T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREMLERİN GÜÇLÜ YER HAREKETİ KISMININ BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSINA ETKİSİ

Hüseyin Alpay KOYUNOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ

Temmuz, 2022

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREMLERİN GÜÇLÜ YER HAREKETİ KISMININ BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSINA ETKİSİ

Hüseyin Alpay KOYUNOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 27.07.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Beyza TAŞKIN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Depremlerin Güçlü Yer Hareketi Kısmının Betonarme Binaların Deprem Performansına Etkisi 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.

Hüseyin Alpay KOYUNOĞLU

İmza

Canım anneme…

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum yüksek lisans tez çalışmamda bana desteğini esirgemeyen, beni cesaretlendiren ve öğrencisi olmaktan son derece memnun olduğum danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ'ye, yüksek lisans eğitimim boyunca son derece değerli bilgiler edindiğim Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma ve çalışmanın hazırlanma sürecinde her zaman yanımda olan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olduklarını hissettiğim ve haklarını asla ödeyemeyeceğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hüseyin Alpay KOYUNOĞLU

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ viii
KISALTMA LİSTESİ xii
ŞEKİL LİSTESİ xiii
TABLO LİSTESİ xvi
ÖZET xviii
ABSTRACT xx
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 2
1.2 Tezin Amacı 3
1.3 Hipotez 3
2 PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME 4
2.1 Doğrusal Olmayan Davranış 4
2.2 Betonarme Sistemin Davranışı 4
2.2.1 Beton Malzemenin Davranışı 5
2.2.2 Donatı Çeliğinin Davranışı 5
2.3 Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri 6
2.3.1 Yığılı Plastik Davranış Modeli 7
2.3.2 Yayılı Plastik Davranış Modeli 10
2.4 TBDY-2018'e Göre Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme 10
2.5 Bina Performans Düzeyleri 11
2.5.1 Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi 11
2.5.2 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi 11
2.5.3 Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi 12
2.5.4 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi 12
2.6 Kesit Hasar Bölgeleri 12
2.7 Bina Performans Hedefleri 12
2.8 Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi 14
2.9 Doğrusal Olmayan Hesapta Kullanılacak Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar 14
2.9.1 Kiriş ve Kolonların Modellenmesi 15
2.10 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri 16
2.10.1 İtme Yöntemleri 16

2.10.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi 16
2.11 Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi 18
2.11.1 Yeni İnşa Edilecek Yapı Elemanları İçin Şekildeğiştirme ve İç Kuvvet Sınırları 18
3 GÜÇLÜ YER HAREKETİ SÜRESİ KAVRAMI 22
3.1 Zarf Süre (Bracketed Duration) Tanımı 22
3.2 Anlamlı Süre (Significant Duration) Tanımı 23
3.3 Literatürde Güçlü Yer Hareketi Süresinin Yapıların Deprem Davranışına Etkisi ile İlgili Yapılan Benzer Çalışmalar 25
4 YAPISAL MODELİN OLUŞTURULMASI VE ANALİZ 28
4.1 Giriş 28
4.2 Bina Genel Bilgileri 28
4.3 Binanın TBDY 2018 Deprem Parametreleri 31
4.4 Yapısal Modelin Oluşturulması 35
4.4.1 Malzeme Modelleri 36
4.4.2 Yapı Sistemini Oluşturan Kiriş ve Kolon Kesitleri 39
4.4.3 Kiriş ve Kolon Elemanlara Atanan Plastik Mafsal Özellikleri 39
4.5 Modal Analiz Sonuçları 40
4.6 Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi 42
4.7 Deprem Kayıtlarının Güçlü Yer Hareketi Süresi Kısımlarının Belirlenmesi 51
4.8 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizin Tanımlanması 52
4.9 Kiriş ve Kolon Elemanların Davranışlarının Belirlenmesi 55
4.9.1 Kolonların Kirişlerden Güçlü Olması Koşulunun Kontrolü 55
4.9.2 Kolonların Kesme Güvenliklerinin Kontrolü 56
4.9.3 Kirişlerin Kesme Güvenliklerinin Kontrolü 59
5 ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ SONUÇLARI VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI 61
5.1 Eleman Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi 61
5.2 Eleman Hasar Sınırlarının Belirlenmesi 61
5.2.1 Kirişlerin Eleman Hasar Sınırlarının Belirlenmesi 61
5.2.2 Kolonların Eleman Hasar Sınırlarının Belirlenmesi 64
5.3 Analiz Sonuçları 68
5.3.1 Tam Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları 68
5.3.2 0.05g Eşik Değeri İçin Zarf Süre Yöntemiyle Filtrelenmiş Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları 72
5.3.3 0.1g Eşik Değeri İçin Zarf Süre Yöntemiyle Filtrelenmiş Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları 75

5.3.4 Anlamlı Süre Yöntemiyle Filtrelenmiş Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları 79
5.4 Sonuçların Karşılaştırılması 83
5.4.1 Kirişlerde Oluşan Dönme Taleplerinin Karşılaştırılması 84
5.4.2 Kolonlarda Oluşan Dönme Taleplerinin Karşılaştırılması 85
5.4.3 Maksimum Tepe Yer Değiştirmelerinin Karşılaştırılması 87
5.5 Analiz Sürelerinin Değerlendirilmesi 88
6 SONUÇ VE ÖNERİLER **90**
6.1 Sonuç 90
6.2 Öneriler 92
KAYNAKÇA **93**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **94**
EK A **95**

SİMGE LİSTESİ

S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
ϕ_y	Akma eğriliği
ε_c	Beton basınç birim şekildeğiştirmesi
E_c	Betonun elastisite modülü
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{ce}	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı
T_p	Binanın hâkim doğal titreşim periyodu
H_N	Bina toplam yüksekliği
A_s	Boyuna donatı alanı
d_b	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama)
b_k	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık)
T	Doğal titreşim periyodu
f_s	Donatı çeliğindeki gerilme
ε_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekildeğiştirmesi
f_{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
E_s	Donatı çeliğinin elastisite modülü
f_{yk}	Donatı çeliğinin karakteristik akma dayanımı
f_{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
ε_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
f_{ye}	Donatı çeliğinin ortalama (beklenen) akma dayanımı
ε_s	Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekildeğiştirmesi
$E_d^{(Z)}$	Düşey deprem etkisi
f_{yw}	Enine donatının akma dayanımı

A_{os} Enine donatının alanı (dairesel kesit)

A_{sh} Enine donatının alanı (dikdörtgen kesit)

f_{ywe} Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı

ρ_x Enine donatının x doğrultusundaki hacimsel oranı

ρ_y Enine donatının y doğrultusundaki hacimsel oranı

f_e Etkili sargılama basıncı

M_y Etkin akma momenti

Q_e Etkin hareketli yük etkisi

ω_{we} Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı

R_{rup} Fay kırığına en yakın mesafe

σ Gerilme

b_o Göbek betonunu sargılayan enine donatıların eksenleri arasında kalan kesit boyutu

h_o Göbek betonunu sargılayan enine donatıların eksenleri arasında kalan kesit boyutu

$\varepsilon_s^{(GÖ)}$ Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı

$\varepsilon_c^{(GÖ)}$ Göçmenin önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

ϕ_u Göçme öncesi eğrilik

ρ_{sh} Göz önüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı

n Hareketli yük katılım katsayısı

Q Hareketli yük etkisi

$\rho_{sh,min}$ İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı

S Kar yükü etkisi

L_s Kesme açıklığı

H Kesit yüksekliği

S_S Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_{DS} Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

b_w Kirişin gövde genişliği

d Kiriş ve kolonun faydalı yüksekliği

V_e Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti

$\varepsilon_s^{(KH)}$ Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı

$\varepsilon_c^{(KH)}$ Kontrollü hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

β Newmark sayısal integrasyon katsayısı

γ Newmark sayısal integrasyon katsayısı

G Ölü yük etkisi

L_p Plastik mafsal boyu

s Sargı donatısı aralığı

α_{se} Sargı donatısı etkinlik katsayısı

f_{cc} Sargılı beton basınç dayanımı

f_c Sargılı betonda basınç gerilmesi

ε_{cu} Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi

f_{co} Sargısız beton basınç dayanımı

$\varepsilon_s^{(SH)}$ Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı

$\varepsilon_c^{(SH)}$ Sınırlı hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı

D Spiral/sargı donatısı eksenleri arasındaki uzaklık

T_A Tasarım spektrumu birinci köşe periyodu

T_B Tasarım spektrumu ikinci köşe periyodu

$(V_s)_{30}$ Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı

a_i Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık

$E_d^{(H)}$ Yatay deprem etkisi

$S_{ae}(T)$ Yatay elastik tasarım spektral ivmesi

$(EI)_e$ Yığılı plastik davranışa göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi veya perdenin etkin kesit rijitliği

KISALTMA LİSTESİ

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ASCE	The American Society of Civil Engineers
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
DD-1	50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-2	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-3	50 Yılda Aşılma Olasılığı %50 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-4	50 Yılda Aşılma Olasılığı %68 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DGT	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ	Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
GYHS	Güçlü Yer Hareketi Süresi
KH	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
NTHA	Nonlinear Time-History Analysis
PEER	Pacific Earthquake Engineering Research Center
PGA	En Büyük Yer İvmesi
PGV	En Büyük Yer Hızı
SGMD	Strong Ground Motion Duration
SH	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
ŞGDT	Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TSCB-2018	Turkish Seismic Code for Buildings-2018
TS500	Türk Standartı-Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TBDY-2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
ZTADOA	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Sargılı ve sargısız betona ait gerilme-şekildeğiştirme diyagramları [2].....5
Şekil 2.2 Donatı çeliğine ait gerilme-şekildeğiştirme diyagramı [2].....6
Şekil 2.3 Farklı sınıftaki donatı çeliklerine ait karakteristik değerler [2].....6
Şekil 2.4 Moment-eğrilik diyagramı [4].....7
Şekil 2.5 Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler [4].....8
Şekil 2.6 İdealleştirilmiş moment-eğrilik diyagramı [4].....9
Şekil 2.7 Plastik mafsal boyu [4].....10
Şekil 2.8 Kesit hasar sınırları ile belirlenen kesit hasar bölgeleri [2].....12
Şekil 2.9 Kirişte plastik mafsal meydana gelebilecek noktalar [5].....15
Şekil 3.1 0.05g eşik değeri için zarf süre hesabının görsel ifadesi [7].....23
Şekil 3.2 Lefkas, Yunanistan (2003) depremine ait anlamlı süre hesabının görsel ifadesi [8].....24
Şekil 4.1 Zemin kat kalıp planı.....30
Şekil 4.2 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım spektrumu.....34
Şekil 4.3 Bina 3 boyutlu yapısal modeli.....35
Şekil 4.4 C16 sınıfı beton malzemenin gerilme-şekildeğiştirme eğrisi.....36
Şekil 4.5 S220 donatı çeliğine ait gerilme-şekildeğiştirme eğrisi.....37
Şekil 4.6 Sargısız beton modeli XTRACT programı veri giriş ekranı.....37
Şekil 4.7 45/45 kolona ait Mander sargılı beton modeli XTRACT programı veri giriş ekranı.....38
Şekil 4.8 S220 sınıfı donatı çeliğine ait XTRACT programı veri giriş ekranı.....38
Şekil 4.9 25/50 kesit ölçülerine sahip kiriş modeli.....39
Şekil 4.10 45/45 kesit ölçülerine sahip kolon modeli.....39
Şekil 4.11 55/55 kesit ölçülerine sahip kolon modeli.....39
Şekil 4.12 a) Binanın 1. mod şekli (T=1.52 s).....41
Şekil 4.12 b) Binanın 2. mod şekli (T=1.51 s).....41
Şekil 4.12 c) Binanın 3. mod şekli (T=1.35 s).....42
Şekil 4.13 PEER veri tabanı deprem kaydı arama ekranı ve parametreleri.....43
Şekil 4.14 a) 552 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği.....44
Şekil 4.14 b) 838 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği.....44
Şekil 4.14 c) 897 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği.....45
Şekil 4.14 d) 1162 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği.....45
Şekil 4.14 e) 1164 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği.....45

Şekil 4.14 f) 1166 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği 46
Şekil 4.14 g) 1620 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği 46
Şekil 4.14 h) 1626 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği 46
Şekil 4.14 ı) 1627 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği 47
Şekil 4.14 i) 4037 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği 47
Şekil 4.14 j) 4086 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği 47
Şekil 4.15 SeismoMatch programında hedef spektrum tanımlanması 48
Şekil 4.16 Ölçeklenmemiş deprem davranış spektrumları 48
Şekil 4.17 Ölçeklenmiş deprem davranış spektrumları 49
Şekil 4.18 Örnek bir deprem kaydının 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle hesaplanan ve güçlü olarak nitelendirilen kısmı 50
Şekil 4.19 Düşey yüklerin etkisi altında doğrusal olmayan artımsal statik hesabın SAP2000 programına tanımlanması.....52
Şekil 4.20 SAP2000 programında örnek bir deprem ivme kaydı bileşeninin tanımı 53
Şekil 4.21 ZTADOA'nın SAP2000 programına tanımlanması.....54
Şekil 4.22 SAP2000 programında yapısal sönümün tanımlanması.....54
Şekil 4.23 Newmark Metodu katsayıları 55
Şekil 4.24 Depremin yönüne göre taşıma gücü momentlerinin yön durumları.....56
Şekil 4.25 M_a ve $M_ü$ değerlerinin hesabı 57
Şekil 5.1 Pozitif moment yüklemesi etkisi altında 25/50 kirişin moment-eğrilik grafiği 62
Şekil 5.2 Negatif moment yüklemesi etkisi altında 25/50 kirişin moment-eğrilik grafiği 62
Şekil 5.3 45/45 kolon etkileşim diyagramı elde edilmesi için XTRACT programına veri girişi.....64
Şekil 5.4 55/55 kolon etkileşim diyagramı elde edilmesi için XTRACT programına veri girişi.....65
Şekil 5.5 45/45 kolona ait etkileşim diyagramı 65
Şekil 5.6 55/55 kolona ait etkileşim diyagramı 66
Şekil 5.7 45/45 kolona ait eksenel yük-eğrilik grafiği.....67
Şekil 5.8 55/55 kolona ait eksenel yük-eğrilik grafiği.....67
Şekil 5.9 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle depremlerin GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kirişlere ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı 84
Şekil 5.10 Kirişlerde 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle depremlerin GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kirişlere ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı 84
Şekil 5.11 Anlamlı süre yöntemiyle depremlerin GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kirişlere ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı 85
Şekil 5.12 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kolonlara ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı 85

Şekil 5.13 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kolonara ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı 86

Şekil 5.14 Anlamlı süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kolonlara ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı 87

Şekil 5.15 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYH kısmı ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin gerçek sonuçlara oranı.....88

Şekil 5.16 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin gerçek sonuçlara oranı.....88

Şekil 5.17 Anlamlı süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin gerçek sonuçlara oranı 89

Şekil 5.18 GYHS kısmı ile yapılan analizlerin süresinin tam kayıtlar ile yapılan analizin süresine oranı.....90

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2) 13

Tablo 2.2 Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2) 13

Tablo 4.1 Kolon-kiriş kesitleri ve donatılarının özellikleri 30

Tablo 4.2 Bina kullanım amacına göre Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I) değerleri 31

Tablo 4.3 Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) tespiti için kullanılan tablo 32

Tablo 4.4 Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) değerleri 33

Tablo 4.5 İncelenen bina kriterlerine uygun olarak seçilen performans hedefleri 34

Tablo 4.6 Modal analiz sonuçları 40

Tablo 4.7 Analizlerde kullanılan 11 deprem kaydının isim ve özellikleri 43

Tablo 4.8 Seçilen 11 deprem kaydının tam kayıt süresi ve güçlü yer hareketi süreleri 51

Tablo 5.1 Pozitif moment etkisi altında 25/50 kiriş hasar sınırı değerleri 63

Tablo 5.2 Negatif moment etkisi altında 25/50 kiriş hasar sınırı değerleri 63

Tablo 5.3 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri 68

Tablo 5.4 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri 70

Tablo 5.5 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri 70

Tablo 5.6 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı 71

Tablo 5.7 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı 71

Tablo 5.8 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri 72

Tablo 5.9 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri 73

Tablo 5.10 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri 74

Tablo 5.11 0.05g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı 75

Tablo 5.12 0.05g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı 75

Tablo 5.13 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri 76

Tablo 5.14 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri 77

Tablo 5.15 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri 78

Tablo 5.16 0.1g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı....79

Tablo 5.17 0.1g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı....79

Tablo 5.18 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri....80

Tablo 5.19 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri 81

Tablo 5.20 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri 82

Tablo 5.21 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı....83

Tablo 5.22 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı....83

Tablo EK.A1 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri 95

Tablo EK.A2 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon sonuç değerleri 99

Tablo EK.A3 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri 131

Tablo EK.A4 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri 107

Tablo EK.A5 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri 111

Tablo EK.A6 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri 115

Tablo EK.A7 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri....119

Tablo EK.A8 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri....123

Tablo EK.A9 Kolonların kesme güvenliklerinin kontrolü 127

Tablo EK.A10 Kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü 131

ÖZET

Depremlerin Güçlü Yer Hareketi Kısmının Betonarme Binaların Deprem Performansına Etkisi

Hüseyin Alpay KOYUNOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer BÖREKÇİ

Yıkıcı depremlerin yaşandığı ülkemizde yeni yapılacak yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması ve mevcut yapıların deprem güvenilirliklerinin elde edilmesi büyük önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, yıkıcı depremlerden dolayı oluşan hasarların büyük yerdeğiştirmelerden kaynaklandığı gösterildiğinden, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)-2018'de, herhangi bir betonarme binanın deprem durumundaki performansının elde edilmesinde kullanılmak üzere "şekil değiştirme esaslı yöntem" önerilmiş ve bu yönteme performansa dayalı analiz ismi verilmiştir.

TBDY-2018'de, binaların deprem durumundaki şekil değiştirmelerinin elde edilmesi amacıyla doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri önerilmiştir. Dinamik bir analiz olan "Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz" (ZTADOA), gerçek davranışa en yakın yöntemdir ve bu yöntemde yer hareketi ivme kayıtları sisteme etki ettirilerek hareket denklemi çözülmektedir. Seçilen yer hareketi kaydının süresine bağlı olarak, ZTADOA yönteminin analiz süresi uzun zaman alabilmektedir. Analiz sırasında her ne kadar deprem kaydının tümü etki ettirilse de yapılan çalışmalar göstermektedir ki, bir depremin tümü değil belirli bir kısmı yıkıcı etkilere sebep olmaktadır ve bu kısım "Güçlü Yer Hareketi Süresi" (GYHS) olarak isimlendirilmektedir. Literatürde çok

sayıda GYHS tanımı mevcut olmasına rağmen “Anlamlı Süre” (Significant Duration) ve “Zarf Süre” (Bracketed Duration) tanımları yaygın olarak kullanılan iki yöntemdir.

