” in *The 15th World Conference on Earthquake Engineering*, Lisbon, Oct. 24-28, 2012.

[14] A. Bhosale, *Seismic Evaluation of Reinforced Concrete Framed Building Using Shear Failure Model*, M.Sc. thesis, National Institute of Technology Rourkela, Department of Civil Engineering, Orissa, 2012.

[15] L. Martinelli, P. Martinelli, G. M. Mulas, “Performance Of Fiber Beam–Column Elements In The Seismic Analysis Of A Lightly Reinforced Shear Wall,” *Engineering Structures*, sayı 49, ss. 345-359, 2013.

[16] B. Yön, Y. Calayır, “Betonarme Binalarda Sargı Donatısı Etkisinin Yayılı Plastik Mafsal Modeliyle İncelenmesi,” *2. Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı*, ss. 1-10, Sep. 25-27, 2013.

[17] M. Karaton ve İ. Yılmaz, "Betonarme Binaların Fiber Eleman Yöntemiyle Burulma Davranışının İncelenmesi," *DEÜ FMD*, baskı 24, sayı 72, ss. 773–785, 2022.

[18] E. Kılıç, "Bölgemizdeki Mevcut Betonarme Binaların Performans Değerlendirmesi," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2024.

[19] M. A. Sozen ve A. Hassan, "Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes," *ACI Structural Journal*, 1997.

[20] I. E. Bal, S. S. Tezcan, ve F. G. Gulay, "Advanced applications of the P25-scoring method for the rapid assessment of RC Buildings," *Proc. 1st ECEES*, Geneva, baskı 3, sayı 8, 2006.

[21] S. Kılıç, "Deprem yalıtımlı tank tasarımında yönetmeliklerin doğrusal olmayan analiz prensiplerinin irdelenmesi," *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, baskı 14, sayı 2, ss. 551-575, 2024.

[22] F. Z. Alemdar, "Betonarme Köprü Kolonlarında Plastik Mafsal Bölgelerinin Modellenmesi," *Teknik Dergi*, baskı 26, sayı 4, ss. 7279-7286, 2015.

[23] İ. Gencer, "Doğrusal Olmayan Analiz İçin Kullanılan Ticari Programların Çerçeve Sistemler İçin Karşılaştırılması," Yüksek Lisans Tezi, 2015.

[24] O. Görgülü ve B. Taşkın, "Numerical Simulation of Reinforced Concrete Infill Walls Under Cyclic Loading and Calibration with Widely Used Hysteretic Models and Experiments," *Bulletin of Earthquake Engineering*, baskı 13, ss. 2591–2610, 2015.

[25] A. Tepençelik, *"Perdeli Taşıyıcı Sistemlerin Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizi,"* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze Teknik Üniversitesi, 2015.

[26] Y. Gao, L. Zheng, Y. Han, ve Z. Zhao, "Damage Analysis of Reinforced Concrete Columns Based on Fiber Beam–Column Element," *Applied Sciences*, baskı 13, ss. 1–18, 2016.

[27] A. J. Vasquez, C. J. Llera, A. M. Hube, “Earthquake Engineering & Structural Dynamics,” baskı 45, ss. 2063–2083, 2016.

[28] X.-Z. Li, Y. Gao, Q. Zhao, “A 3D Flexure–Shear Fiber Element For Modeling The Seismic Behavior Of Reinforced Concrete Columns,” *Engineering Structures*, baskı 117, ss. 372-383, 2016.

[29] C. A. P. Garcia ve J. A. Tingatinga, "A Simple Hinge Model for Displacement-Based Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Columns," *PEJ*, baskı 39, ss. 41–50, 2018.

[30] K. Özyürek, *"Mevcut Betonarme Yüksek Bir Yapının Deprem Performansının Değerlendirilmesi, "* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, 2019.

[31] H. Özen, *"Doğrusal Olmayan Kolon-Kiriş Fiber Eleman Modelinin İncelenmesi, "* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2019.

[32] İ. Dalyan ve B. Şahin, "Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi," *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, baskı 1, sayı 2, ss. 134-147, 2019. doi.org/10.46464/tdad.631998.

[33] F. M. Altan, S. Cansız, O. Kaya, ve Ç. Turna, "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Betonarme Binanın Performansının ve Zemin Etkileşiminin Değerlendirilmesi," *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, baskı 7, sayı 2, ss. 1004-1014, 2020.

[34] S. Paudel, B. Bhusal, “Investigation Of Modelling Approaches For Non-Linear Analysis Of Reinforced Concrete Frames,” *Journal Of Engineering Science And Technology Review*, baskı 14, sayı 2, ss. 61-72, 2021.

[35] T. İbiş ve H. Ulutaş, "Yeni Yapılacak Betonarme Bir Binanın TBDY 2018’e Göre Deprem Performansının Belirlenmesi," *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, baskı 10, sayı 3, ss. 1104–1124, 2021. doi.org/10.17798/bitlisfen.914069.

[36] E. Bingöl, *"Mevcut betonarme binaların doğrusal olmayan analizinde yayılı ve yığılı mafsal yaklaşımının yapı performansına etkisi,"* Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.

[37] A. F. Caglar ve T. Tatar, "Fiber Based Modeling Strategies Of RC Columns," *Academic Platform Journal of Natural Hazards and Disaster Management*, ss. 1-11, 2021.

[38] K. M. Hamzah, "Seismic Performance of RC Column Using Fiber Hinge Concept with Time Integration Method," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, cilt. 961, ss. 1–10, 2022.

[39] M. E. Turan, *"Mevcut Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Belirlenmesi, Güçlendirme Önerileri ve Maliyet Analizi,"* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2022.

[40] M. Karaton, "Fiber-Bernoulli&Euler Eleman Yöntemi Kullanılarak Betonarme Çerçevelerin Lineer Olmayan Dinamik Analizi," in *XVIII. Ulusal Mekanik Kongresi*, 2013, ss. 371–383.

[41] T. Gökçe, V. Karayel, F. Çalım, Ş. Rifai, F. Şahin, ve E. Yüksek, "Betonarme Binaların Mevcut Deprem Performansının Belirlenmesi İçin TBDY-2018’de

Önerilen Doğrusal Hesap Yönteminin Uygulanması Üzerine Bir İrdeleme," *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, baskı 27, sayı 3, ss. 337–350, 2023.