Bu çalışmada, betonarme çerçevelerden oluşan orta yükseklikteki bir binanın, ZTADOA yöntemi ile TBDY 2018’de belirtilen kurallar dikkate alınarak deprem performansı elde edilmiştir. Seçilen yer hareketi kayıtları hem doğrudan etki ettirilmiş hem de yalnızca “Anlamlı” ve “Zarf” süre tanımları ile belirlenen GYHS kısımları etki ettirilerek analizler yapılmıştır. Böylece, analiz süresinin kısalmasını sağlayacak GYHS kısmının kullanılması durumunda elde edilecek tepki ve performansların güvenilirlikleri belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, depremlerin yalnızca GYHS kısımları ile yapılan analizlerde analiz süreleri tam kayıtlar ile yapılan analize kıyasla yarı yarıya kısalmış buna karşın elde edilen sonuçlar tam kayıtlar ile yapılan analiz sonuçlarına çok yakın değerler vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Güçlü yer hareketi süresi, zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap, betonarme binalar, performans analizi

ABSTRACT

The Effect of Strong Ground Motion Part of Ground Motion Records on the Seismic Performance of RC Buildings

Hüseyin Alpay KOYUNOĞLU

Department of Civil Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Muzaffer BÖREKÇİ

In our country, where destructive earthquakes occur, it is of great importance to design the structures to be built to be earthquake resistant and estimate the earthquake reliability of the existing structures. In previous studies, it has been shown that the damages caused by earthquakes are caused by large displacements. Thus, “displacement-based design” is proposed by the Turkey Seismic Code for Buildings (TSCB)-2018, in the estimation of seismic performance of the buildings, and this method is called performance-based analysis.

Linear and nonlinear analysis methods are proposed in TSCB 2018 to obtain deformations in the structural elements due to an earthquake. "Nonlinear Time-History Analysis" (NTHA), which is a dynamic analysis, is the closest method to real behavior, and in this method, the equation of motion is solved by applying ground motion acceleration records to the system. Depending on the duration of the selected ground motion record, the analysis time of the NTHA may take a long time. Although the entire earthquake record is applied to the structure during the analysis, studies show that a certain part, not all of the earthquake, causes destructive effects, and this part is called the “Strong Ground Motion” (SGM), and the duration of this part is called “Strong Ground Motion Duration”. Although there are many definitions of SGMD in the

literature, the definitions of “Significant Duration” and “Bracketed Duration” are two commonly used methods.

In this study, the earthquake performance of a mid-rise reinforced concrete building with frames was obtained according to TSCB 2018 by using NTHA. Firstly, the selected ground motion records were totally applied to the building, and performance was obtained. After that the parts of the SGMD were determined by the definitions of “Significant Duration” and “Bracketed Duration”, and these parts were applied to the structure to obtain the performance of the building. Thus, the reliability of the responses and performances to be obtained in the case of using the SGMD part, which will shorten the analysis time, was determined.

As a result of the analyzes performed, the analysis times were shortened by half in the analyzes performed only with SGMD parts of the earthquakes compared to the analyzes performed with full records but the results obtained gave values very close to the results of the analysis performed with full records.

Keywords: Strong ground motion duration, nonlinear time-history analysis, reinforced concrete buildings, performance analysis

1
GİRİŞ

Yeryüzünde meydana gelen doğal afetlerin en tehlikelilerinden birisi olan depremler yıkıcı etkileri nedeniyle dünya çapında çok sayıda can ve mal kaybına neden olmaktadır. Ülkemizde 1999 yılında meydana gelen Kocaeli ve Düzce depremleri bu can ve mal kayıplarının ne derecede büyük olabileceğine en büyük örnek olarak gösterilebilir. Depremlerin can ve mal kaybına yol açmalarının ana nedeni bina, köprü, yol vb. gibi insanlar tarafından üretilen yapıların, yeterli mühendislik gereksinimlerinin karşılayacak şekilde tasarlanmamaları ve yerinde inşa uygulamalarının düzgün olmaması olarak gösterilebilir. Özellikle ülkemiz gibi aktif fay hattında bulunan ülkelerde depreme karşı alınması gereken önlemler kapsamında yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanmaları çok büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle gerek dünya çapında gerekse ülkemizde, yeni yapılacak yapıların tasarımında uyulması gereken kurallar ve mevcut yapıların deprem güvenilirliklerinin belirlenmesi içim gereken yöntemler yönetmeliklerce açıklanmıştır.

Ülkemizde bu amaçla 1940 yılından itibaren toplamda on adet yönetmelik yürürlüğe girmiştir. Bunlardan en güncel olanı 1 Ocak 2019'da yürürlüğe giren "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)–2018"dir. TBDY-2018, daha önceki yıllarda yürürlüğe girmiş olan yönetmeliklerden daha kapsamlı olarak hazırlanmıştır. Daha önce "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007"de mevcut binalar için tanımlanan performans kavramı TBDY-2018 ile birlikte yeni yapılacak binalarda da dikkate alınmaya başlanmıştır.

TBDY-2018'e göre depreme dayanıklı yapı tasarımı gerçekleştirilirken izlenilebilecek iki farklı tasarım yaklaşımı bulunmaktadır. Bunlardan ilki TBDY-2018 Bölüm 4'te tanımlanan "Dayanıma Göre Tasarım" yaklaşımı, ikincisi ise Bölüm 5'te tanımlanan "Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım" yaklaşımıdır. Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımında, kuvvetler esas alınarak lineer bir hesap yapılırken, Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımında ise elemanların şekildeğiştirmeleri esas alınmakta hem lineer hem de lineer olmayan hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Büyük depremler dolayısıyla binalarda oluşan hasarların büyük yerdeğiştirmelerden kaynaklandığı artık bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla, ŞDGT

yaklaşımı binaların deprem performansının elde edilmesinde daha gerçekçi bir yöntemdir. ŞDGT yaklaşımında kullanılan ve ileriki bölümlerde açıklanacak olan yöntemler arasından "Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz" (ZTADOA) ise bu yöntemler arasında gerçek davranışa en yakın sonuçlar verebileceği düşünülen bir yöntemdir. Dinamik bir yöntem olan ZTADOA'da bir yer hareketi kaydı için sistemin hareket denklemi çözülmekte ve sistemin deprem tepkileri elde edilmektedir. Sistemin ve yer hareketi kaydının özelliklerine bağlı olarak, dinamik analiz süresi değişkenlik göstermekte ve bazı durumlarda oldukça uzun süreler almaktadır. Özellikle rijitlik matrisinin göreli olarak büyük olduğu sistemlerde, günlere varan çözümler olabilmektedir. Her ne kadar teknolojideki hızlı ilerlemeler analiz sürelerini kısaltmaya başlasa da henüz pratik seviyelerde bir çözüm mevcut değildir.

Bir yer hareketi kaydının tümü sisteme etki ettirilerek çözüm yapılsa dahi bir depremin tümü yıkıcı etkilere sahip değildir. Bir depremin yıkıcı etkilere sahip belirli kısmı "Güçlü Yer Hareketi", güçlü yer hareketinin olduğu süre ise "Güçlü Yer Hareketi Süresi" (GYHS) olarak isimlendirilmektedir.

Bu çalışmada, orta yükseklikte betonarme çerçevelerden oluşan mevcut bir binanın deprem performansı, TBDY 2018 esaslarına göre ZTADOA ile elde edilmiştir. Ardından, belirli yöntemler kullanılarak GYH kısmı dışındaki ivmelerin kaldırılması ile kısaltılan kayıtlar kullanılarak ZTADOA yapılmış ve mevcut binanın performansı belirlenmiştir. Böylece, analiz süresinin kısalmasını sağlayan GYHS dışındaki kısımların kaldırılması ile elde edilen performans, tam kayıt için elde edilen performans ile karşılaştırılmış, zaman tasarrufu sağlayan bu kısaltmanın analizlerde kullanılmasının etkinliği araştırılmıştır.

GYHS'nin belirlenebilmesi için literatürde önerilen otuzdan fazla yöntem bulunmaktadır [1]. Buna karşın yapılan tanımların tümü arasında en çok kullanılanlarından ikisi "Zarf Süre (Bracketed Duration)" ve "Anlamlı Süre (Significant Duration)" tanımlarıdır. Bu çalışmada da, GYH ve GYHS elde edilmesinde "Zarf Süre" ve "Anlamlı Süre" yöntemleri kullanılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Literatürde GYHS tanımı ile ilgili yapılan çalışmalar ve GYHS kısmının yapıların hasar durumlarına etkisi ile ilgili çalışmalar Bölüm 3'te incelenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Yapılan bu tez çalışmasında TBDY-2018'de tanımlanan ve çözüm süresi uzun zaman alabilen ZTADOA yönteminde, analiz süresinin kısaltılması adına analizde kullanılan deprem kayıtlarının tamamı yerine yalnızca GYH kısmının etki ettirilmesinin, bina performansına etkisi araştırılmıştır. Böylelikle, deprem kaydının GYH kısmının etki ettirilmesi ile elde edilen bina performansının deprem kaydının tamamının etki ettirilmesi ile elde edilen bina performansına yakın olup olmadığı belirlenerek, süreden yapılan tasarrufun etkinliğinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

1.3 Hipotez

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap yapılırken analiz süresini kısaltmak, yapılan işlemlerin daha pratik olabilmesi için önemlidir. Deprem yer hareketinin, yıkıcı olan kısmının belirlenebildiği yöntemler mevcut olduğuna göre, deprem performansının ZTADOA kullanılarak elde edilmesinde yalnızca bu kısmın etki ettirilmesi, tümünün etki ettirilmesi ile aynı sonuçları verebilecek ve aynı zamanda analiz süresini de kısaltacaktır. Bu tez kapsamında, bu hipotezin doğruluğu incelenmiş ve hipotezin geçerliliğinin test edilmesini sağlayacak sonuçlar elde edilmiştir.

2
PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME

2.1 Doğrusal Olmayan Davranış

Yapı sisteminin yalnızca doğrusal davrandığı düşünülerek ele alınan doğrusal tasarım yaklaşımında, yapı sisteminde bulunan elemanları oluşturan malzemelerin gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarının yalnızca doğrusal elastik bölgede kalan kısmı ele alınmaktadır. Fakat gerçek durumda, yapı taşıyıcı sisteminin maruz kaldığı dış yükler nedeniyle elemanlar üzerinde meydana gelen gerilmeler malzemelerin elastik sınırının ötesine geçebilmektedir. Bu nedenle yapı taşıyıcı sisteminin dış yükler altında davranışı tanımlanırken gerçeğe daha yakın sonuçlar ve tasarım aşamasında daha ekonomik bir tasarım elde edebilmek adına doğrusal olmayan davranış göz önüne alınmalıdır.

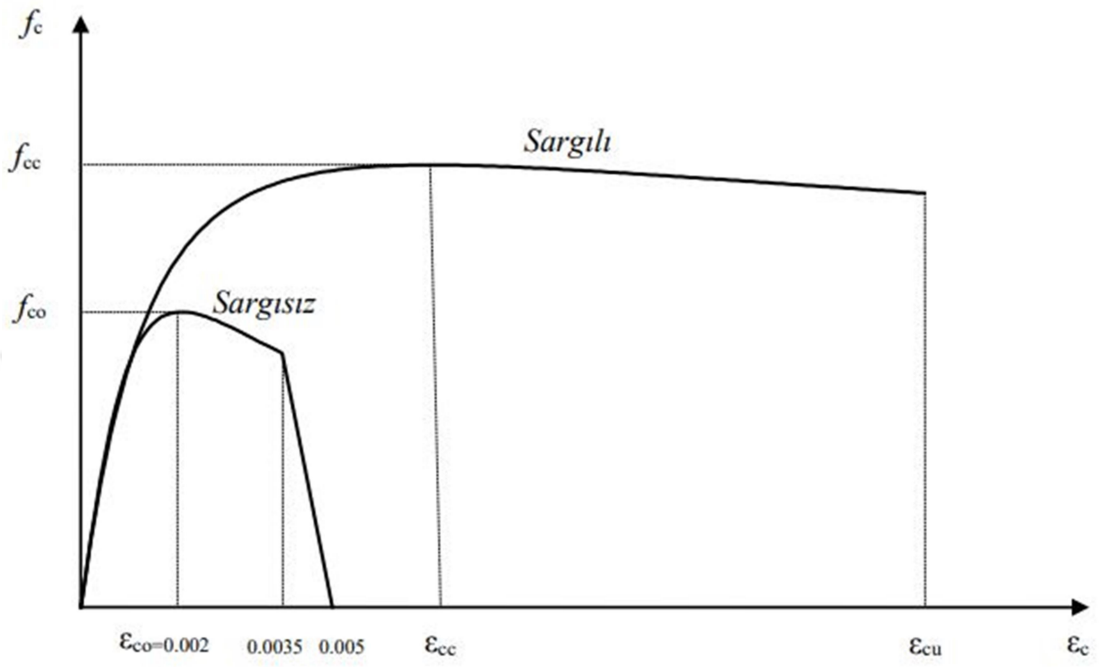
Yapı taşıyıcı sisteminde bulunan elemanları oluşturan malzemenin yalnızca doğrusal elastik bölgede kalan kısmını ele alan hesap yöntemlerinde dahi gerçek davranışa daha yakın sonuçlar elde edebilmek ve daha ekonomik bir tasarım yapabilmek amacıyla çeşitli katsayılar kullanılarak (örneğin; deprem yükü azaltma katsayısı) yapı taşıyıcı sisteminin doğrusal olmayan davranışı hesaba katılmaktadır.

2.2 Betonarme Sistemin Davranışı

Beton, basınç dayanımı açısından değerlendirildiğinde yüksek dayanıma sahip olmasına karşın çekme dayanımı açısından oldukça zayıf bir yapı malzemesidir. Beton malzemenin çekme dayanımı noktasındaki bu zayıflığını giderebilmek amacıyla çekme dayanımı oldukça yüksek donatı çelikleri beton malzeme ile bir arada kullanılarak betonarme kesitler oluşturulmaktadır. Buna ek olarak, oluşturulan bu betonarme kesitlerde beton, donatı çeliklerine bir örtü vazifesi de görerek donatı çeliklerini dış etkenlerden korumaktadır.

2.2.1 Beton Malzemenin Davranışı

TBDY-2018'de doğrusal olmayan yöntemlerle yapılan değerlendirmede kullanılmak üzere beton malzemenin sargılı ve sargısız durumlardaki davranışını belirten gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları verilmiştir. Bu bağıntılar aşağıda Şekil 2.1'de sunulmaktadır.



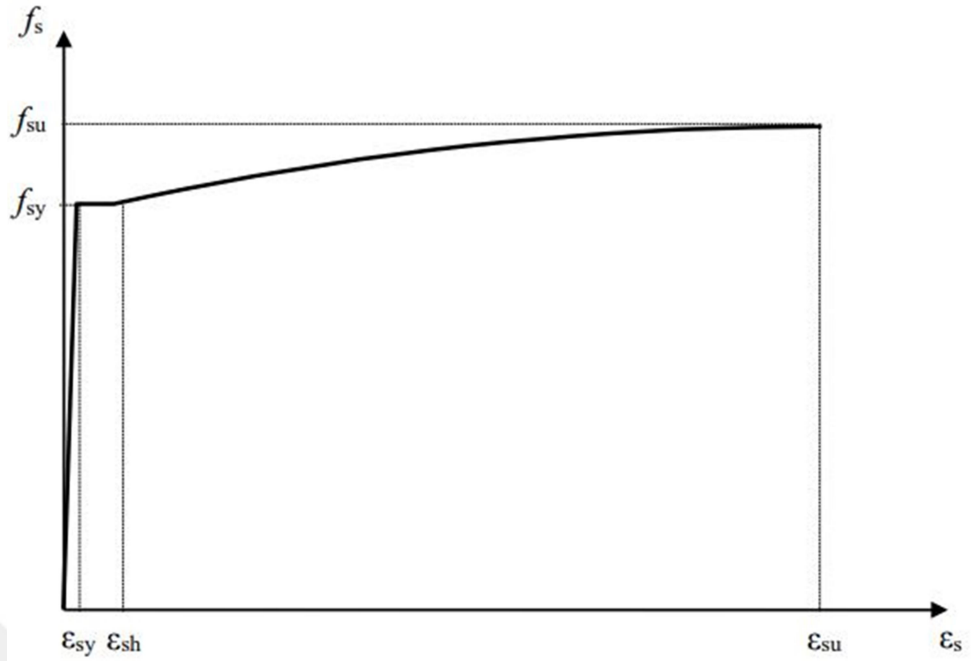
Şekil 2.1 Sargılı ve sargısız betona ait gerilme-şekildeğiştirme diyagramları [2]

Verilen diyagramdan da anlaşılacağı üzere, sargılı betonda göçme gerilmesi sargısız betona göre artış göstermektedir. Buna ek olarak sargısız halde iken gevrek bir davranış gösteren beton, sünek davranış gösteren donatı çeliği ile sargılandığı takdirde sünek bir davranış göstermekte ve şekildeğiştirme kapasitesi artmaktadır.

Diyagram oluşturulurken bahsi geçen, sargılı betona ait gerilme-şekildeğiştirme bağıntılarındaki sınır değerlerinin hesabı TBDY-2018 EK 5A'da verilmektedir.

2.2.2 Donatı Çeliğinin Davranışı

Donatı çeliği sünek davranış gösteren bir malzemedir. Betonarme kesiti oluşturan beton ve donatı çeliği arasındaki aderansı artırmak adına donatı çelikleri nervürlü imal edilmektedir. TBDY-2018'de donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı Şekil 2.2'deki diyagram ile ifade edilmiştir.



Şekil 2.2 Donatı çeliğine ait gerilme-şekildeğiştirme diyagramı [2]

Farklı donatı çeliği sınıfları için gerilme ve şekildeğiştirme sınır değerleri Şekil 2.3'te verilmiştir.

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 2.3 Farklı sınıftaki donatı çeliklerine ait karakteristik değerler [2]

Donatı çeliğinin Elastisite Modülü $E_s=2*10^5$ MPa'dır.