[42] M. Karaton, F. Ö. Osmanlı & A. H. Awla, "Comparison of ACI-318 and TS-500 Codes for Nonlinear Seismic Analysis of RC Structures Using Force-Based Fiber Element Approach," *Structures*, sayı 57, ss. 1–14, 2023.

[43] H. Ceylan, *"Mevcut Betonarme Binaların Detaylı Deprem Performans Analizi İçin Basitleştirilmiş Bir Yöntem Geliştirilmesi,"* Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2024.

[44] A. Baltacı & A. Sarıkanat, "Değişik Fiber Oryantasyonlarına Sahip Tabakalı Kompozit Kirişlerin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Titreşim Analizi," *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, baskı 8, sayı 3, ss. 85-97, 2006.

[45] Ö. E. Çakır, "Çelik lifli beton panellerin düzlem dışı yükleme altında davranışı," Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, 2022.

[46] E. Demirkan, "Yerel Olmayan Tımoshenko Çubuklarında Burkulma Probleminin Başlangıç Değerleri Yöntemiyle İncelenmesi," Doktora Tezi, 2020.

[47] O. H. Köksal, S. Aktan, & B. K. Bozdoğan, "Yalın ve Lifli Polimer Sargılı Betonarme Kirişlerde Eğilme Davranışının Sonlu Eleman Modellemesi," *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, baskı 24, sayı 3, ss. 255–272, 2019.

[48] İ. Lazoğlu ve E. Akgün, "Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Modellenen Rijid ve Dinamik Sistemlerin Omurga Biyomekaniğine Katkısı," in *Bölüm 7*, ss. 76–88, 2011.

[49] O. Öktem, *"Betonarme Çerçeve Sistemlerin Lineer Olmayan Hesabı ve Dolgu Duvarların Modellenmesi,"* Yüksek Lisans Tezi, 2003.

[50] B. H. Özmen, *"Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Analizi,"* Yüksek Lisans Tezi, 2005.

[51] Z. Özer, *"Seramik Bazlı Çok Katmanlı Sistemlerin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi,"* Doktora Tezi, 2011.

[52] H. A. Serdar, M. Sarıbıyık, G. Demirtaş, N. Çağlar, "Çelik Fiber İlaveli Betonarme Kirişlerin Çarpma Yükleri Altındaki Davranışının Doğrusal Olmayan Analizi," in *5th International Symposium On Natural Hazards And Disaster Management*, 2021, ss. 1-8.

[53] İ. Yıldırım, *"Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Analizi,"* Yüksek Lisans Tezi, 2009.

[54] Z. Celep, *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, Beta Yayıncılık, İstanbul, 2007.

[55] Z. Celep ve N. Kumbasar, *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı (Bölüm 11: Performans kavramına dayalı tasarım)*, Beta Yayıncılık, İstanbul, 2004.

[56] https://tdth.afad.gov.tr, accessed Feb. 8, 2024.

[57] https://ngawest2.berkeley.edu, accessed Feb. 8, 2024.

[58] www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/, accessed Feb. 8, 2024.

[59] PEER, *Peer Ground Motion Database*, Pacific Earthquake Engineering Research Center.

[60] SAP2000, Structural Analysis Program, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA.

[61] ABYYHY, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (TDY-68)*, İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1968.

A
BETONARME KOLONLARDA FİBER SAYISININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

A.1 Amaç

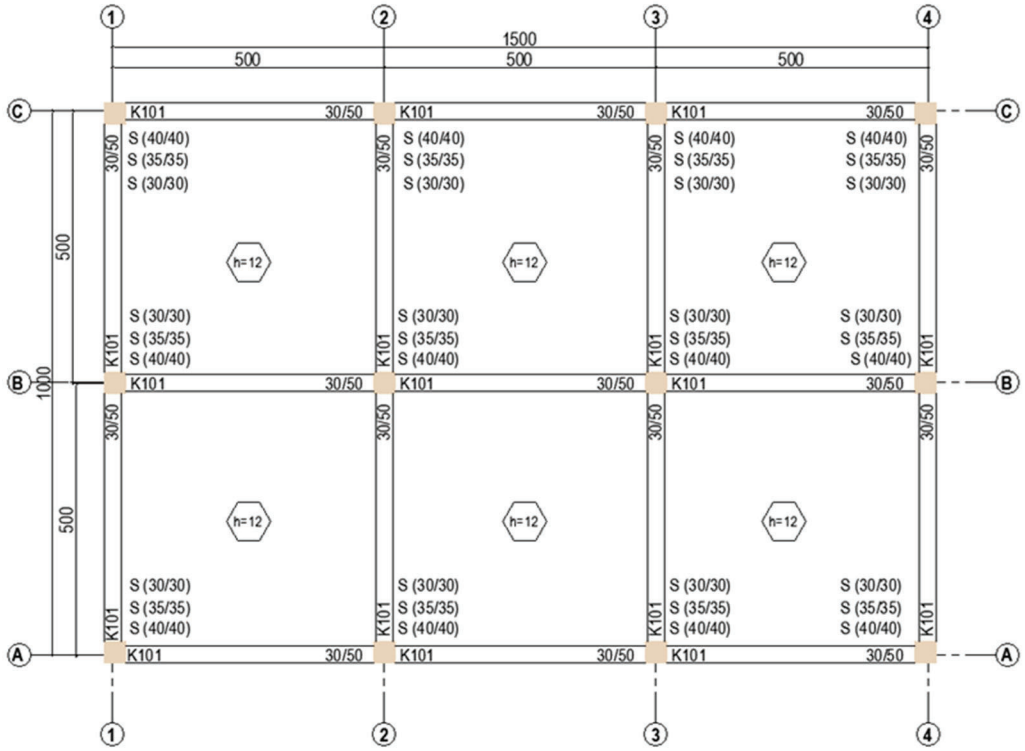
Bu çalışmanın amacı, betonarme kolon kesitler için SAP2000 programında otomatik olarak oluşturulan fiber PM2M3 plastik mafsalları ile aynı kesit için daha fazla sayıda fiber elemana bölerek oluşturulan fiber PM2M3 plastik mafsallarının doğrusal olmayan davranış üzerindeki etkilerinin karşılaştırılmasıdır.

A.2 Kapsam

Çalışmada X doğrultusunda 3 açıklık, Y doğrultusunda 2 açıklık ve 3 kattan oluşan bir betonarme bina oluşturulmuştur. Yapının tipik kat kalıp planı Şekil A.1'de görülmektedir. Betonarme kolonların doğrusal olmayan davranış parametreleri, eleman uzunluğu boyunca bu davranışın ortaya çıkacağı varsayımına dayalı olarak, en gelişmiş yayılı plastik davranış modeli olan fiber modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hipotez çerçevesinde, betonarme kolon elemanı kesit fiberlerine (liflerine) ayrılmakta ve her bir fiber için kesit analizi gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenecek olan yapı, 3 katlı olup her kat için farklı bir kolon boyutu seçilmiştir. Kolonlar 1. kat için 40x40 (cm), 2. kat için 35x35 (cm) ve 3. kat için 30x30 (cm) boyutlarında oluşturulmuştur. Tüm katlardaki kiriş boyutları aynı olup 30x50 (cm) boyutlarındadır. Döşeme kalınlığı 12 cm olup rijitliği sisteme etkitilmemiştir. Döşemeler membran davranış gösterecek şekilde modele dahil edilmiş olup yükleri kirişlere aktarmak için kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak, sistemde rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Sistemdeki 3 kolon boyutu için 2 farklı durum olmak üzere, kolon kesitlerinin fiber PM2M3 mafsalları tanımlanmıştır. 1. durumdaki (Durum-1) fiber PM2M3 mafsalında kolon kesitleri toplam 25 adet fiber

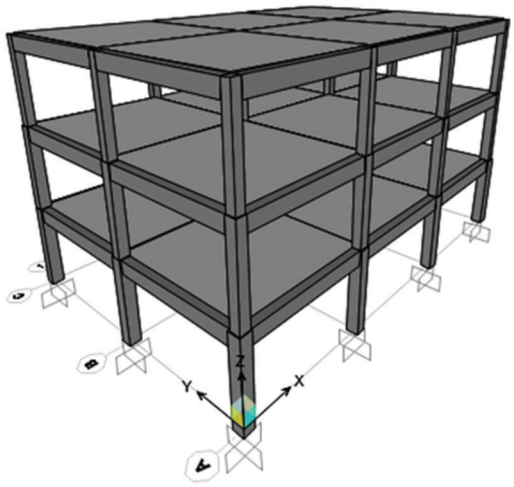
elemana bölünmüştür, 2. durumda (Durum-2) ise kolon kesitleri toplam 49 fiber elemana bölünmüştür. Durum-1 SAP2000 tarafından kolonlar için otomatik olarak oluşturulan fiber PM2M3 mafsal durumudur. Durum-2 ise SAP2000 programında kesit tanımlama kısmından yararlanılarak, kolon kesitlerinin istenilen adete kadar fiber (lif) parçalara bölünmesi durumudur. Tüm kirişler için tek tip moment M3 plastik mafsal oluşturulmuştur.



Şekil A.1 Tipik kat kalıp planı

Yapıda döşeme ağırlığı 3,0 kN/m^2 olup döşemeler için kaplama ağırlığı 2,0 kN/m^2 olarak dikkate alınmıştır. Hareketli yük ise tüm katlarda 2,0 kN/m^2 olarak dikkate alınmıştır. Yapılarda duvar yükleri dikkate alınmamıştır. Malzeme özellikleri olarak C30 beton sınıfı ve B420C donatı çeliği kullanılmıştır. Kolon ve kirişler için sargı bölgesindeki yatay donatı aralıkları 10 cm olarak seçilmiştir. Tek bir yapı modeli oluşturulmuş olup yapının 3-boyutlu modeli Şekil A.2'te görülmektedir. Kolonlar için farklı fiber PM2M3 mafsalları kullanılarak 2 farklı durum oluşturulmaktadır. Sistemin doğrusal ötesi davranışı, bileşenlerin bireysel doğrusal ötesi tepkimelerinin toplamı dikkate alınarak belirlenmiştir. Betonarme elemanlar, en yüksek kesit tesirlerine, çoğunlukla uç bölgelerde maruz kalmaktadır. Bu sebeple, hasar ve dolayısıyla doğrusal ötesi davranışın yoğunlaştığı alanlar da bu bölgelerde meydana gelmektedir. Bu nedenle kolonlar için fiber mafsallar ve

kirişler için plastik mafsallar yönetmeliklerde enine donatı sıklaştırılma şartı bulunmasından dolayı sargı bölgesi olarak da adlandırılan bu bölgelerde tanımlanmaktadır. Plastik mafsalların tanımlanmasında sözü edilen enine donatı aralıkları bu bölgeler içindir.



Şekil A.2 SAP2000 3-boyutlu hacimsel görünüş

A.3 Yöntem

Bu bölümde inceleme konusu olan yapının her iki durumundaki doğrusal ve doğrusal olmayan özellikleri ile bu özelliklerin üç boyutlu matematiksel modelleme sürecindeki ele alınış şekli açıklanmaktadır. Yapı analiz modelinde yapılan varsayımlar ve yaklaşımlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- Kiriş ve kolonlar, çerçeve (çubuk) sonlu elamanları şeklinde tanımlanmış ve yapı üç boyutlu olarak modellenmiştir.
- Kolonların temele bağlantısı ankastre mesnetlidir.
- Kolon ve kirişler için SAP2000'deki 'end length offset' özelliği dikkate alınmıştır yani diğer bir deyişle kolon veya kirişlerin net açıklık uçlarına plastik mafsallar atanmıştır.
- Kesitlerde doğrusal olmayan davranışın incelenmesi, doğrusal olmayan deformansyonların kesitlerin yatay yükler altında en fazla zorlandığı uç bölgelerinde yoğunlaştığı varsayımına dayanan plastik mafsal yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede, kesitlerin bu kritik bölgeleri dışında doğrusal elastik davranış sergilediği kabul edilmiştir.

- Kolonlar için Fiber PM2M3 mafsalı (bkz. Şekil A.6, bkz. Şekil A.7) ve kirişler için plastik M3 moment mafsalı (bkz. Şekil A.8) kullanılmıştır. Kolon ve kirişler için 0,5h mafsal boyu dikkate alınmıştır.
- Yapılan bu çalışmada elemanlar için etkin kesit rijitlikleri TBDY-2018 Tablo 4.2'den alınmıştır.