2.3 Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

Yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizinde, doğrusal elastik analizden farklı olarak yapı sistemini oluşturan elemanlar belirli bir dayanım kapasitesine sahiptirler. Yapı sistemini oluşturan bu elemanlar, üzerlerindeki yüklerin artmasıyla birlikte rijitlik kaybına uğrarlar ve elemanlar kritik bölgelerinde maksimum dayanım değerlerine ulaşırlar. Maksimum dayanım değerine ulaşılan noktadan sonra eleman, sabit yük altında deformasyon yapmaya devam ederek depremden dolayı meydana gelen enerjiyi

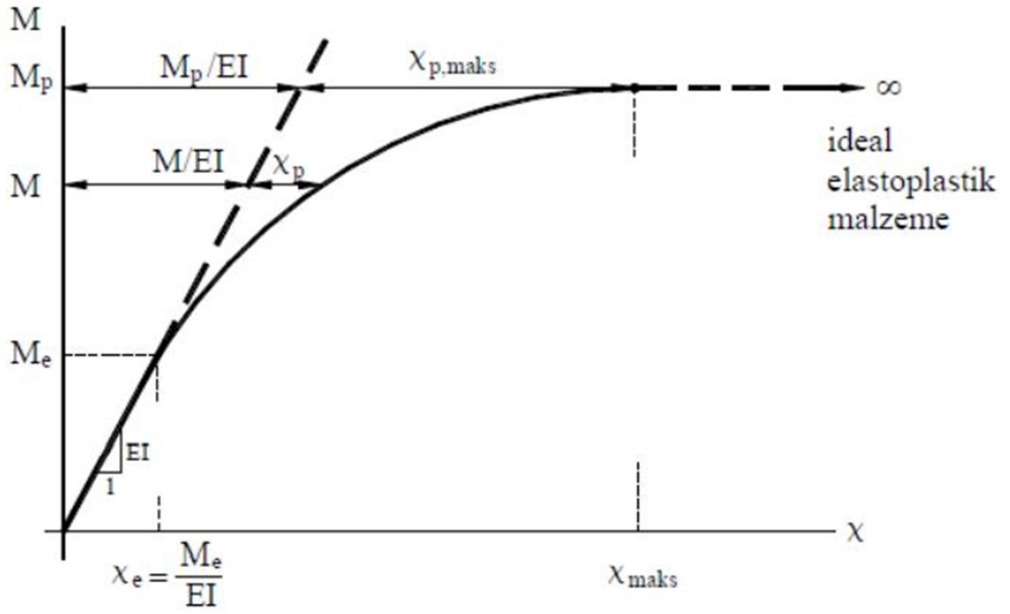
sönümlemeyi sürdürür. Bahsi geçen elemanın dayanımını tümüyle kaybetmesine dek enerji sönümleme durumu devam eder. [3]

Yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizinde, bahsedilen bu dayanım-deformasyon ilişkisini modellemek amacıyla kullanılan "Yığılı" ve "Yayılı" olmak üzere iki farklı davranış modeli mevcuttur.

2.3.1 Yığılı Plastik Davranış Modeli

Yığılı plastik davranış modeli, yapı sistemini oluşturan elemanlarda dış yüklerden dolayı ortaya çıkan şekildeğiştirmelerin elemanların belirli noktalarında toplanacağı kabulüne dayanmaktadır. Şekildeğiştirmelerin toplandığı bu bölgelere "plastik mafsal" adı verilmektedir. Bu davranış modelinde, yapı sisteminin plastik mafsal bölgelerinin dışında kalan kısmının doğrusal-elastik davrandığı kabul edilmektedir. Plastik mafsal kabulü yapılarak yapılan analizlerde analiz süresi yayılı plastik davranış kabulüne göre daha kısadır.

Şekil 2.4'te bir düzlem çubuk elemanın gerçek moment-eğrilik diyagramı verilmiştir. Aynı düzlem çubuk elemanın belirli bir bölgesinin moment diyagramı, toplam eğilme şekildeğiştirmeleri ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri Şekil 2.5'te belirtilmiştir.

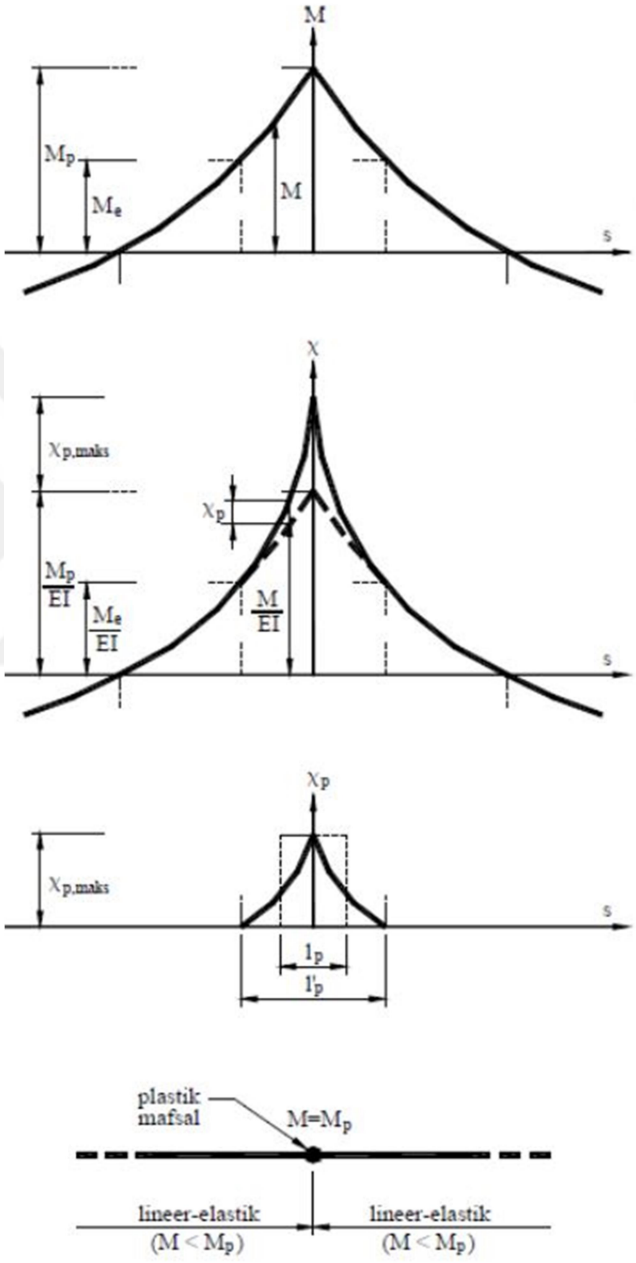


Şekil 2.4 Moment-eğrilik diyagramı [4]

Bu hipotezde plastik şekildeğiştirmelerin, plastik mafsal boyu (l_p) olarak adlandırılan bir bölge boyunca yayılmış olduğu ve daha sonra plastik mafsal adı verilen tek bir noktaya

yığıldığı kabulü yapılmaktadır. Plastik mafsalın dönmesi, θ_p'nin hesabı Denklem 2.1'de verilmiştir.

$$\theta_p = \int_{lp} \chi_p \, ds \tag{2.1}$$



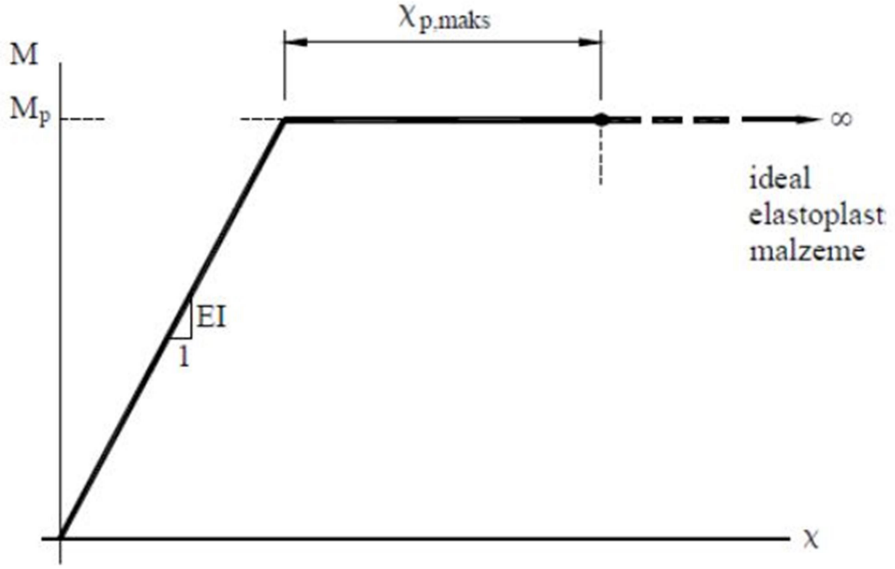
Şekil 2.5 Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler [4]

Moment-eğrilik grafiğinin iki doğru parçasından oluşacak biçimde, Denklem 2.2 ve Denklem 2.3'teki bağıntılar kullanılarak idealleştirilmesi durumunda plastik mafsal hipotezi uygulanabilmektedir.

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \chi = \frac{M}{EI} \tag{2.2}$$

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \chi \rightarrow \chi_{p,maks} \tag{2.3}$$

İdealleştirilmiş moment-eğrilik grafiği Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6 İdealleştirilmiş moment-eğrilik diyagramı [4]

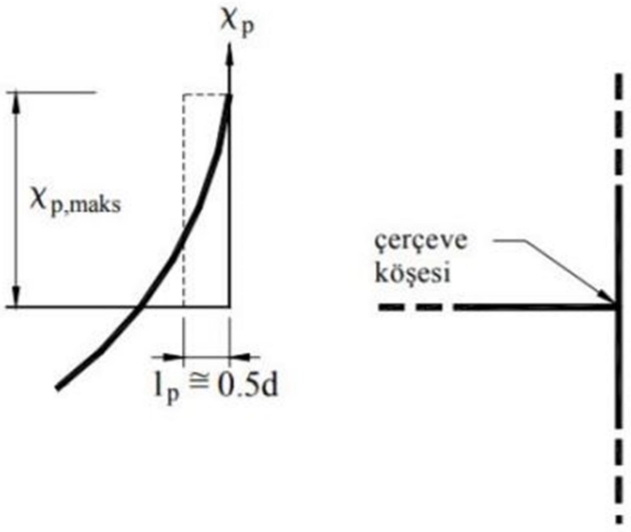
Plastik mafsallardaki dönme değerleri, yapının maruz kaldığı dış yüklerin artmasıyla birlikte artmaya başlar. Bu dönme değerleri, dönme kapasitesi sınır değerine ulaştığında kesit artık yük taşıyamaz ve kullanılamaz hale gelir. Bu durum yapının birçok noktasında meydana gelirse yapının göçmesine neden olur. Bahsi geçen dönme kapasitesinin yaklaşık hesabı Denklem 2.4'de verilmiştir.

$$maksimum\theta_p = l_p \chi_{p,maks} \tag{2.4}$$

Bu denklemde l_p, dönme kapasitesi hesaplanan plastik mafsalın boyudur. Plastik mafsal boyu l_p ise yaklaşık olarak Denklem 2.5 ile hesaplanabilir.

$$l_p \cong 0.5d \tag{2.5}$$

Bu denklemde d, hesabı yapılan kesitin çalıştığı doğrultudaki yüksekliğini belirtmektedir. Plastik mafsalın boyu Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Plastik mafsal boyu [4]

2.3.2 Yayılı Plastik Davranış Modeli

Yayılı plastik davranış modelinde, yığılı plastik davranış modelinin aksine plastik şekildeğiştirmelerin yalnızca tanımlanmış belirli bölgelerle sınırlı kalmayıp elemanın uzunluğu boyunca yayılı olacak bir biçimde meydana geldiği kabul edilir. Yapı elemanlarının tümünde bu davranış modeli kullanılabilir. Yayılı plastik davranış modelinde eleman kesit hücresi (lif) adı verilen sonlu hücrelere bölünür. Bu hücreler kesitin sargısız beton ve sargılı beton kısımları için ayrı ayrı tanımlanır. Çelik donatı çubukları ise tekil olarak modellenir. [2]

Doğrusal olmayan davranışı daha hassas bir biçimde elde edebilmek açısından kesitin yeterli sayıda kesit hücresine bölünmesi gerekmektedir. Kesit hücresi sayısı arttıkça analiz sonuçları gerçek davranışa yaklaşmaktadır. Fakat kesit hücresi sayısının artmasıyla birlikte analiz süresinin uzayacağı da bilinmelidir. Yayılı plastik davranış modeli genellikle perde elemanların doğrusal olmayan modellenmesinde kullanılmaktadır.

2.4 TBDY-2018'e Göre Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme

Deprem etkisi altında yapı taşıyıcı sisteminin tasarlanması sırasında izlenebilecek iki yaklaşımdan biri olan Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımında:

- Halihazırda mevcut ya da daha önce ön tasarımı tamamlanmış, yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların doğrusal olmayan modelleme metotları ile iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları elde edilir.
- Statik veya zaman tanım alanında dinamik yöntemler kullanılarak sistem analiz edilir. Sünek davranış ile ilgili olarak şekildeğiştirme talepleri, gevrek davranış ile ilgili olarak da dayanım talepleri elde edilir.
- Yapılan analizlerden elde edilen bu talep değerleri, yapı taşıyıcı sisteminin sağlaması gereken performans hedefi doğrultusunda belirlenen şekildeğiştirme ve dayanım kapasiteleri ile kıyaslanır.
- Halihazırda mevcut yapılar için bu kıyaslama yapıldıktan sonra taleplerin kapasiteyi aşıp aşmadığından bağımsız olarak Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır.
- Yeni yapılacak ya da mevcut fakat güçlendirilecek yapıların değerlendirilmesinde yapılan analizler sonucu elde edilen talep değerleri, performans hedefleri doğrultusunda belirlenen kapasite değerlerini aşmıyorsa şekildeğiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır. Aştığı takdirde yapı sistemini oluşturan elemanların kesitleri değiştirilerek analizler tekrar yapılır ve şekildeğiştirmeye göre değerlendirme tekrar edilir ve bu yöntemle şekildeğiştirmeye göre tasarım sona erdirilir. [2]

2.5 Bina Performans Düzeyleri

2.5.1 Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Kesintisiz Kullanım performans düzeyi, yapı taşıyıcı sistemini meydana getiren elemanlarda yapısal hasarın ortaya çıkmadığı veya ortaya çıkan hasarın ihmal edilebilecek düzeyde olduğu durumdur. [2]

2.5.2 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Sınırlı Hasar performans düzeyi, yapı taşıyıcı sistemini meydana getiren elemanlarda ortaya çıkan hasarın sınırlı düzeyde olduğu durumdur. Bu durum diğer bir şekilde doğrusal olmayan davranışın belirli bir sınırı aşmadığı durum olarak da ifade edilebilir. [2]

2.5.3 Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

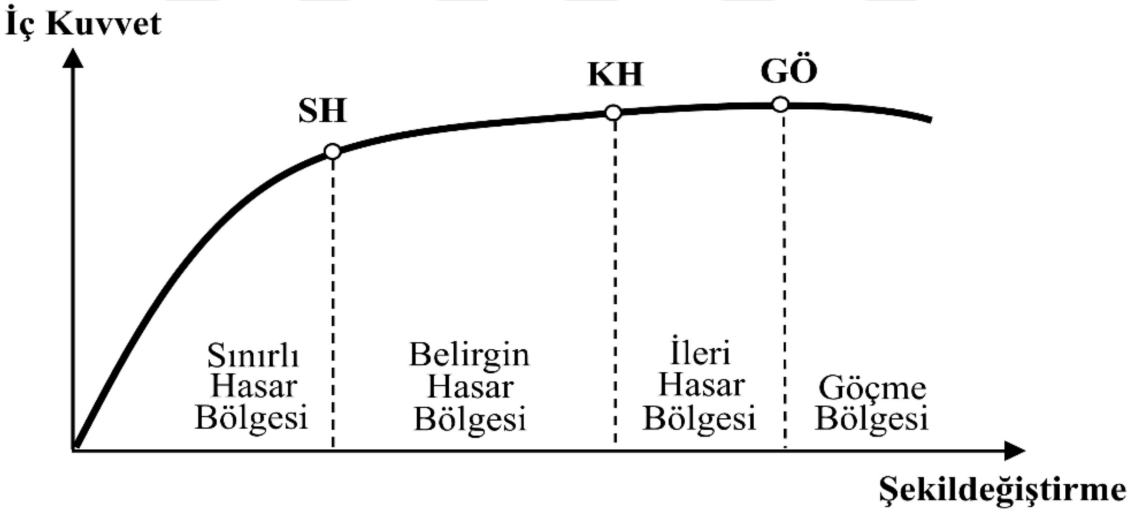
Kontrollü Hasar performans düzeyi, yapı taşıyıcı sistemini meydana getiren elemanlarda ortaya çıkan hasarın çok ağır olmayıp çoğunlukla onarılabilecek düzeyde olduğu durumdur. [2]

2.5.4 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi, yapı taşıyıcı sistemini meydana getiren elemanlarda ağır hasarların ortaya çıktığı, göçmenin öncesindeki durumdur. Yapının kısmi olarak veya tamamıyla göçmesi önlenmektedir. [2]

2.6 Kesit Hasar Bölgeleri

Yapı sistemini oluşturan elemanların hangi hasar bölgesinde oldukları TBDY-2018'de Şekil 2.8'de verilen iç kuvvet-şekildeğiştirme diyagramı ile ifade edilmiştir. Elemanların kritik kesirlerinin hasarı, hesaplanan hasar seviyeleri ile sınırlandırılmış bölgelerden hangisinde kalıyorsa eleman o hasar bölgesindedir.



Şekil 2.8 Kesit hasar sınırları ile belirlenen kesit hasar bölgeleri [2]

2.7 Bina Performans Hedefleri

TBDY-2018'e göre yeni yapılacak veya halihazırda mevcut yapıların sağlamak zorunda oldukları performans hedefleri Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS=1, 1a[(1)], 2, 2a[(1)], 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a[(2)], 2a[(2)]	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT [(5)]	KH	DGT [(3,4)]
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

Tablo 2.2 Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2)

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

[(1)] Bina Yükseklik Sınıfı> 3 olan yapılarda uygulanmalıdır.

[(2)] Bina Yükseklik Sınıfı = 2,3 olan binalarda uygulanmalıdır.

[(3)] Ön tasarım olması amacıyla uygulanacaktır.

[(4)] I = 1.5 kabul edilerek uygulanacaktır.

[(5)] Bkz. TBDY-2018 Bölüm 3.5.2.2.

2.8 Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

TBDY-2018'e göre zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılırken deprem etkisi, yapının sahip olduğu elastik tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmiş deprem ivme kayıtları ile tanımlanır.