Artımsal itme analizi için oluşturulan modellerde TBDY-2018'den faydalanılmıştır. SAP2000'de her bir eleman için oluşturulan kullanıcı tanımlı mafsallar tercih edilmiş ve plastik mafsal özellikleri; eleman boyutları, boyuna ve enine donatı oranları kullanılarak sargılı beton davranışının dikkate alınmasıyla elde edilmiştir. Sargılı ve sargısız beton davranış modeli (bkz. Şekil A.3) ile donatı çeliği modeli TBDY-2018 EK 5A'ya göre tanımlanmıştır. Artımsal itme analizinde kullanılan yükleme şekli, toplanmış kat kütleleri ve doğrusal dinamik analizden elde edilen mod şekliyle orantılı olarak kat hizalarında uygulanmıştır. Sadece X doğrultusunda itme analizi gerçekleştirildiği için kolon kesitleri kare seçilmiştir. İtme analizi başlangıç yüklemesi "push-dusey" olmak üzere düşey yükleme tanımlanmıştır. Bu düşey yüklemede sabit yüklerin tamamı ve hareketli yüklerin ise %30'u dikkate alınmıştır (G+0,3Q). Daha sonra, yapının tepe noktasından %2 radyan göreli kat öteleme değeri kadar (0,18m) itilmesi için "push-xp" yüklemesi tanımlanmıştır. Bu tanımlamada yapının X doğrultusundaki 2. modu dikkate alınıp yatay itme gerçekleştirilmiştir. İtme analizi için oluşturulan yükleme tanımlamaları doğrusal olmayan yükleme olarak tanımlanmıştır ve "push-xp" için P-delta etkisi dikkate alınmıştır. Yapı için tanımlanan beton ve donatı çeliği malzeme özellikleri ağıda verilmiştir. Kolon ve kirişler için kabul edilen boyuna ve etriye donatıları aşağıda Tablo A.1 ve Tablo A.2'de verilmiştir.

C30 beton malzeme özellikleri;

- 28 Günlük karakteristik basınç dayanımı : f_{ck} = 30 MPa
- Birim hacim ağırlığı : γ = 25 kN/m^3
- Poisson Oranı : U = 0,2
- Elastisite Modülü : E = 32000 MPa

B420C donatı malzeme özellikleri;

- Minimum akma dayanımı : f_{yk} = 420 MPa

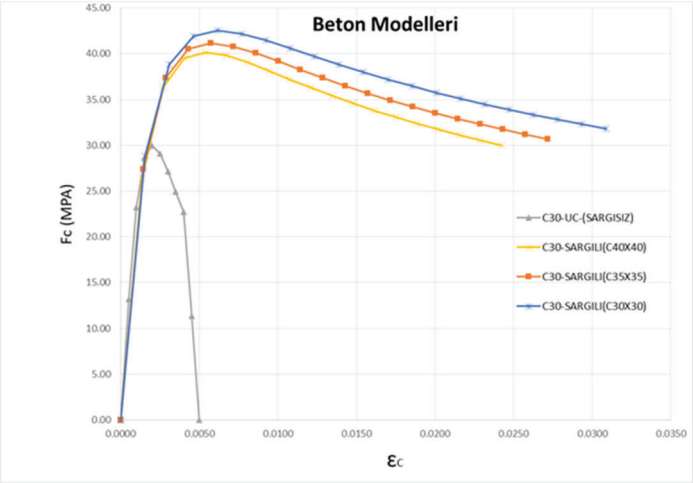
- Çekme dayanımı : f_u = 550 MPa
- Birim hacim ağırlığı : γ = 78,5 kN/m^3
- Poisson Oranı : U = 0,3
- Elastisite Modülü : E = 200000 MPa

Tablo A.1 Kolon donatı tablosu

Kat	Kolon Boyutu (cm)	Donatı	Etriye
1.Kat	40x40	8ø16	Ø10/10-20
2.Kat	35x35	8ø14	Ø10/10-20
3.Kat	30x30	8ø14	Ø10/10-20

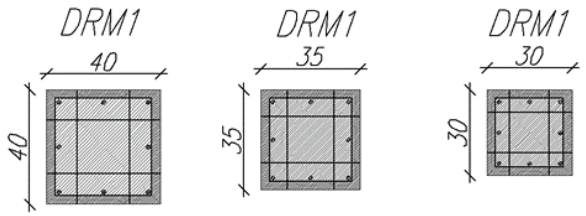
Tablo A.2 Kiriş donatı tablosu

Kat	Kiriş Boyutu (cm)	Üst	Alt	Etriye
Tüm Katlar	30x50	4ø16	3ø16	Ø10/10-20

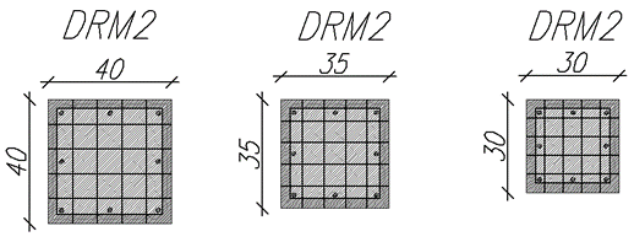


Şekil A.3 C30 için sargısız ve sargılı beton modelleri

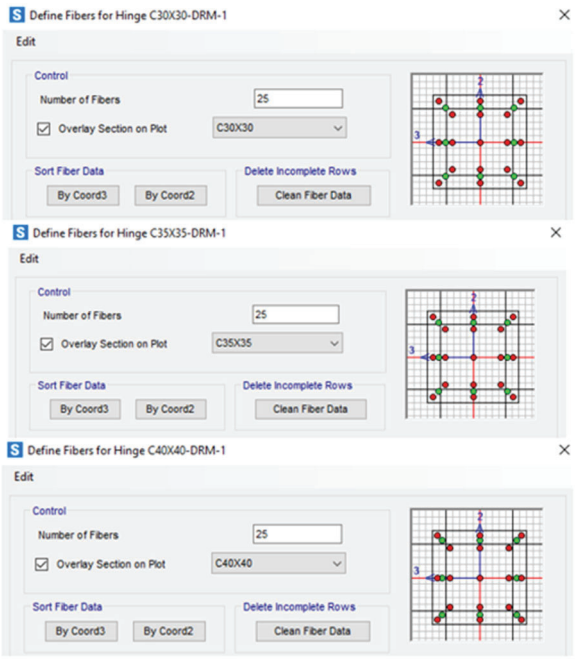
Betonarme kolon kesitlerinde kesitin en dış kısmından etriye ortasına kadar olan bölge sargısız beton, içte kalan kısmına ise sargılı (çekirdek) beton denilmektedir. Durum-1 için her üç tip kolon da 8 adet donatı, 8 adet sargısız ve 9 adet sargılı beton fiberi olmak üzere toplamda 25 adet fibere (lif) parçalanmıştır (bkz. Şekil A.4). Durum-2 için her üç tip kolon da 8 adet donatı, 16 adet sargısız ve 25 adet sargılı beton fiberi olmak üzere toplamda 49 adet fibere (lif) parçalanmıştır (bkz. Şekil A.5).



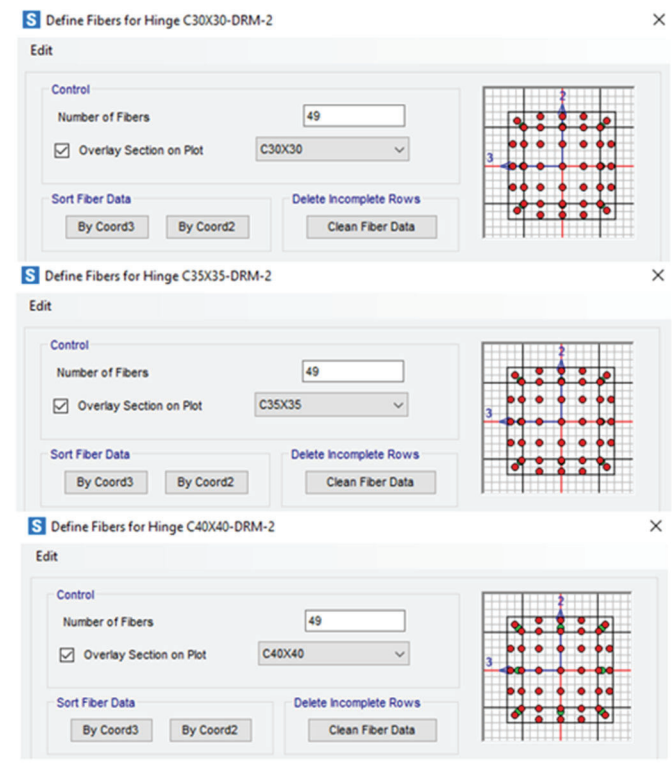
Şekil A.4 Durum-1 için kolon kesitlerinin fiberlere (lif) ayrılmış hali (25 adet fiber (lif) parça)



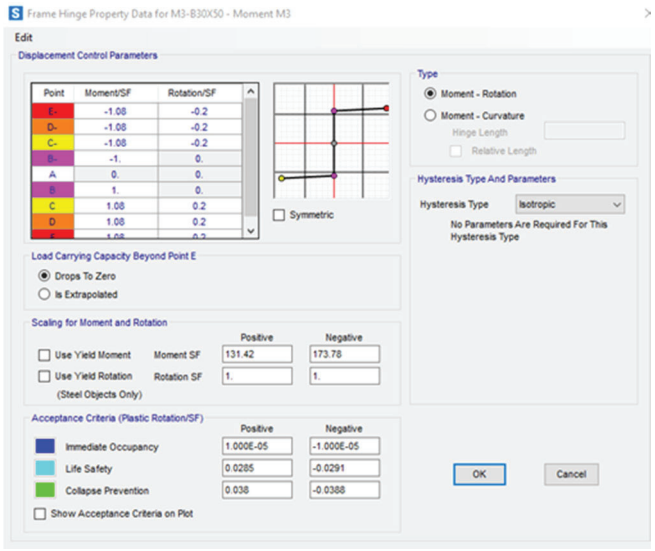
Şekil A.5 Durum-2 için kolon kesitlerinin fiberlere (lif) ayrılmış hali (49 adet fiber (lif) parça)



Şekil A.6 SAP2000'de durum-1 için oluşturulan fiber PM2M3 mafsalı (sırasıyla 30x30, 35x35, 40x40)



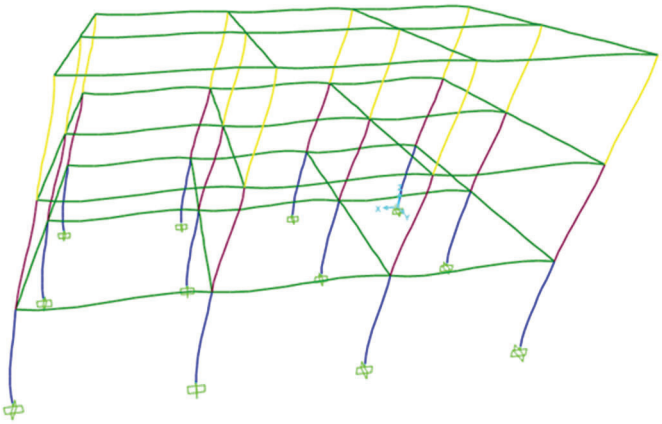
Şekil A.7 SAP2000'de durum-2 için oluşturulan fiber PM2M3 mafsalı (sırasıyla 30x30, 35x35, 40x40)



Şekil A.8 SAP2000'de 30x50 kirişi için oluşturulan moment M3 plastik mafsalı

A.4 Değerlendirme

Yapı yüksekliğinin %2'si kadar yani, 0,18 m tepe noktasından bir itme uygulandığında çıkan sonuçlar aşağıda değerlendirilmektedir. Değerlendirme için yapının periyodu, itme eğrisi, fiber PM2M3 mafsallarındaki moment ve dönme değerleri dikkate alınmıştır. Yapının X doğrultusundaki mod şekli Durum-1 için Şekil A.9'da gösterilmiş olup Durum-2 için benzer bir sonuç elde edilmiştir.