Yapı taşıyıcı sistemini meydana getiren elemanları değerlendirirken göz önüne alınan düşey yükler ile deprem etkisinin birleşimi TBDY-2018'de şu şekilde tanımlanmıştır.

$$G + Q_e + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3\,E_d^{(Z)} \qquad (2.6)$$

Denklem 2.6'da G ölü yüklerin yaratmış olduğu etkiyi, Q_e etkin hareketli yüklerin yaratmış olduğu etkiyi, S kar yükünün yaratmış olduğu etkiyi, $E_d^{(H)}$yatay depremin yaratmış olduğu etkiyi ve $E_d^{(Z)}$ düşey depremin yaratmış olduğu etkiyi ifade etmektedir. Etkin hareketli yüklerin yaratmış olduğu etki Q_e=nQ olarak dikkate alınacaktır. Bu denklemde n hareketli yük katılım katsayısı anlamına gelmektedir ve konut, hastane, işyeri, otel, otopark, vb. gibi yapılarda 0.3 değerini almaktadır.

Zaman-tanım alanında analiz yapılırken analizin ilk adımı olarak, deprem etkisinin yapıya etki ettirilmesinden önce G+nQ kombinasyonu ile tanımlanan ve yalnızca düşey yüklerin yapı sistemine etki ettirildiği doğrusal olmayan statik analiz gerçekleştirilir. Bu analiz sonucunda elde edilen iç kuvvet ve şekildeğiştirme değerleri yatay deprem etkisi analizine başlanırken başlangıç değerleri olarak dikkate alınır.

Yatay deprem hesabı zaman-tanım alanında analiz ile yapılırken deprem ivme kayıtları X ve Y doğrultularında eş zamanlı olarak birlikte tanımlandıklarından, yatay deprem etkisi, $E_d^{(H)}$'ye analiz sonunda doğrudan ulaşılmaktadır. [2]

2.9 Doğrusal Olmayan Hesapta Kullanılacak Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar

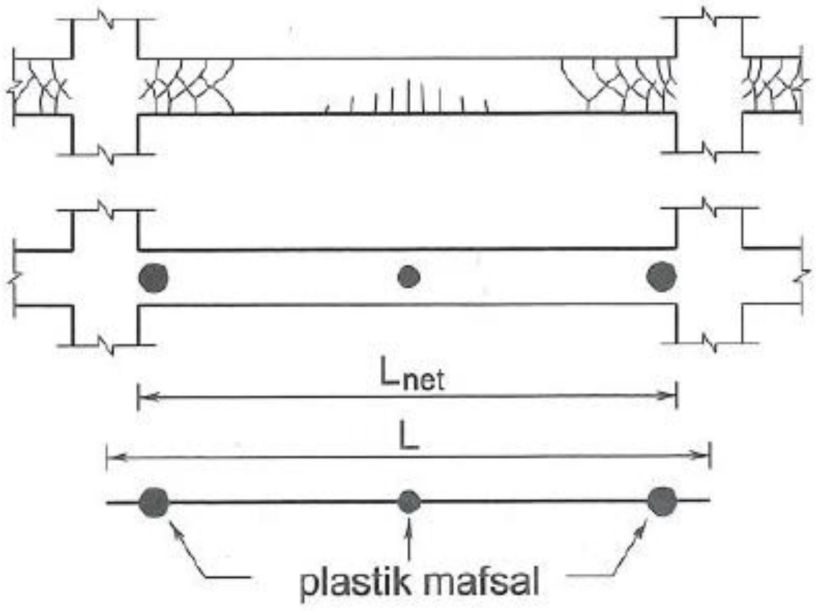
- Analizi yapılacak yapı taşıyıcı sistemi her zaman üç boyutlu olacak şekilde modellenecektir.
- Yatayda birbirine dik iki doğrultudaki deprem etkisi her zaman hesaba katılacaktır.
- Farklı bir durum belirtilmediği takdirde doğal sönüm oranı %5 alınacaktır.

- Eksenel kuvvetlerden ötürü, şekil değiştirmiş yapı sisteminde meydana gelen ikinci mertebe etkileri dikkate alınacaktır.
- Halihazırda mevcut yapıların değerlendirilmesi yapılırken beton ve donatı çeliği malzemelerinin mevcut dayanımları dikkate alınacaktır.

2.9.1 Kiriş ve Kolonların Modellenmesi

Yapı taşıyıcı sistemi modellenirken kirişler ve kolonlar çubuk sonlu elemanlar olarak modellenmelidir. Doğrusal olmayan davranışı tanımlamak adına yayılı plastik davranış modeli veya yığılı plastik davranış modellerinden herhangi birisi kullanılabilir. Ancak yığılı plastik davranış modelinin kullanılması yeterlidir. Kiriş ve kolonların birleşim noktalarında toplamda altı adet serbestlik derecesinin tamamı dikkate alınacaktır. Ancak döşemeler modellenirken rijit diyafram kabulü yapıldıysa, bu altı adet serbestlik derecesinden rijit harekete karşı gelenleri dikkate alınmayacaktır. Plastik mafsallar, kirişler ve kolonların net açıklıklarının uç bölgelerinde konumlandırılabilir. Fakat kirişlere etkiyen düşey yükler sonucunda kirişlerin açıklık bölgelerinde de plastik mafsalların meydana gelebileceği dikkate alınmalıdır. Plastik mafsal bölgelerinin arasında kalan kısımlar doğrusal eleman olarak dikkate alınacaktır. [2]

Şekil 2.9'da bir kirişte plastik mafsalların meydana gelebileceği noktalar belirtilmiştir.



Şekil 2.9 Kirişte plastik mafsal meydana gelebilecek noktalar [5]

2.10 Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

TBDY-2018'e göre doğrusal olmayan hesap yöntemleri ikiye ayrılmaktadır. Bu yöntemlerden ilki "İtme Yöntemleri" ve ikincisi "Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi" olarak adlandırılmaktadır.

2.10.1 İtme Yöntemleri

Doğrusal olmayan deprem hesabında TBDY-2018 kapsamında itme yöntemleri "Tek Modlu İtme Yöntemleri" ve "Çok Modlu İtme Yöntemleri" olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin tümünde olduğu gibi itme yöntemlerinde de analizin başlangıcı olarak deprem etkisi haricindeki yükler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Yapılan bu hesap sonucunda iç kuvvet ve şekildeğiştirme değerleri elde edilir ve bu değerler deprem etkisinin hesabında başlangıç değerleri olacak şekilde dikkate alınır. İtme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet değerleri, belirlenen performans hedefi için hesaplanan sınır değerler ile kıyaslanarak değerlendirme sonuçlandırılır.

Doğrusal olmayan hesap yapılırken tek modlu itme yönteminin kullanılabileceği yapılar TBDY-2018 kapsamında sınırlandırılmıştır.

Çok modlu itme yöntemleri ise Bina Yükseklik Sınıfı≥2 olan tüm yapılarda kullanılabilir. [2]

2.10.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

2.10.2.1 Tanım

Yapı taşıyıcı sisteminin hareket denklemleri diferansiyel denklem takımlarıyla tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu diferansiyel denklem takımlarının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu şeklinde yapılan analiz yöntemine "Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap" adı verilmektedir. Yapılan bu analiz esnasında, sistemin göstermiş olduğu doğrusal olmayan davranış sebebiyle yapı sisteminin rijitlik matrisinde oluşan değişiklikler dikkate alınmaktadır. [2]

2.10.2.2 Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi uygulanırken minimum 11 adet deprem yer hareketi takımı kullanılmak zorundadır. Yatayda birbirine dik iki doğrultuda seçilen deprem ivme kayıtları yapı taşıyıcı sisteminin X ve Y doğrultusunda eş zamanlı

biçimde birlikte etki ettirilecek ve daha sonra deprem ivme kayıtları 90 derece döndürülerek yapılan hesap tekrar edilecektir.

Deprem ivme kayıtlarının analizi yapılacak olan yapıya uygun olacak biçimde seçilmesi ve ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Buna istinaden uyulması gereken koşullar TBDY-2018'de şu şekilde belirtilmiştir:

- Analizde kullanılacak depremin seçiminde depremin büyüklüğünün, tasarıma esas deprem yer hareketi ile örtüşmesi, yerel zemin koşulları, faya olan uzaklık ve kaynak mekanizmaları gibi hususlar dikkate alınacaktır.
- Yapının bulunmuş olduğu konumda tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyuşmakta olan geçmişte gerçekleşen deprem yer hareketi kayıtları varsa bu kayıtların kullanımına öncelik verilecektir.
- 11 adet deprem kaydı takımı bulunamadığı durumlarda benzeştirilmiş kayıtlar kullanılabilir. Benzeştirilmiş kayıtların kullanılması durumunda, yapının bulunduğu konumdaki yerel zemin özellikleri, sismik kaynak ve dalga yayılımı dikkate alınacaktır. Benzeştirilmiş kayıt parametrelerinin, yapının bulunduğu konumdaki geçmişte gerçekleşen kayıtlar ile örtüştüğü gösterilecektir.
- Aynı depremden en fazla 3 adet deprem ivme kaydı takımı kullanılacaktır.
- Üç boyutlu hesap yapıldığı takdirde bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Bileşke yatay spektrum bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşeninin spektrumlarının kareleri toplamının karekökü olarak elde edilir. Analizde kullanılan tüm deprem kayıtlarının hesaplanan bileşke spektrumlarının ortalamasında 0.2Tp ile 1.5Tp periyotları arasında kalan genliklerinin, yapıya ait tasarım spektrumunda yine aynı periyot değerleriyle sınırlandırılmış aralıktaki genliğe oranı 1.3'ten az olmayacak şekilde deprem yer hareketi kayıtlarına ait bileşenler ölçeklendirilir. Yatay bileşenlerin her ikisi de aynı ölçek katsayısı ile ölçeklendirilecektir. [2]

2.10.2.3 Hesapta Dikkat Edilmesi Gereken Koşullar

- Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlardan doğrusal olmayan davranış gösterenlerin haricinde doğrusal davranan elemanlarda meydana gelen dinamik enerji kaybı, viskoz sönüm matrisi vasıtasıyla hareket denklemlerinde

tanımlanacaktır. Bahsi geçen viskoz sönüm matrisi, “Rayleigh Orantılı Sönüm Matrisi” ya da “Modal Sönüm Matrisi” şeklinde uygulanacaktır.

- Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin tümünde olduğu gibi analizin başlangıcı olarak deprem etkisi haricindeki yükler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Yapılan bu hesap sonucunda iç kuvvet ve şekildeğiştirme (yeni inşa edilecek yapılarda izin verilmez) değerleri elde edilir ve bu değerler deprem etkisinin hesabında başlangıç değerleri olacak şekilde dikkate alınır.
- Analizde uygulanacak zaman artımı, yapı sisteminin dinamik davranışında etkili olan titreşim modlarının tamamının yeterli derecede temsil edilmesini mümkün hale getirecek şekilde seçilmelidir. [2]

2.10.2.4 Değerlendirmeye Esas Şekildeğiştirme ve İç Kuvvet Talepleri

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonucunda şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri, her bir deprem kaydı takımı ile yapılan analiz sonucunda elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet taleplerinin en büyük mutlak değerlerinin ortalaması şeklinde dikkate alınacaktır. [2]

2.11 Şekildeğiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi

TBDY-2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet değerleri, elemanların sahip oldukları kapasite değerleri ile kıyaslanır. Bu sınır değerlerinin hesabı Bölüm 3.7.1’de ifade edilmiştir.

2.11.1 Yeni İnşa Edilecek Yapı Elemanları İçin Şekildeğiştirme ve İç Kuvvet Sınırları

TBDY-2018’de yeni inşa edilecek yapı elemanları için tanımlanan ve üç farklı hasar düzeyine karşılık gelen sınır değerler tanımlanmıştır. Bunlar sırasıyla “Göçmenin Önlenmesi”, “Kontrollü Hasar” ve “Sınırlı Hasar” performans düzeyleri sınır değerleridir.

2.11.1.1 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi İçin Sınır Değerlerin Hesabı

Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için, yayılı plastik davranış modeli kullanılarak analizleri yapılan beton ve donatı çeliklerinin izin verilen toplam birim şekildeğiştirme sınırları Denklem 2.7 ve Denklem 2.8’de tanımlanmıştır.

(a) Beton birim kısalması:

- Dikdörtgen kesite sahip kiriş, kolon ve perde elemanlarda:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \tag{2.7}$$

- Dairesel kesite sahip elemanlarda:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \tag{2.8}$$

Verilen denklemlerde, birinci terim kabuk betonu olarak adlandırılan sargısız betonun birim kısalmasını ifade etmektedir. ω_{we} ise, etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını ifade etmektedir.

$$\omega_{we} = \alpha_{se}\rho_{sh,min}\frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \tag{2.9}$$

Denklem 2.9'da, f_{ywe} etriye ve çirozların ortalama (beklenen) akma dayanımlarını, α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısını, $\rho_{sh,min}$ dikdörtgen kesitin yatayda iki doğrultudaki hacimsel donatı oranlarından küçük olanın değerini ifade etmektedir.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2b_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \tag{2.10}$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \tag{2.11}$$

Denklem 2.10 ve Denklem 2.11'de a_i bir çiroz veya etriye kolu ile mesnetlenmiş durumda olan boyuna donatılan merkezlerinden geçen eksenler arasındaki uzaklık, b_o ve h_o sargı donatısının eksenlerinden ölçülmesi gereken sargılı betonun boyutlarını, s enine donatıların arasındaki uzaklığı, b_k en dışta bulunan etriyelerin merkezlerinden geçen eksenlerin arasındaki uzaklığı, A_{sh} ve ρ_{sh} ele alınan doğrultuda sırasıyla enine donatı alanı ve hacimsel oranını ifade etmektedir. Dairesel sargı donatısının mevcut olduğu durumlarda dairesel sargı donatısı etkinlik katsayısı Denklem 2.12 ile hesaplanmaktadır.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{s}{2D}\right)^n \tag{2.12}$$

$$\rho_{sh} = \frac{2A_{os}}{Ds} \tag{2.13}$$

Denklem 2.13'te s spiralin adımı veya enine donatılar arasındaki uzaklığı, D spiral ya da sargı donatılarının eksenleri arasındaki uzaklığı, A_{os} ise spiral ya da sargı donatısının alanını ifade etmektedir. Spiral donatı bulunması durumunda n=1, dairesel etriye bulunması durumunda n=2 alınmalıdır.

(b) Donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi:

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \tag{2.14}$$

Denklem 2.14'te verilen ε_{su}, Şekil 2.3'te verilen donatı çeliğinin çekme dayanımına karşılık gelen birim uzama miktarını ifade etmektedir.

(c) Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için yığılı plastik davranış modeli kullanılması durumunda elde edilecek plastik dönme değerleri için izin verilen sınır değerinin hesabı Denklem 2.15'te ifade edilmiştir. Hesap aşamasında kesite etkiyen eksenel kuvvet ile TBDY-2018 kapsamında belirlenen beton ve donatı çeliği malzeme modelleri dikkate alınarak yapılan eğrilik analizinden elde edilen sonuçlar denklemde yerine konulup sınır değer hesaplanacaktır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(\phi_u - \phi_y)L_p\left(1 - 0.5\frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5\phi_u d_b\right] \tag{2.15}$$

Denklem 2.15'te ϕ_u, gerçekleştirilen eğrilik analizi sonucunda belirlenen göçme öncesi toplam eğriliği ifade etmektedir. Denklem 2.15'te bulunan en sondaki terim ise, akma durumundan sonra göçme öncesine kadarki durumda akma uzamasının penetrasyonuna bağlı donatının sıyrılma dönmesini ifade etmektedir.

2.11.1.2 Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi İçin Sınır Değerlerin Hesabı

Kontrollü hasar performans düzeyi için TBDY-2018 kapsamında belirlenen sınır değerler, ekstra hesap yapılmaksızın "Göçmenin Önlenmesi" performans düzeyi için hesaplanan sınır değerlerin %75'i olacak şekilde tanımlanmıştır.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} \tag{2.16}$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (2.17)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\theta_p^{(GÖ)} \quad (2.18)$$

2.11.1.3 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi İçin Sınır Değerlerin Hesabı

Sınırlı Hasar performans düzeyi için TBDY-2018 kapsamında belirlenen sınır değerler sabit olup sırasıyla Denklem 2.19, 2.20 ve 2.21'de verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad (2.19)$$

$$\varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (2.20)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (2.21)$$

Sınırlı Hasar performans düzeyinde, yapı taşıyıcı sisteminde plastik mafsalların oluşmasına izin verilmez. [2]

3
GÜÇLÜ YER HAREKETİ SÜRESİ KAVRAMI

Depremlerin yıkıcı etkisini ifade etmek adına kullanılan birden fazla parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin önemli olanlarından bir tanesi olan deprem yer hareketinin süresi, depremin yapıya vereceği hasar seviyesinde önemli rol oynamaktadır. Her ne kadar deprem yer hareketi süresinin tamamı meydana gelecek hasar seviyesi açısından önemli bir kriter olsa da yapılan çalışmalar göstermektedir ki depremlerin tümü değil belirli bir kısmı yıkıcı etkiye sahip olmaktadır. Yıkıcı etkiye sahip bu kısımlar "Güçlü Yer Hareketi", bu kısımların süresi ise "Güçlü Yer Hareketi Süresi" olarak tanımlanmaktadır.

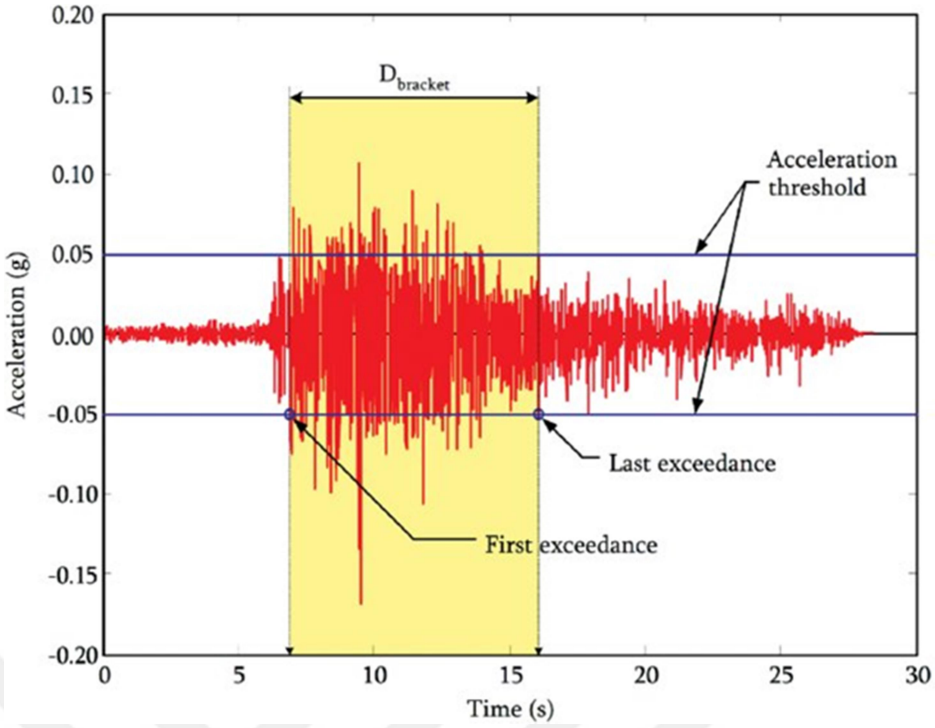
Güçlü yer hareketi süresi için evrensel olarak kabul görmüş yalnızca tek bir tanım bulunmamaktadır. Güçlü yer hareketi süresinin tanımlanması ile ilgili ilk çalışma Rosenblueth ve Bustamante tarafından 1962 yılında yapılmıştır. Yapılan ilk çalışmadan bu yana, bir depremin güçlü yer hareketi süresini tanımlamak için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Şu anda literatürde otuzdan fazla güçlü yer hareketi süresi tanımı bulunmaktadır. [1]

Mevcut tanımlardan hangilerinin ne tür uygulamalar için kullanılacağı ve hangilerinin ne gibi durumlarda tercih edilmesi gerektiği hakkında net bir görüş birliği yoktur. [6] Ancak yapılan otuzdan fazla tanım arasından yaygın olarak kullanılanlarından ikisi "Zarf Süre" (Bracketed Duration) ve "Anlamlı Süre" (Significant Duration) tanımlarıdır.