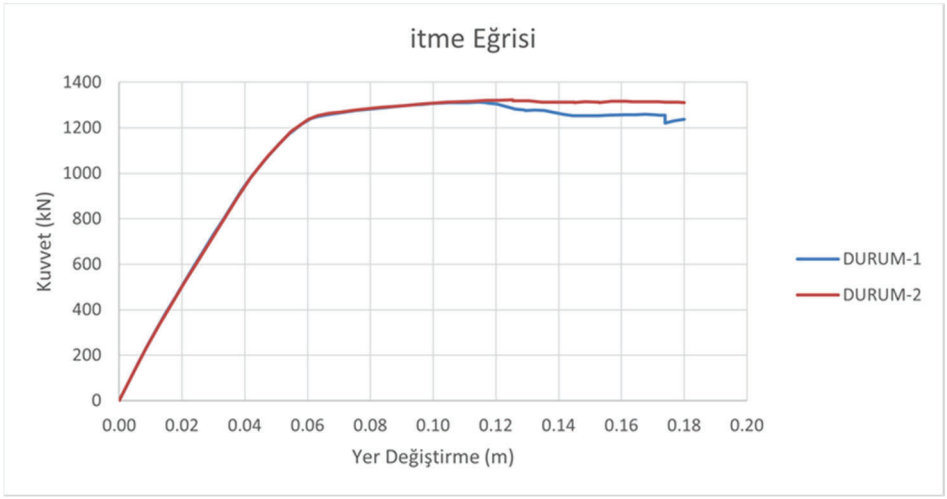
Şekil A.9 Yapının X doğrultusundaki modu (2.mod) ve periyot değeri =0,5749 (durum-1)

Yapının her iki durum için hem X hem de Y doğrultundaki periyot değerleri ve kütle katılım oranları birbirine çok yakın olmaktadır. Durum-1'deki periyot değeri 0,5749 s iken Durum-2'de ise 0,5760 s'dir. Katılım oranları ise tüm doğrultularda aynı değer çıkmaktadır (Tablo A.3).

Tablo A.3 Durum-1 ve durum-2 için periyot değerleri

DURUM-1				
Mod Numarası	**Periyot (sn)**	**X Yönü Kütle Katılım Oranı**	**Y Yönü Kütle Katılım Oranı**	**Z Yönü Kütle Katılım Oranı**
1	0,5913	0,000	0,799	0,000
2	0,5749	0,800	0,000	0,000
3	0,4975	0,000	0,000	0,000
DURUM-2				
Mod Numarası	**Periyot (sn)**	**X Yönü Kütle Katılım Oranı**	**Y Yönü Kütle Katılım Oranı**	**Z Yönü Kütle Katılım Oranı**
1	0,5924	0,000	0,799	0,000
2	0,5760	0,800	0,000	0,000
3	0,4985	0,000	0,000	0,000

Her iki durum için yapının itme eğrileri Şekil A.10'de verilmektedir. Her iki durumdaki itme eğrisi başlangıçtan 0,12 m'ye kadar birebir aynı iken, 0,12 m'den sonra Durum-1'deki itme eğrisi Durum-2'ye göre azalmaktadır. Ancak bu azalma sınırlı kalmış ve benzer davranış göstermeye devam etmektedir. Son noktadaki kuvvet değerleri Durum-1 için 1238 kN iken Durum-2 için ise 1310 kN olmaktadır.

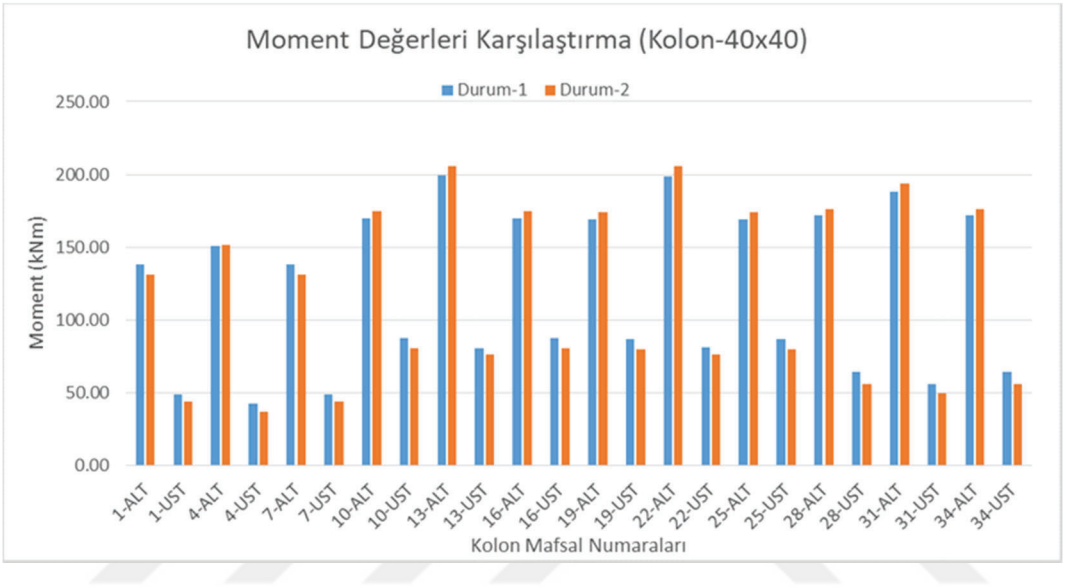


Şekil A.10 Durum-1 ve durum-2 için itme eğrisi karşılaştırma

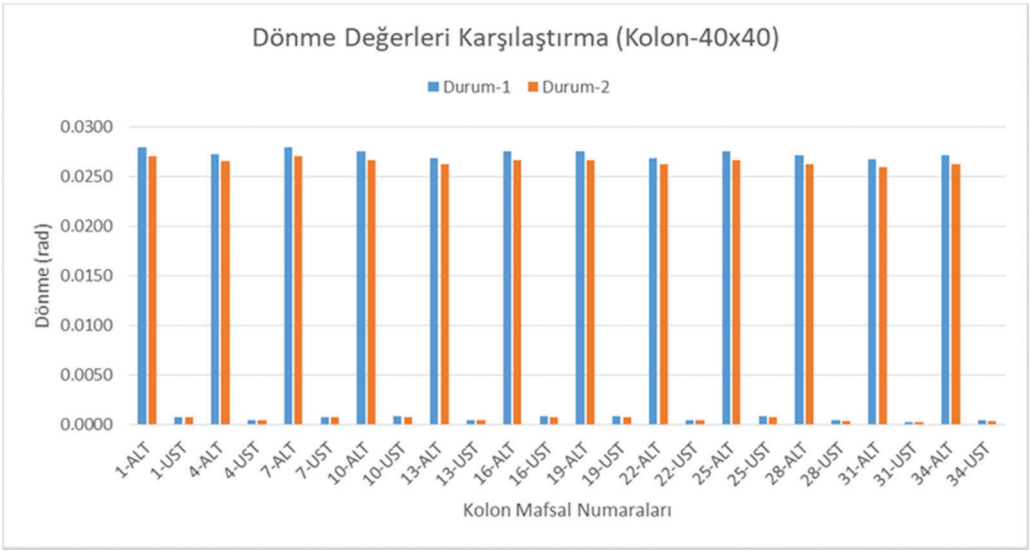
Yapı için iki farklı durumdaki kolon fiber PM2M3 mafsallarındaki moment ve dönme değerlerine bakıldığı zaman sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Durum-1 ve Durum-2 için 40x40 boyutlarındaki kolonlarda (1. kat kolonları) elde edilen moment değerleri Şekil A.11'de, dönme değerleri Şekil A.12'te verilmektedir. Birinci kattaki 40x40 kolonlardan 13 numaralı kolonun alt ucundaki (13-ALT) mafsaldaki moment değerleri Durum-1 için 199,22 kNm iken Durum-2 için ise 206,02 kNm çıkmaktadır. Aynı mafsal için dönme değerleri Durum-1 için 0,0269 rad iken Durum-2 için ise 0,0262 rad çıkmaktadır. 13 numaralı kolonun üst ucundaki (13-UST) mafsaldaki moment değerleri Durum-1 için 80,82 kNm iken Durum-2 için ise 76,38 kNm çıkmaktadır. Aynı mafsal için dönme değerleri Durum-1 için 0,00046 rad iken Durum-2 için ise 0,00044 rad çıkmaktadır.