3.1 Zarf Süre (Bracketed Duration) Tanımı

Zarf Süre (Bracketed Duration) tanımı, depremin ivme kaydının belirlenen bir eşik değere ilk ve son kez ulaştığı noktalar arasında geçen süre olarak ifade edilmektedir. Bu eşik değer genellikle 0.05g olarak seçilmektedir. [6]

Şekil 3.1'de örnek bir depremin 0.05g eşik değeri için zarf süre hesabı, depremin ivme-zaman kaydı üzerinden görsel biçimde ifade edilmiştir.



Şekil 3.1 0.05g eşik değeri için zarf süre hesabının görsel ifadesi [7]

3.2 Anlamlı Süre (Significant Duration) Tanımı

Anlamlı süre tanımı, depremlerin ivme-zaman grafiklerindeki enerji birikimi ilkesine dayanmaktadır. Bu enerji birikimi deprem yer ivmesinin karesinin integrali şeklinde ifade edilmekte ve hesaplanan bu enerji indeksi değerine "Arias Şiddeti" adı verilmektedir. [1]

Deprem ivme kaydının Arias Şiddeti hesabı Denklem 3.1'de verilmiştir.

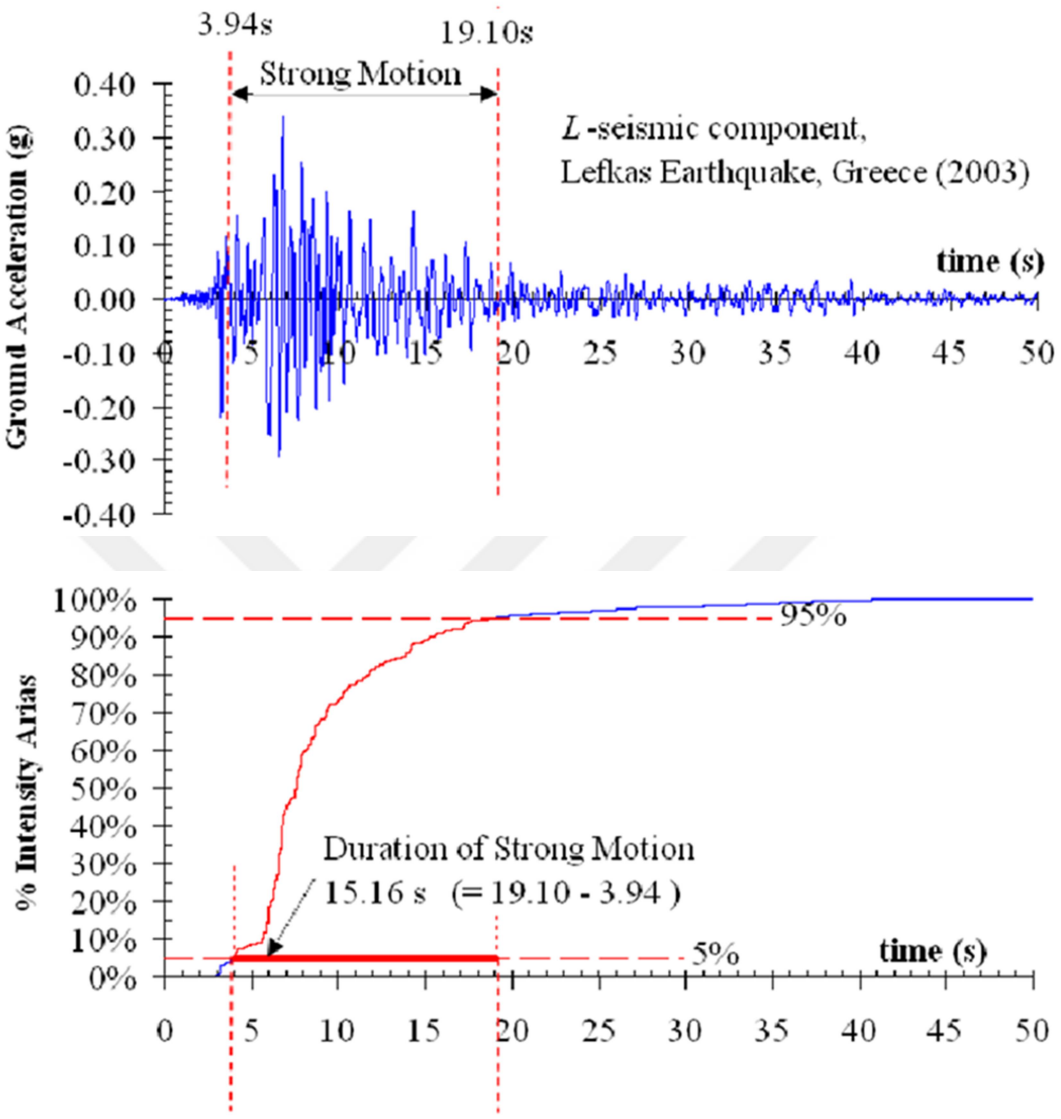
$$AI = \pi/2g \int_0^{T_d} a^2(t)dt \tag{3.1}$$

Burada a yer ivmesini, T_d depremin toplam süresini g ise yerçekimi ivmesini ifade etmektedir.

Anlamlı süre, integralin toplam değerinin veya diğer bir deyişle Arias Şiddeti değerinin belirli bir kısmının deprem kaydının hangi zaman aralığında biriktiğine bakılarak hesaplanmaktadır. Bu birikimin depremin hangi anında ne durumda olduğunun belirlenebilmesi adına "Husid Diyagram" adı verilen diyagram çizilir.

Husid Diyagram matematiksel olarak şöyle ifade edilmektedir.

$$H(t) = \frac{\pi/2g \int_0^t a^2(t)dt}{AI} \quad (3.2)$$



Şekil 3.2 Lefkas, Yunanistan (2003) depremine ait anlamlı süre hesabının görsel ifadesi [8]

Anlamlı süre, Husid Diyagram oluşturulduktan sonra Arias Şiddeti değerinin genellikle %5'lik kısmının biriktiği nokta ile %95'lik kısmının biriktiği nokta arasında kalan bölgede geçen süre olarak kabul edilmektedir.

Şekil 3.2'de 2003 yılında Yunanistan'da meydana gelen Lefkas Depremi'nin ivme kaydı ve Husid Diyagram'ı verilmiş daha sonra anlamlı süre hesabı yapılmıştır. Şekil 3.2 incelendiğinde, yaklaşık 50 saniye civarında süren bir depremin anlamlı süre

tanımına uygun olarak hesaplanan güçlü yer hareketi süresinin 15,16 saniyeye kadar düştüğü görülmektedir.

Anlamlı süre kavramı, ivme kaydının karakteristik özelliklerinin tümünü dikkate aldığından avantajlı bir güçlü yer hareketi süresi tanımıdır. [1]

3.3 Literatürde Güçlü Yer Hareketi Süresinin Yapıların Deprem Davranışına Etkisi ile İlgili Yapılan Benzer Çalışmalar

Literatürde, farklı güçlü yer hareketi sürelerine sahip depremlerin yapıların deprem davranışlarına etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda seçilen deprem kayıtlarının, güçlü yer hareketi süresi tanımlarından bir veya birden fazlası kullanılarak güçlü yer hareketi süreleri belirlenmiş ve seçilen bu deprem kayıtları ile elastik olmayan analiz gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen çalışmalarda benimsenen asıl amaç güçlü yer hareketi süreleri görece daha uzun olan depremlerin, güçlü yer hareketi süreleri daha kısa depremler ile kıyaslandığında yapılarda meydana getirmiş olduğu hasarın incelenmesi ve depremin güçlü yer hareketi süresi arttığı takdirde yapıdaki davranışın ne durumda olduğunun gözlemlenmesidir.

Bu kapsamda Wang, 2021 yılında yaptığı çalışmada ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu barajların sismik davranışlarında güçlü yer hareketi süresinin rolünü incelemiştir. Çalışmasında 35 adet farklı deprem kaydı kullanmış ve kullanılan bu 35 farklı depremin güçlü yer hareketi sürelerini belirlerken zarf süre (bracketed duration), uniform süre (uniform duration) ve anlamlı süre (significant duration) tanımlarını kullanmıştır. Yapmış olduğu çalışma sonucunda, güçlü yer hareketi süresi tanımlarından hangisinin kullanıldığından bağımsız olarak güçlü yer hareketi süresinin artmasıyla birlikte yatay deplasman, düşey deplasman ve plastik kesme birim şekildeğiştirme değerlerinin de arttığını ifade etmiştir. [9]

Bolboli 2017 yılında, iki boyutlu olarak modellenmiş sekiz katlı çelik bir bina çerçevesinin elastik olmayan davranışında deprem süresinin etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yapılan bu çalışmada depremlerin güçlü yer hareketi sürelerini tanımlanırken yalnızca anlamlı süre yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada toplam 49 adet deprem kaydı kullanılmıştır. Depremin güçlü yer hareketi süresinin yapının deprem davranışına etkisini ölçebilmek adına çeşitli hasar indisleri kullanılmıştır. Bu indisler maksimum tepki ölçümleri, yorulma ölçümleri, enerji ölçümleri ve belirtilen bu üç ölçümün kombinasyonu olan yöntem olarak toplamda dört

farklı sınıfta değerlendirmiştir. Maksimum tepki ölçümleri maksimum tepe yer değiştirmesi, maksimum göreli kat ötelemesi ve eleman uçlarındaki maksimum dönme olarak toplamda üç adet indisle tanımlanmıştır. Yorulma ölçümü olarak eleman dönme yorulması dikkate alınmıştır. Enerji ölçümü olarak ise absorbe edilen histeretik enerji ve "Park ve Ang" hasar ölçümü indislerini kullanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda sonuçlar incelendiğinde uzun güçlü yer hareketi süresine sahip depremler ile daha kısa güçlü yer hareketi süresine sahip depremlerin yapı elemanları üzerinde bırakmış oldukları maksimum eleman uç dönmesi değerlerinde kayda değer bir fark görülmemiş ancak maksimum göreli kat ötelemesi ve maksimum tepe yer değiştirmesi değerlerinde kısmi bir korelasyon tespit edilmiştir. Dönme yorulması, absorbe edilen histeretik enerji ve Park ve Ang hasar seviyesi gibi enerji bazlı ölçümlerde ise anlamlı korelasyon tespit edilmiş, daha uzun deprem süresinin daha çok yapısal hasara yol açtığı gözlemlenmiştir. [10]

Wang G. 2014 yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada beton ağırlık barajlarında, güçlü yer hareketi süresi ve hasar seviyeleri arasındaki korelasyonu incelemiştir. Yaptığı çalışmada 20 farklı deprem kaydı kullanmış ve bu kayıtların güçlü yer hareketi sürelerini belirlerken zarf süre (bracketed duration), uniform süre (uniform duration) ve anlamlı süre (significant duration) tanımlarını kullanmıştır. Çalışmasında hasar indisleri olarak yerel hasar, global hasar, maksimum deplasman ve enerjinin dağılımı indislerini kullanmıştır. Yapılan analizler sonucunda maksimum deplasman değerinin, analizde kullanılan depremlerin süresi ile zayıf bir korelasyon gösterdiği ancak diğer hasar indisleri gibi kümülatif hasarın dikkate alındığı durumlarda daha uzun süreli depremlerin daha fazla hasara neden olduğu sonucuna varılmıştır. [6]

Literatürde yapılan çalışmalar tarandığında, çalışmalar yapılırken çok sayıda farklı deprem kaydının seçildiği ve bu kayıtların güçlü yer hareketi süresi tanımlarından bir veya birkaçı birden kullanılarak güçlü yer hareketi süreleri belirlendiği tespit edilmiştir. Daha sonra seçilen bu depremler ile elastik olmayan analiz yapılmakta ve tanımlanan hasar indislerine göre farklı güçlü yer hareketi süresinde sahip depremlerden dolayı meydana gelen sonuçların kıyaslanması yapıldığı gözlenmektedir.

Bu tez çalışmasında, literatür taraması yapıldıktan sonra daha önce yapılan çalışmalardan farklı ve yapılan bu çalışmalara ek olarak farklı güçlü yer hareketi süresine sahip depremlerin yapının davranışına etkisini tespit etmek yerine, seçilen depremlerin yalnızca güçlü yer hareketi süresi olarak nitelendirilen kısmının yapının

davranışına etkisi incelenmiştir. Bu nedenle depremlerin önce tamamı daha sonra da yalnızca güçlü yer hareketi süresi olarak nitelendirilen kısımları yapıya etki ettirilmiştir. Bu işlem yapılırken TBDY-2018 kapsamında 11 deprem kaydı kullanılmış ve bu deprem kayıtlarının güçlü yer hareketi süreleri, literatürdeki güçlü yer hareketi süresi tanımlarından zarf süre (bracketed duration) ve anlamlı süre (significant duration) tanımlarını kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan bu işlemin amacı, depremin tamamını yapıya etki ettirmek yerine asıl hasarın meydana gelmesine sebep olan ve güçlü olarak nitelendirilen kısmının etki ettirilip analiz süresinin kısaltılması ve elde edilen sonucun güvenilirliğinin tespit edilmesidir. Bu tez çalışmasında hasar indisi olarak yapı elemanlarının uç noktalarındaki maksimum plastik dönme değerleri ve maksimum tepe yer değiştirmesi değerleri kullanılmış ve bu değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

4
YAPISAL MODELİN OLUŞTURULMASI VE ANALİZ

4.1 Giriş

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan bina modelinin oluşturulma aşamaları, deprem kayıtlarının seçilmesi, bina yatay elastik tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmesi, seçilen depremlerin güçlü yer hareketi sürelerinin zarf süre ve anlamlı süre yöntemleriyle belirlenmesi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminin SAP2000 yapısal analiz programında tanımlanması ifade edilmektedir. Bu bölümde;

- Tam kayıtlar ile yapılan analiz
- 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analiz
- 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analiz
- Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analiz

olmak üzere toplamda dört farklı analiz gerçekleştirilecek daha sonra filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanacaktır. Zaman tanım alanında analiz yapılırken TBDY-2018 uyarınca 11 adet deprem kaydı takımı kullanılacaktır. Hesaplar DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre yapılacak ve yapının her bir analiz yöntemi sonucunda TBDY-2018'e göre performans durumu belirlenecektir.

4.2 Bina Genel Bilgileri

Yapılan tez çalışmasında ele alınan bina, İstanbul ili Şişli ilçesinde bulunduğu kabul edilen hipotetik bir binadır. Bina X ve Y yönlerinde simetrik olup her biri 6 metre olan 3 açıklıktan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tüm katlarda sabit olup 3 metredir. Yapı kolon ve kirişlerden oluşmakta perde eleman bulunmamaktadır. Yapıda 45/45 ve 55/55 ölçülerinde olmak üzere iki farklı kolon kesiti bulunmaktadır. 45/45 ölçülere sahip kolonlar yapının A ve D aksları boyunca konumlanmıştır. 55/55 ölçülerine sahip kolonlar ise yapının B ve C aksları boyunca konumlanmıştır. Yapıda bulunan kirişler 25/50 ölçülerinde tek tip kiriş olup yapının tamamında sabittir. Zemin kat kolonları

zemine ankastre mesnet şeklinde mesnetlenmiştir. Binanın bulunduğu konuma ait zemin sınıfı ZC olarak tespit edilmiştir. ZC yerel zemin sınıfı çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalardan oluşmaktadır. Yapı elemanlarını oluşturan beton ve donatı çeliği sınıfları da sırasıyla C16 ve S220 olarak tespit edilmiştir.

Bina Özellikleri:

- Kat Sayısı: 6
- Toplam Yükseklik: 18 metre
- Kat Yüksekliği: 3 metre
- Kullanım Amacı: Konut
- Yapı Taşıyıcı Sistemi: Çerçeve Sistem

Malzeme Özellikleri:

- Beton: C16
- Donatı Çeliği: S220

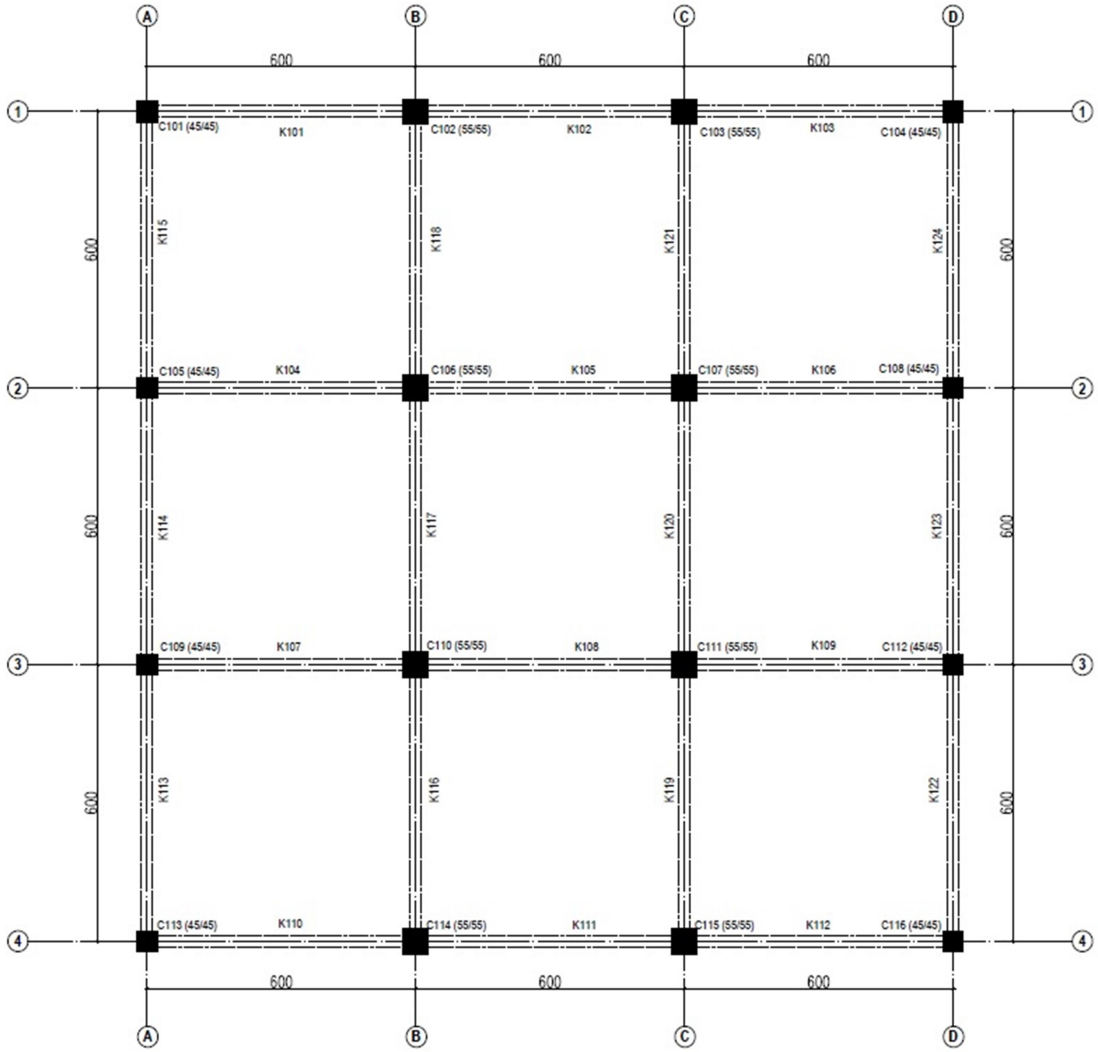
Bina Parametreleri:

- Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-2
- Bina Önem Katsayısı (I): 1
- Zemin Sınıfı: ZC
- Bilgi Düzeyi: Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Yükler:

- Ölü Yük: 2 kN/m^2
- Hareketli Yük: 2 kN/m^2

Binaya ait zemin kat kalıp planı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Zemin kat kalıp planı

Yapı sistemini oluşturan kolon ve kiriş kesitleri, bu kesitlerdeki boyuna ve enine donatı sayıları ve donatıların çapları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Kolon-kiriş kesitleri ve donatılarının özellikleri

	Kesit (cm/cm)	**Boyuna Donatı**	**Enine Donatı**
Kolonlar	45/45	8Ø16	Ø8/20
	55/55	12Ø16	Ø8/20
Kirişler	25/50	Üst 4Ø12 Alt 3Ø12	Ø8/20

4.3 Binanın TBDY 2018 Deprem Parametreleri

Binanın bulunduğu konuma ait deprem parametrelerine Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından hazırlanan, "Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması" kullanılarak ulaşılmaktadır. [11]

Bina konumunun koordinatları, bulunmuş olduğu yerel zemin sınıfı ve deprem yer hareketi düzeyi sisteme girilerek deprem parametreleri elde edilmektedir. Elde edilen parametreler şu şekildedir:

- S_s= 0.827
- S_1= 0.233
- S_{DS}= 0.992
- S_{D1}= 0.350

Burada S_s kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, S_1 1.0 saniye periyota karşılık gelen harita spektral ivme katsayısı, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı, S_{D1} 1.0 saniye periyota karşılık gelen tasarım spektral ivme katsayısı değerlerini ifade etmektedir.

TBDY-2018 kapsamında binaların kullanım amaçları doğrultusunda Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I) değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Bina kullanım amacına göre Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I) değerleri

Bina Kullanım Sınıfı	**Binanın Kullanım Amacı**	**Bina Önem Katsayısı**
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,	1.5

Tablo 4.2 Bina kullanım amacına göre Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I) değerleri (devamı)

	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	
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar 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

Ele alınan yapı konut türünde olduğundan **BKS=3 ve I=1.0** değerlerini almaktadır.

Yine TBDY-2018 kapsamında yapıların Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) değerleri, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi altındaki kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDS) ve Bina Kullanım Sınıfı (BKS) değerlerine göre belirlenir. İlgili tablo aşağıda Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) tespiti için kullanılan tablo

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

Binanın belirlenen deprem tasarım sınıfı ve yüksekliğine göre Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) belirlenmektedir. TBDY-2018'de bina yükseklik sınıflarının belirlenmesine ilişkin tablo aşağıda Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4 Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) değerleri

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≤70	70<H_N≤91	91<H_N≤105
BYS= 3	42<H_N≤56	56<H_N≤70	56<H_N≤91
BYS= 4	28<H_N≤42	42<H_N≤56	
BYS= 5	17.5<H_N≤28	28<H_N≤42	
BYS= 6	10.5<H_N≤17.5	17.5<H_N≤28	
BYS= 7	7<H_N≤10.5	10.5<H_N≤17.5	
BYS= 8	H_N≤7	H_N≤10.5	

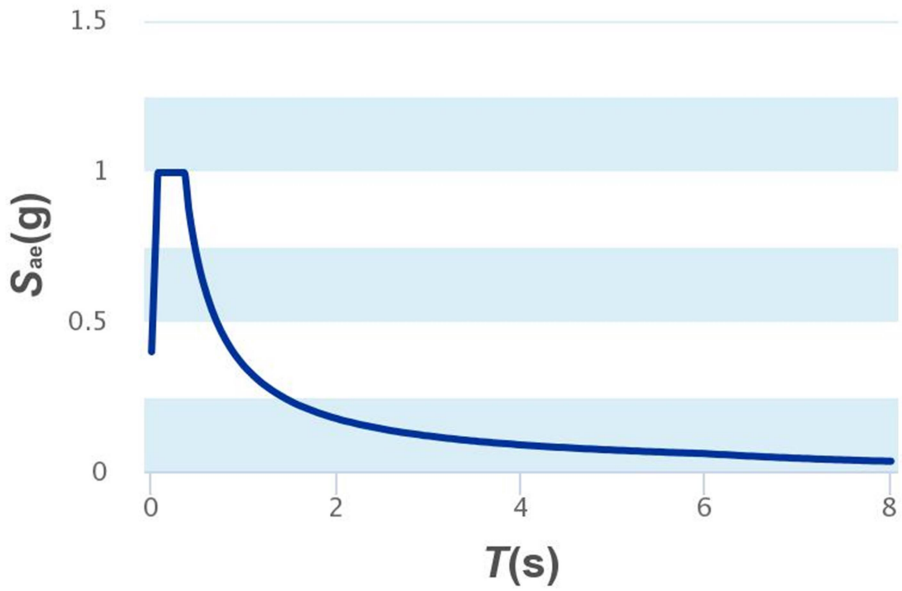
Deprem tasarım sınıfı, deprem yer hareketi düzeyi ve bina yükseklik sınıfı değerleri tespit edildikten sonra bu parametreler ile TBDY-2018 kapsamında performans hedefi belirlenir. Tez çalışmasında ele alınan yapının yükseklik sınıfı 1'e eşit olmadığından (yüksek bina olarak nitelendirilmediğinden) TBDY-2018'de Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar için tanımlanan performans hedefleri tablosu kullanılacaktır. Bahsedilen tablo aşağıda tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5 İncelenen bina kriterlerine uygun olarak seçilen performans hedefleri

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

Bina DTS=1 olduğundan, TBDY-2018 kapsamında DD-2 deprem yer hareketi düzeyi altında şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yaklaşımı kullanılarak yapılacak hesapta binanın sağlaması gereken normal performans hedefi kontrollü hasar performans düzeyi olarak tespit edilmiştir.

AFAD tarafından hazırlanan ve "Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması" üzerinden elde edilen, binaya ait DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 4.2'de verilmiştir.

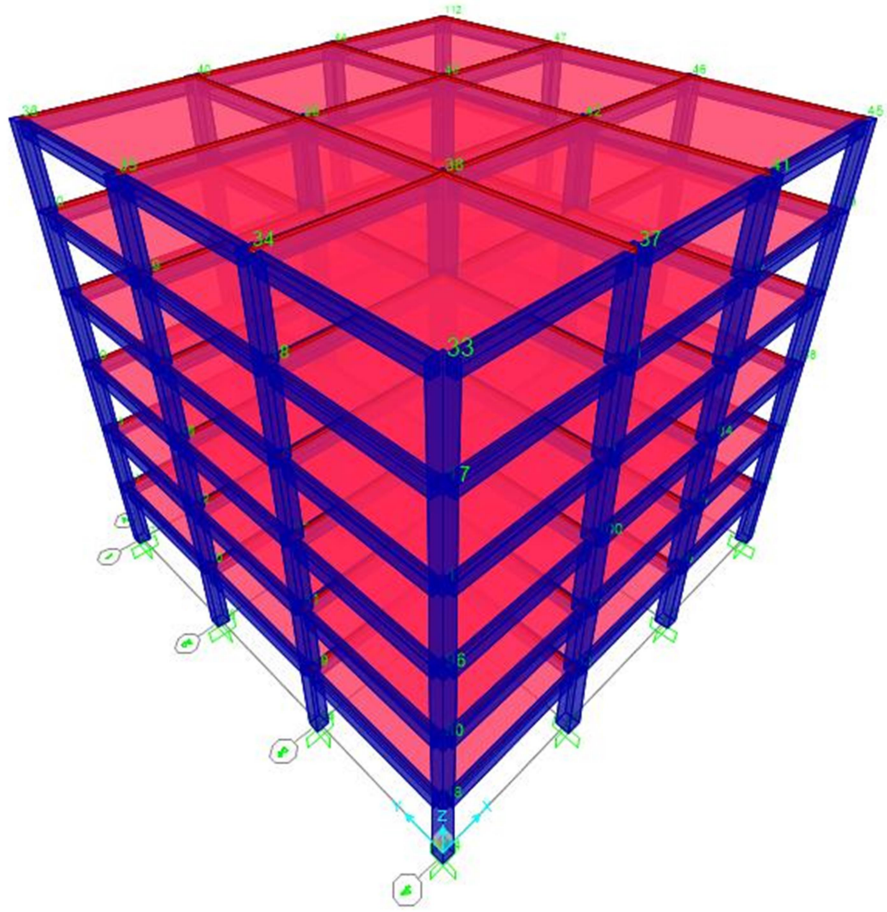


Şekil 4.2 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım spektrumu

4.4 Yapısal Modelin Oluşturulması

Yapılan çalışmada kullanılan binanın modellenmesi ve doğrusal olmayan analizi SAP2000 v21.0.2 programı kullanılarak yapılmıştır.[12] Bina analiz modeli TBDY-2018 Bölüm 5 kapsamında belirtilen modelleme kuralları takip edilerek oluşturulmuştur.

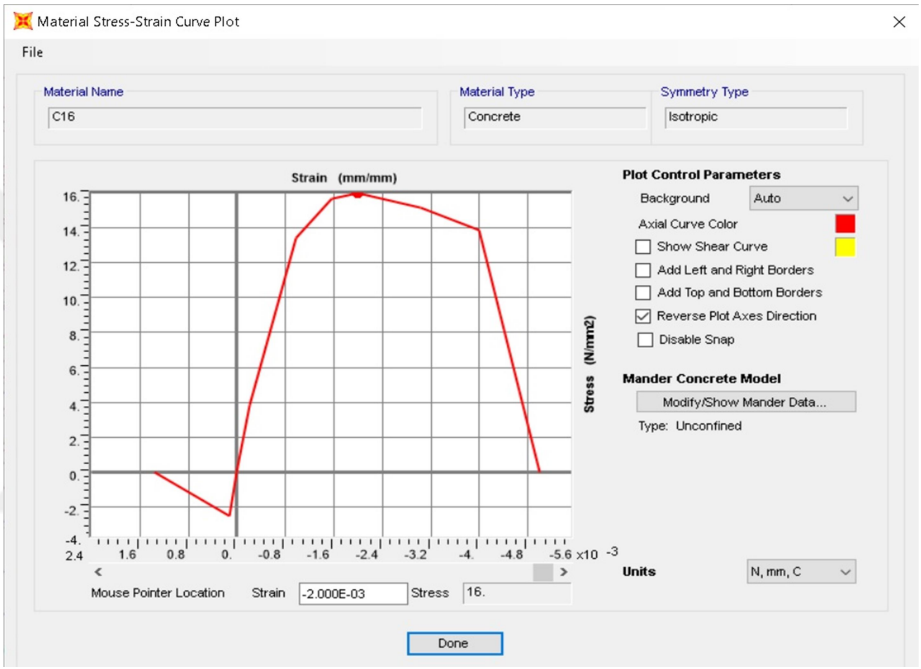
Yapı sistemini oluşturan kolon ve kirişler çubuk elemanlar olarak modellenmiştir. Döşemeler SAP2000 programında Shell eleman olarak modellenmiş ve katlara rijit diyafram atanmıştır. Betonarme elemanlar, TBDY-2018 Tablo 4.2'de verilen etkin kesit rijitliği çarpanları dikkate alınarak modellenmiştir. Binaya ait üç boyutlu yapısal model Şekil 4.3'te verilmiştir.



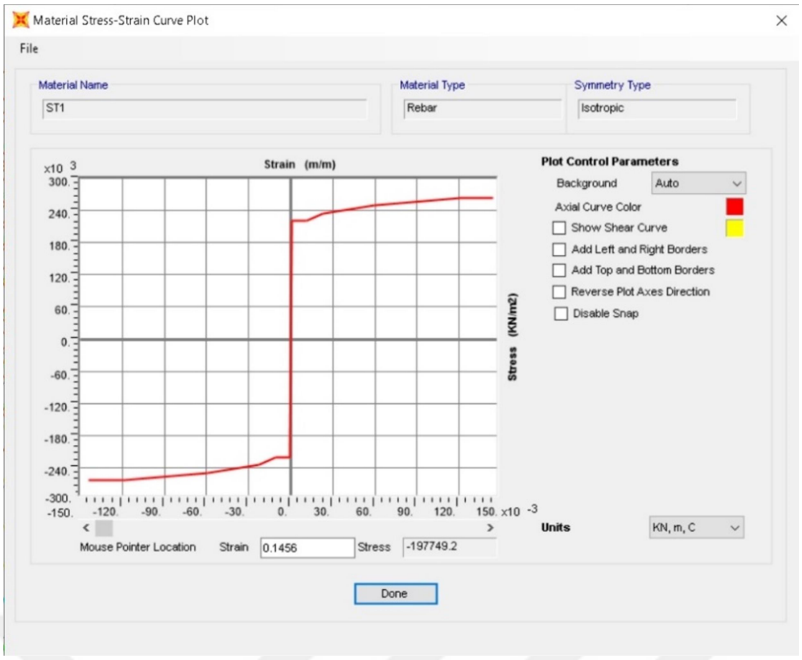
Şekil 4.3 Bina 3 boyutlu yapısal modeli

4.4.1 Malzeme Modelleri

Analizi yapılan binada beton sınıfı C16, donatı çeliği sınıfı S220 olarak tanımlanmıştır. Sargılı ve sargısız beton modelleri ile donatı çeliği modelinin tanımlanması sırasında TBDY-2018 EK 5A kapsamında belirtilen dayanım ve birim şekildeğiştirme değerleri dikkate alınmıştır. SAP2000 programında tanımlanan C16 sınıfı sargısız beton modeli ve S220 sınıfı donatı çeliği modeli Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te sırasıyla verilmiştir. Beton malzemenin lineer olmayan davranışı modellenirken "Mander" beton modeli kullanılmıştır.

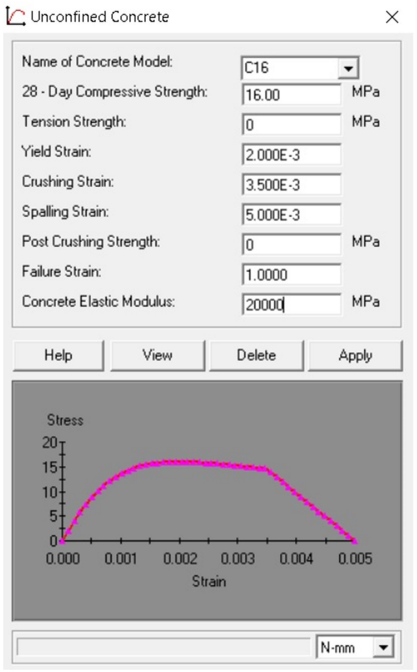


Şekil 4.4 C16 sınıfı beton malzemenin gerilme-şekildeğiştirme eğrisi

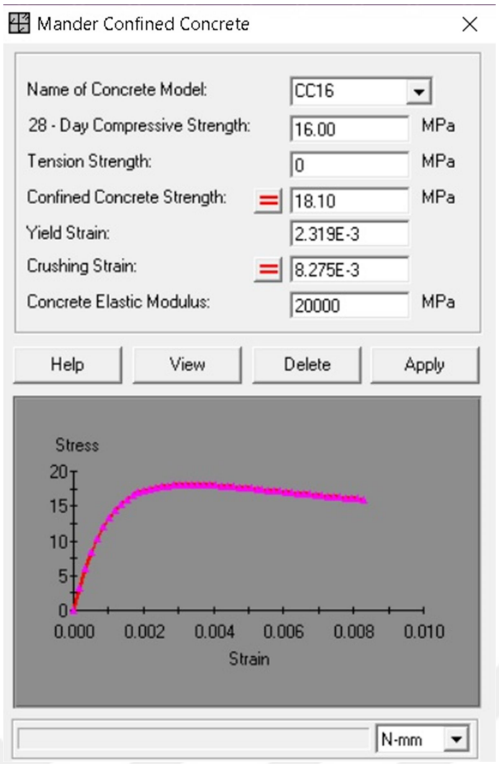


Şekil 4.5 S220 donatı çeliğine ait gerilme-şekildeğiştirme eğrisi

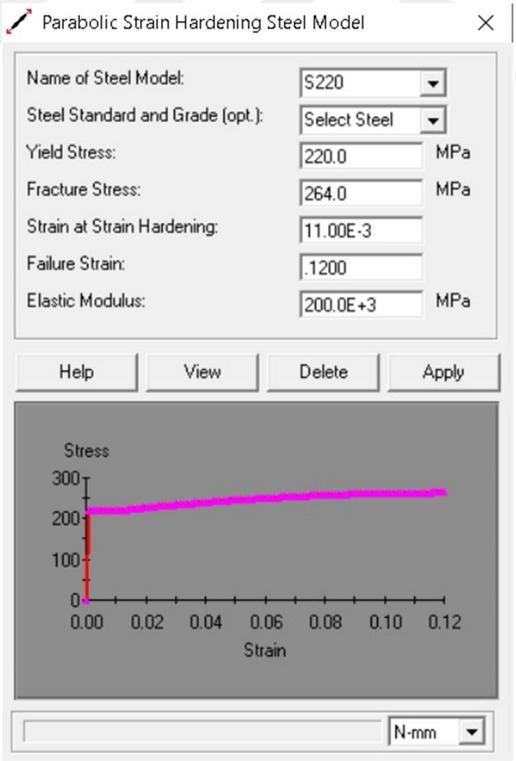
Ayrıca sargılı ve sargısız beton modelleri ile donatı çeliği modeli "XTRACT" adlı kesit analiz programında modellenmiş olup performans düzeylerinin belirlenmesinde kullanılacak sınır değerlerinin hesabı XTRACT programından alınan eğrilik bağıntıları ile hesaplanmıştır.[13] Malzemelerin XTRACT programına veri girişi aşamaları ve gerilme şekildeğiştirme diyagramları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.6 Sargısız beton modeli XTRACT programı veri giriş ekranı