Durum-1 ve Durum-2 için 35x35 boyutlarındaki kolonlarda (2. kat kolonları) elde edilen moment değerleri Şekil A.13'te, dönme değerleri Şekil A.14'te verilmektedir. İkinci kattaki 35x35 kolonlardan 14 numaralı kolonun alt ucundaki (14-ALT) mafsaldaki moment değerleri Durum-1 için 118,46 kNm iken Durum-2 için ise 119,81 kNm çıkmaktadır. Aynı mafsal için dönme değerleri Durum-1 için 0,0035 rad iken Durum-2 için ise 0,0034 rad çıkmaktadır. 14 numaralı kolonun üst ucundaki (14-UST) mafsaldaki moment değerleri Durum-1 için 125,83 kNm iken Durum-2 için ise 128,01 kNm çıkmaktadır. Aynı mafsal için dönme değerleri Durum-1 için 0,0234 rad iken Durum-2 için ise 0,0225 rad çıkmaktadır.
Durum-1 ve Durum-2 için 30x30 boyutlarındaki kolonlarda (3. kat kolonları) elde edilen moment değerleri Şekil A.15'te, dönme değerleri Şekil A.16'da

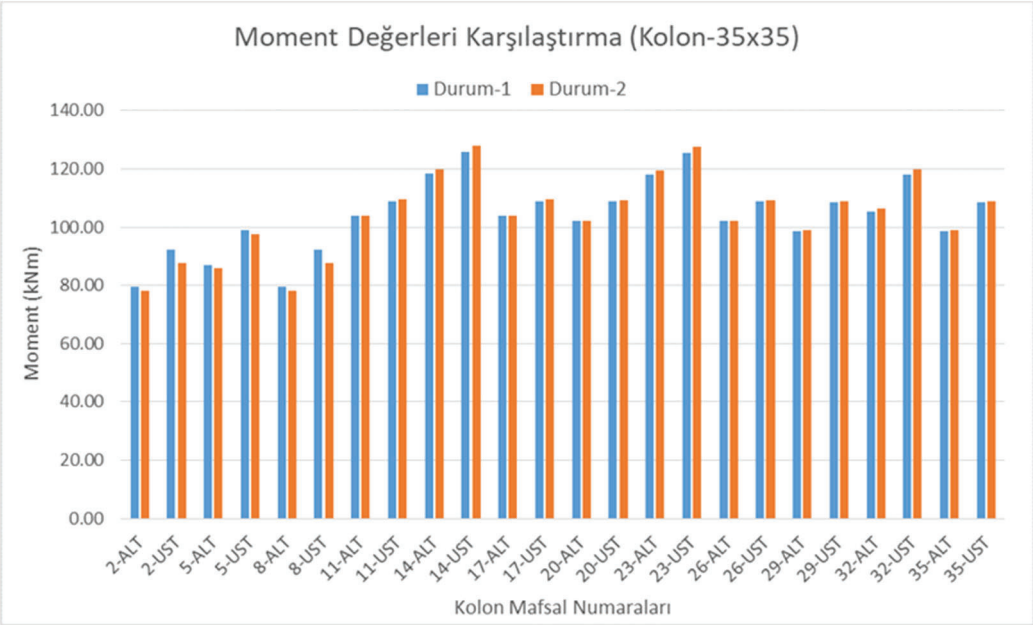
verilmektedir. Üçüncü kattaki 30x30 kolonlardan 27 numaralı kolonun alt ucundaki (27-ALT) mafsaldaki moment değerleri Durum-1 için 67,30 kNm iken Durum-2 için ise 67,88 kNm çıkmaktadır. Aynı mafsal için dönme değerleri Durum-1 için 0,0028 rad iken Durum-2 için ise 0,0029 rad çıkmaktadır. 27 numaralı kolonun üst ucundaki (27-UST) mafsaldaki moment değerleri Durum-1 için 64,71 kNm iken Durum-2 için ise 65,31 kNm çıkmaktadır. Aynı mafsal için dönme değerleri Durum-1 için 0,00237 rad iken Durum-2 için ise 0,00244 rad çıkmaktadır.



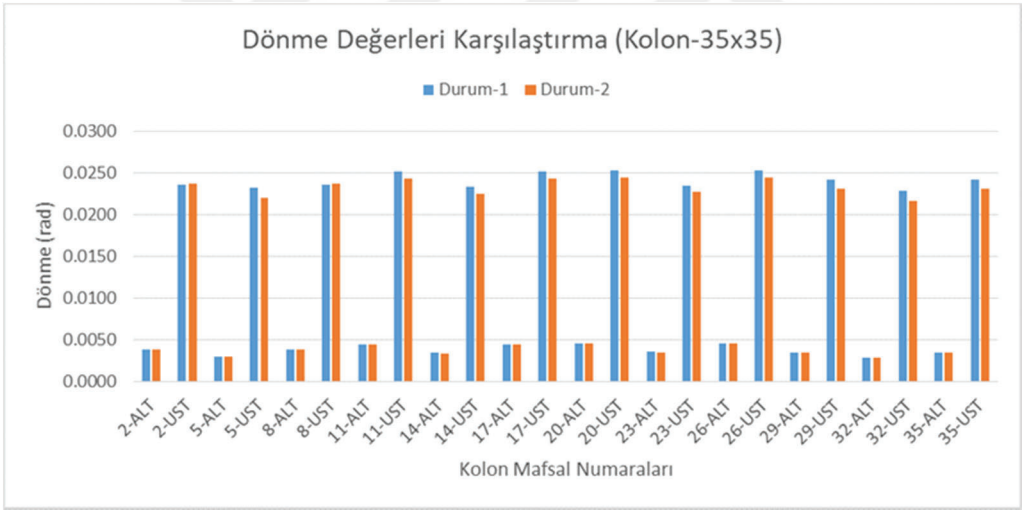
Şekil A.11 Durum-1 ve durum-2 için moment değerleri karşılaştırma (40x40)