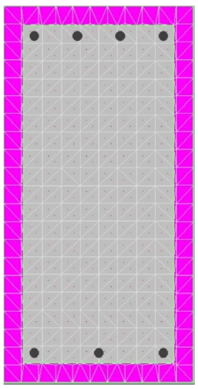
Şekil 4.7 45/45 kolona ait Mander sargılı beton modeli XTRACT programı veri giriş ekranı



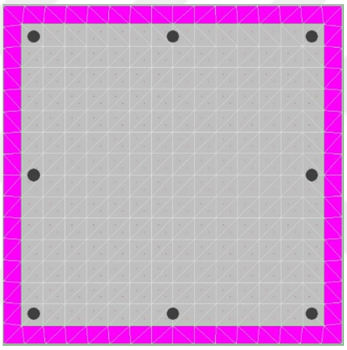
Şekil 4.8 S220 sınıfı donatı çeliğine ait XTRACT programı veri giriş ekranı

4.4.2 Yapı Sistemini Oluşturan Kiriş ve Kolon Kesitleri

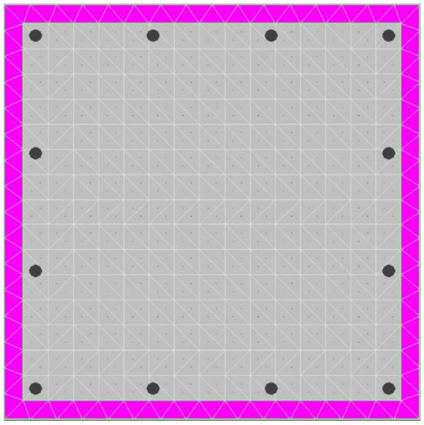
Yapı sistemini oluşturan kiriş ve kolon kesitlerinin modelleri aşağıda sırasıyla verilmiştir. Verilen kesit modelleri XTRACT programında modellenmiştir.



Şekil 4.9 25/50 kesit ölçülerine sahip kiriş modeli



Şekil 4.10 45/45 kesit ölçülerine sahip kolon modeli



Şekil 4.11 55/55 kesit ölçülerine sahip kolon modeli

4.4.3 Kiriş ve Kolon Elemanlara Atanan Plastik Mafsal Özellikleri

Çubuk elemanlar olarak modellenen kiriş ve kolon elemanlarda TBDY-2018 kapsamında izin verildiği üzere yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Çubuk

elemanlara plastik mafsallar atanırken SAP2000 programında manuel olarak plastik mafsal tanımı yapılmamış bunun yerine programda hazır olarak bulunan ve kesit özelliklerine göre ASCE 41-13 standartlarınca otomatik olarak tanımlanan plastik mafsal seçeneği kullanılmıştır.

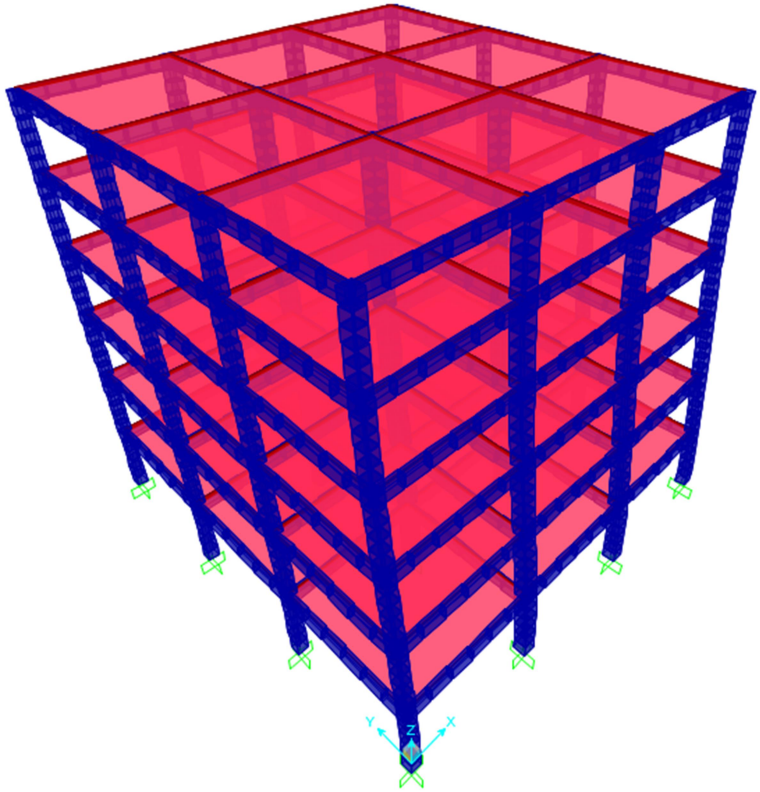
Kirişlere yalnızca basit eğilme etkisinde oldukları göz önüne alınarak yalnızca M3 serbestlik derecesine, kolonların ise eksenel yük ve bileşik eğilme etkisinde oldukları göz önüne alınarak P-M2-M3 serbestlik derecelerine sahip plastik mafsallar atanmıştır.

4.5 Modal Analiz Sonuçları

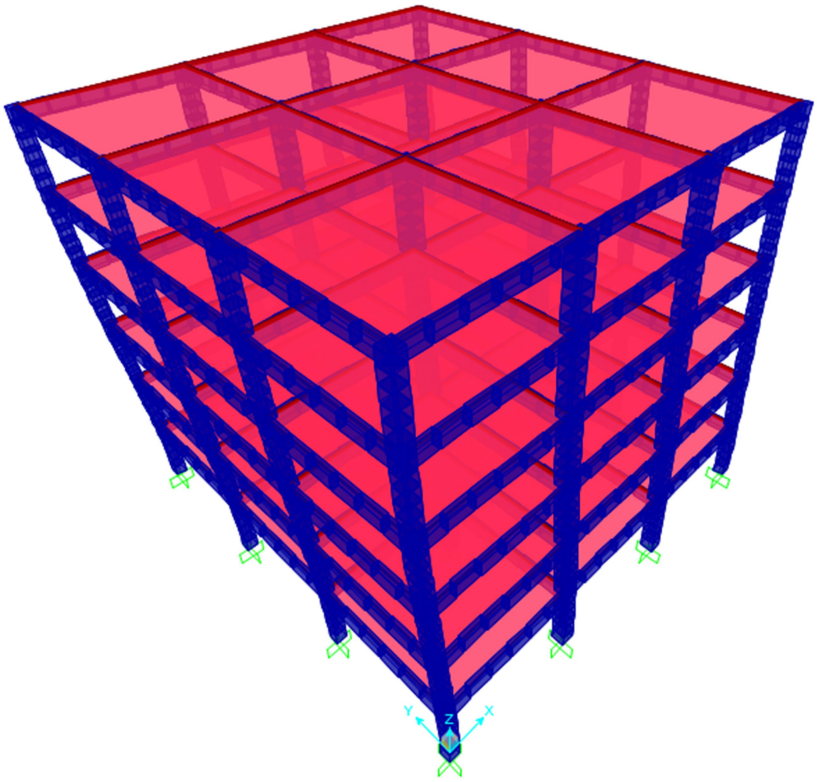
SAP2000 programında yapılan modal analiz sonucunda binanın birinci periyodu 1.52 saniye olarak bulunmuştur. Modal analiz sonucunda binanın ilk üç modu için elde edilen periyot değerleri ve kütle katılım oranları Tablo 4.6'da verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait mod şekilleri ise Şekil 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.6 Modal analiz sonuçları

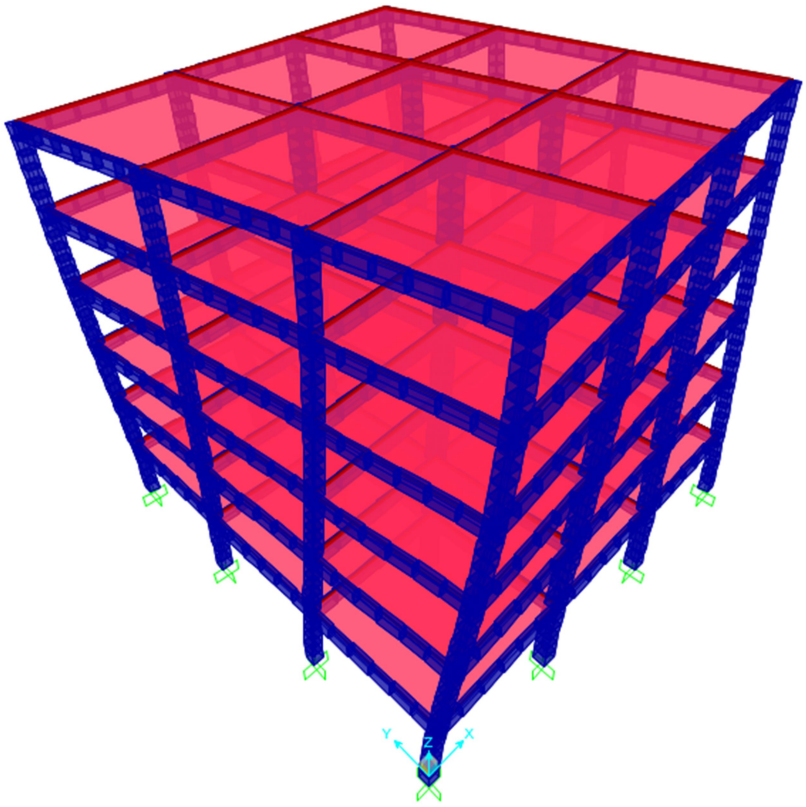
Mod Sayısı	**Periyot (s)**	**U_X**	**U_Y**	**R_Z**	**ΣU_X**	**ΣU_Y**	**ΣR_Z**
1	1.52	0.002	0.7951	0.0033	0.0020	0.7951	0.0033
2	1.51	0.7954	0.0023	0.0032	0.7974	0.7974	0.0065
3	1.35	0.0033	0.0027	0.802	0.8007	0.8002	0.8085



Şekil 4.12 a) Binanın 1. mod şekli (T=1.52 s)



Şekil 4.12 b) Binanın 2. mod şekli (T=1.51 s)

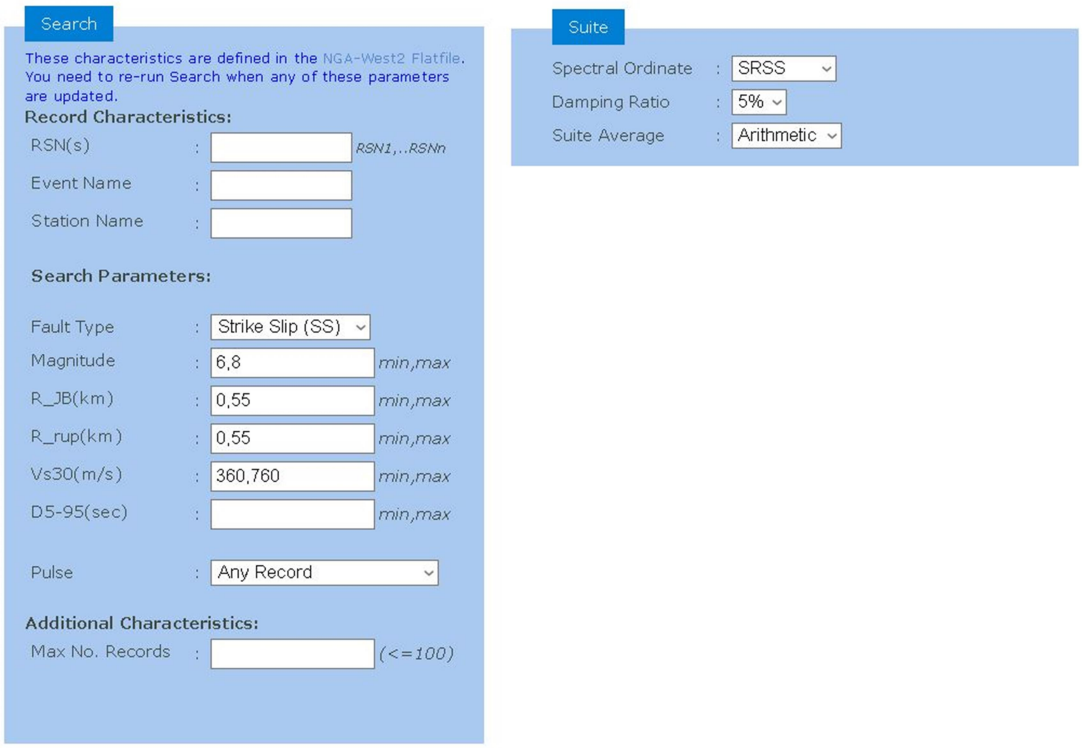


Şekil 4.12 c) Binanın 3. mod şekli (T=1.35 s)

4.6 Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

TBDY-2018 kapsamında zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi uygulanırken minimum 11 adet deprem kaydı takımı kullanılması zorunludur. Bu çalışmada kullanılan deprem kayıtları Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) veri tabanından alınmıştır. [14]

Deprem kayıtlarının seçimi esnasında, depremin şiddeti, faya uzaklığı, fay kırılma mekanizması ve $V_{s,30}$ değerlerine dikkat edilmiş ve sönüm oranı %5 alınmış olup PEER veri tabanında yapılan arama ekranı Şekil 4.13'te verilmiştir. Deprem kayıtları PEER veri tabanından ölçeklendirilmemiş ham halleriyle alınmıştır.



Şekil 4.13 PEER veri tabanı deprem kaydı arama ekranı ve parametreleri

Yapılan arama sonucunda bu tez çalışmasında yapılacak analizde kullanılmak üzere seçilen 11 adet deprem Tablo 4.7'de verilmiştir.

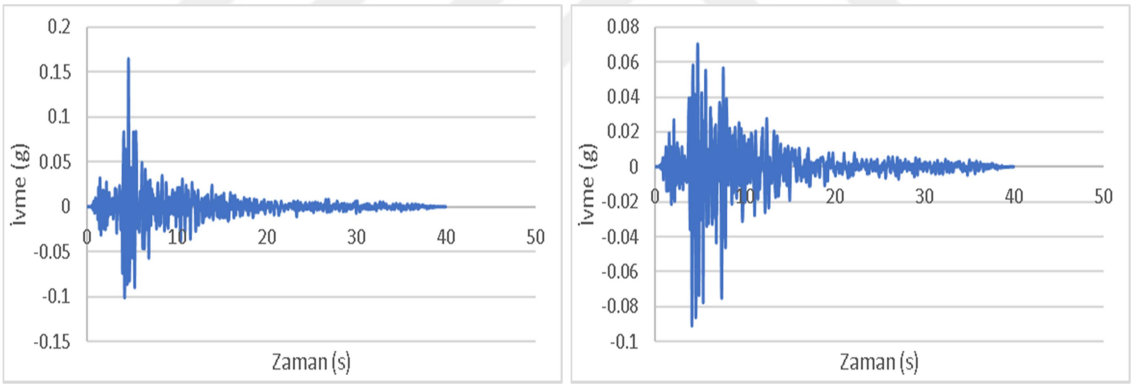
Tablo 4.7 Analizlerde kullanılan 11 deprem kaydının isim ve özellikleri

PEER No	Deprem	Yıl	Büyüklük	Kayıt İstasyonu	R_{rup} (km)	V_{s30} (m/s)
552	Chalfant Valley-02	1986	6.19	Lake Crowley-Shehorn Res.	24.47	456.83
838	Landers	1992	7.28	Barstow	34.86	370.08
897	Landers	1992	7.28	Twentynine Palms	41.43	635.01
1162	Kocaeli, Turkey	1999	7.51	Goynuk	31.7	424.8
1164	Kocaeli, Turkey	1999	7.51	Istanbul	52	595.2

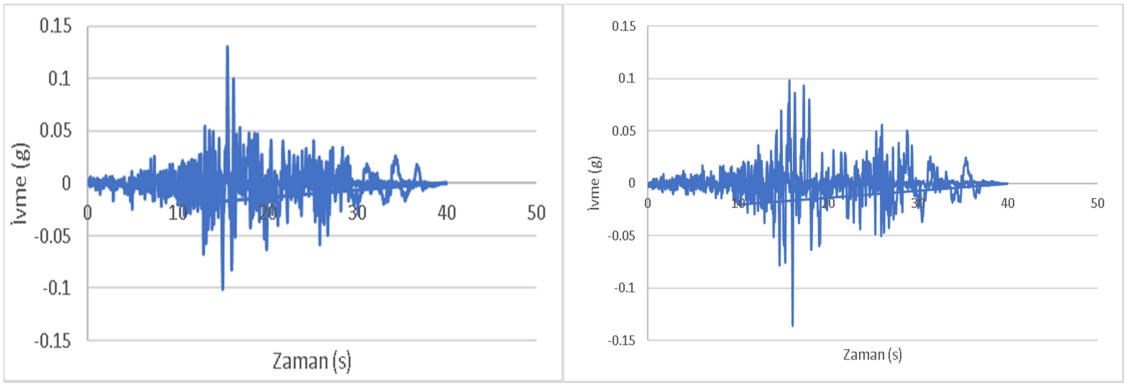
Tablo 4.7 Analizlerde kullanılan 11 deprem kaydının isim ve özellikleri (devamı)

1166	Kocaeli, Turkey	1999	7.51	Iznik	30.73	476.62
1620	Duzce, Turkey	1999	7.14	Sakarya	45.16	411.91
1626	Sitka, Alaska	1972	7.68	Sitka Observatory	34.61	649.67
1627	Caldiran, Turkey	1976	7.21	Maku	50.82	432.58
4037	Bam, Iran	2003	6.60	Abaragh	47.18	412.23
4086	Parkfield-02, CA	2004	6.00	Templeton-Hospital Grounds	43.39	410.66

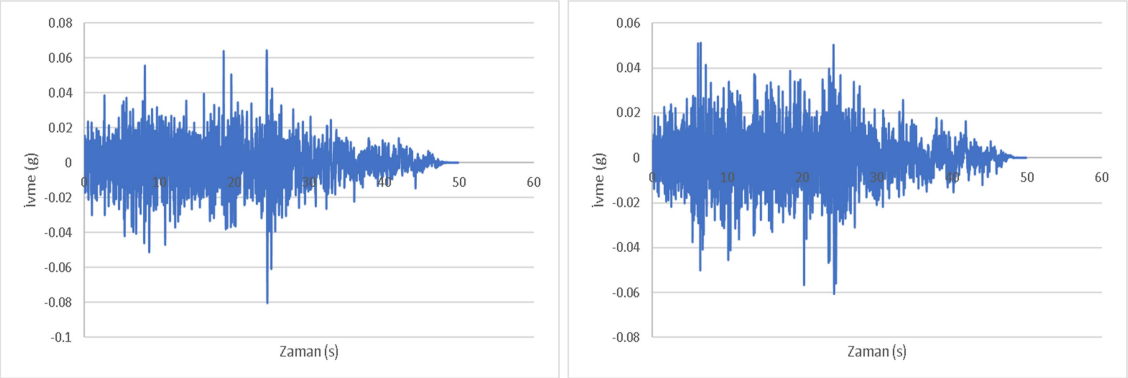
PEER veri tabanından seçilen 11 adet deprem kaydının ölçeklenmemiş ivme-zaman grafikleri aşağıda verilmiştir.