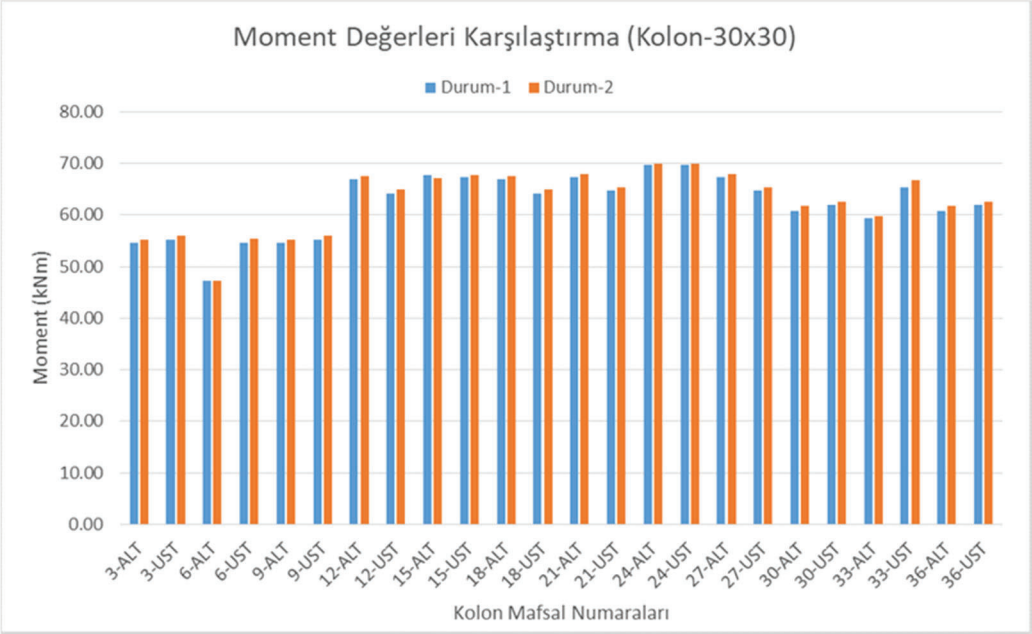
Şekil A.12 Durum-1 ve durum-2 için dönme değerleri karşılaştırma (40x40)



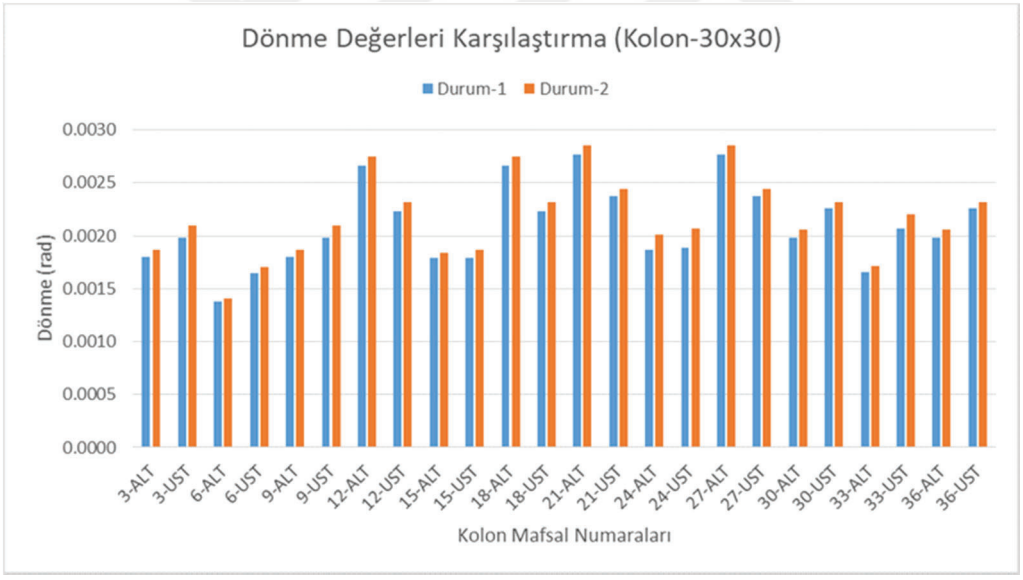
Şekil A.13 Durum-1 ve durum-2 için moment değerleri karşılaştırma (35x35)



Şekil A.14 Durum-1 ve durum-2 için dönme değerleri karşılaştırma (35x35)



Şekil A.15 Durum-1 ve durum-2 için moment değerleri karşılaştırma (30x30)



Şekil A.16 Durum-1 ve durum-2 için dönme değerleri karşılaştırma (30x30)

A.5 Sonuç

Bu çalışmada aynı yapı için kolon kesitlerinde farklı fiber PM2M3 mafsal kullanılması durumunda iki farklı analiz sonuçları için kolonların uçlarına tanımlanan yayılı fiber mafsallardaki moment ve dönme değerleri karşılaştırılmıştır. Durum-1 için tüm kolonlar 25 adet fibere (lif), Durum-2 için 49 adet fibere (lif) parçalanmıştır. Her iki durumda da yapının periyodu, itme eğrisi, moment ve dönme değerleri birbirine yakın çıkmaktadır. Dolayısıyla, SAP2000 programında kolon elemanlarının plastik mafsal uygulamasında otomatik sayıda fiber elemana parçalanmış olmasının, bu çalışmadaki yapının uygulama sınırları dahilinde yeterli olduğu söylenebilmektedir.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Kaya, N. ve Yılmaz, O., “Experimental perspectives on learning from imbalanced data,” in Proceedings of the 4rh International Graduate Studies Congress, IGSCONG’24, 5-8 Haziran/June 2024, pp. 655–658