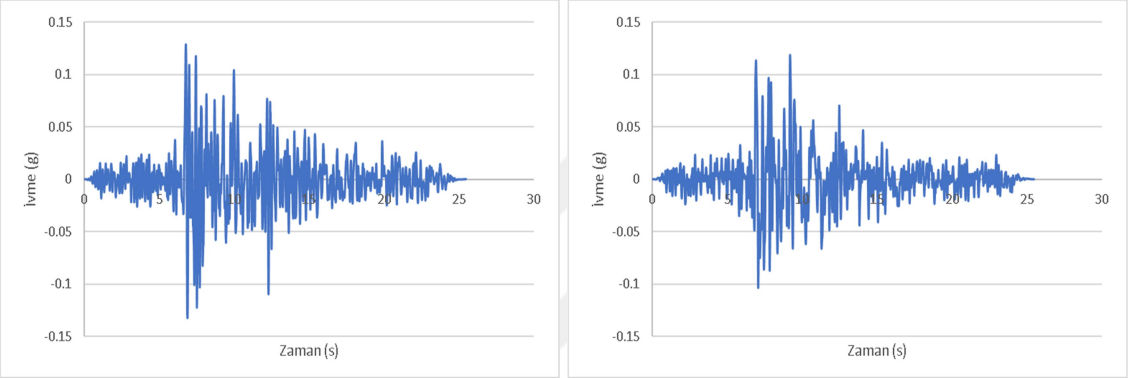
Şekil 4.14 a) 552 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



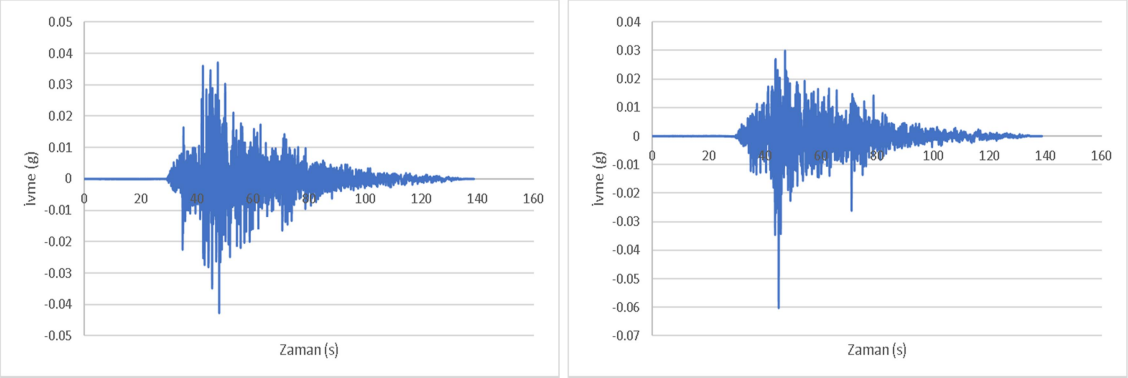
Şekil 4.14 b) 838 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



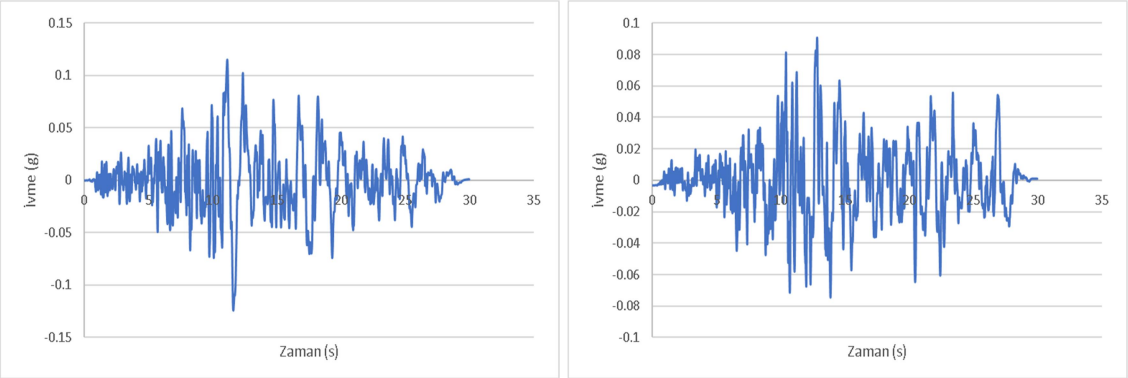
Şekil 4.14 c) 897 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



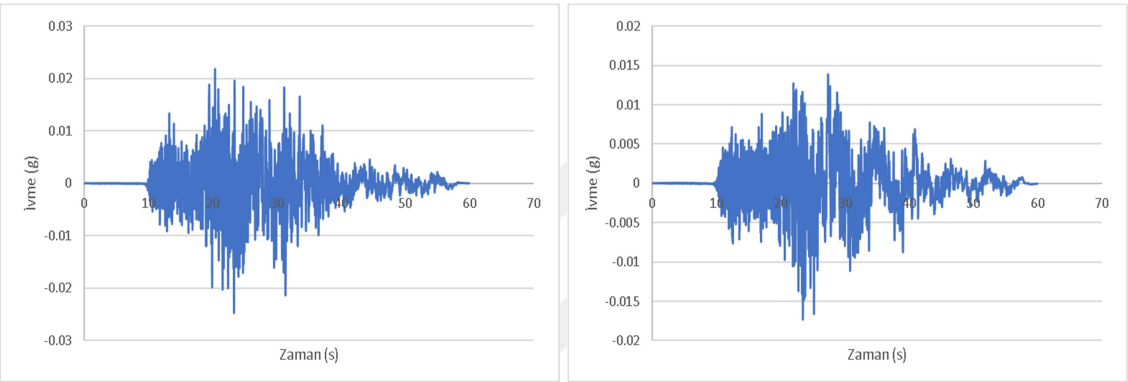
Şekil 4.14 d) 1162 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



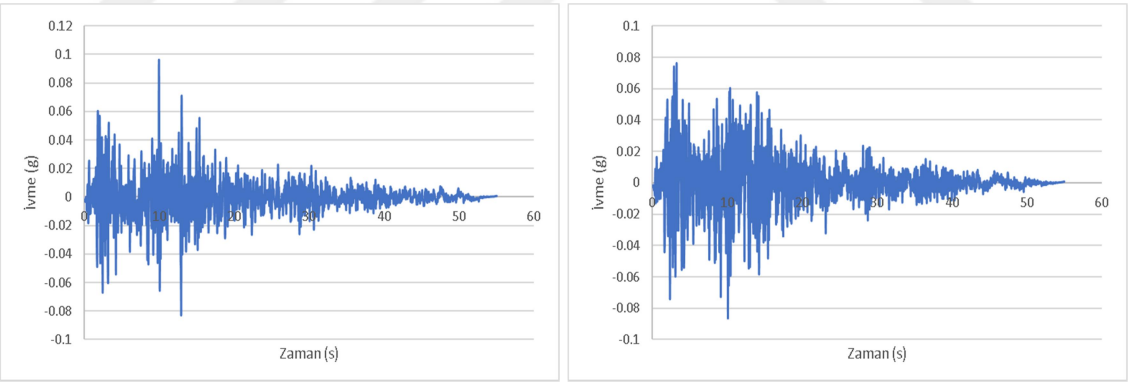
Şekil 4.14 e) 1164 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



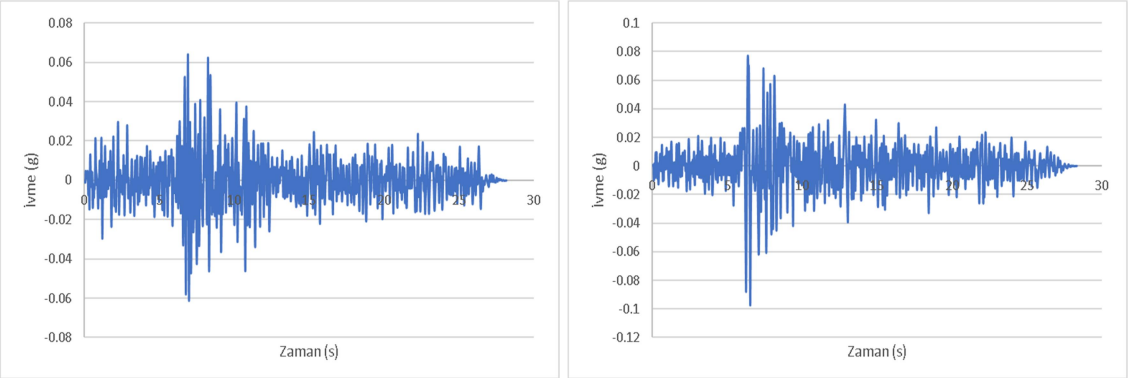
Şekil 4.14 f) 1166 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



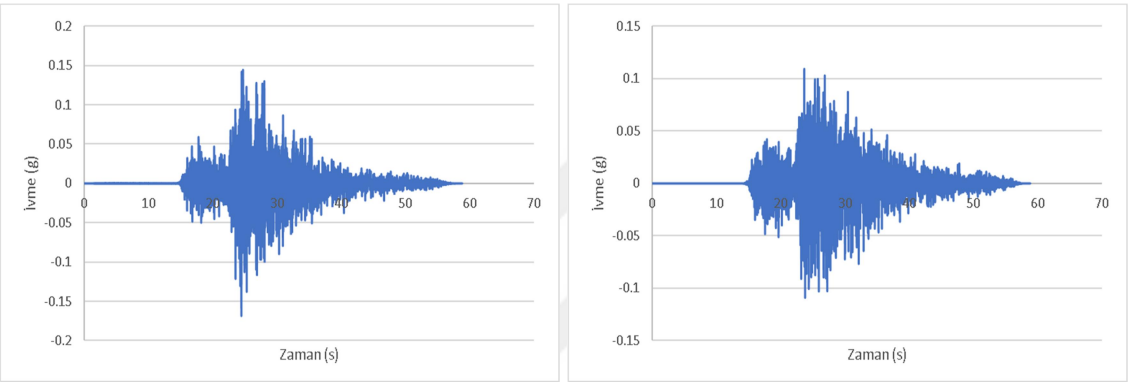
Şekil 4.14 g) 1620 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



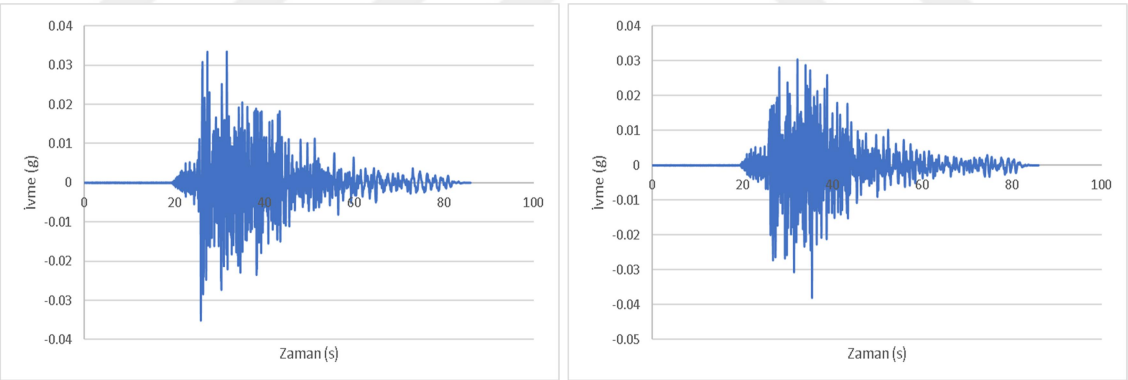
Şekil 4.14 h) 1626 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



Şekil 4.14 ı) 1627 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği



Şekil 4.14 i) 4037 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği

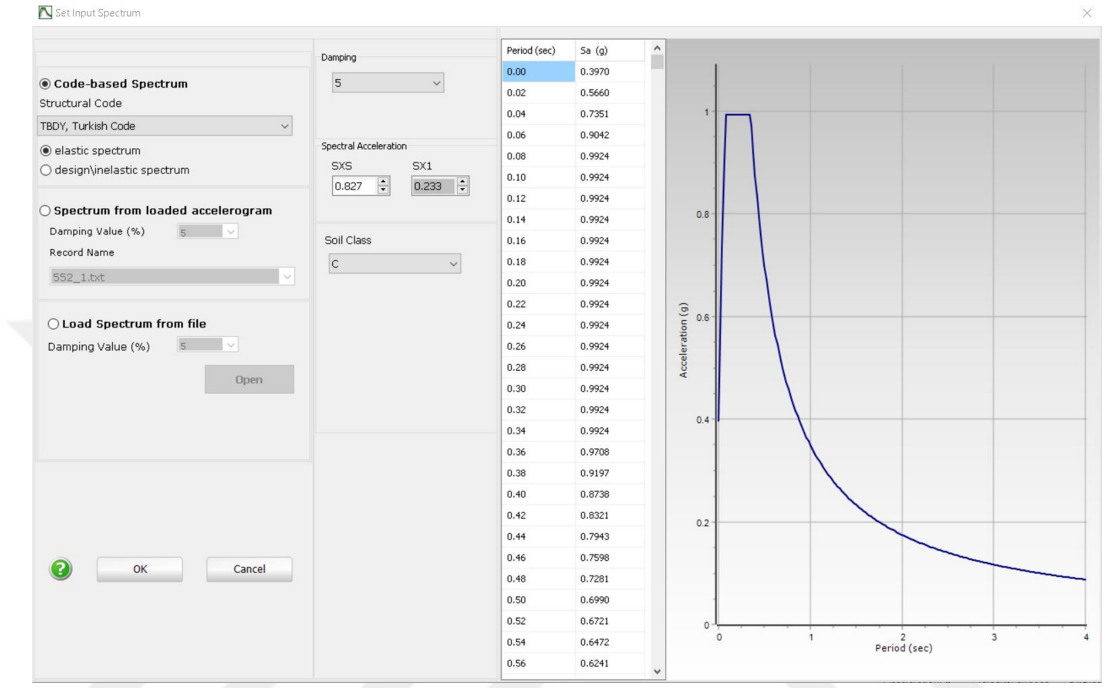


Şekil 4.14 j) 4086 no'lu depreme ait X ve Y doğrultusu deprem ivme-zaman grafiği

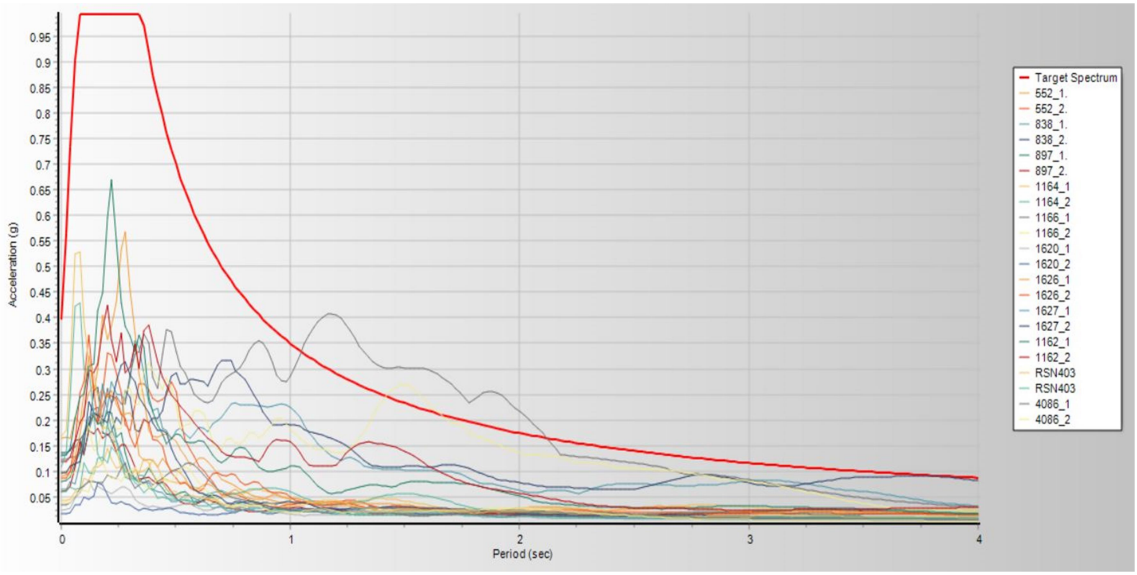
PEER veri tabanı üzerinden ölçeklenmemiş şekilde alınan deprem kayıtları, "SeismoMatch" adlı programın 2022 yılı versiyonu kullanılarak, TBDY 2018'de verilen tasarım depremine ölçeklendirilmiştir.[15] Ölçekleme yöntemi olarak ise "Spektral Benzeşim" yöntemi kullanılmıştır.

SeismoMatch programı kullanılarak yapılan ölçeklendirme işlemi sırasında öncelikle AFAD tarafından hazırlanan ve "Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması" üzerinden elde edilen, binaya ait DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için

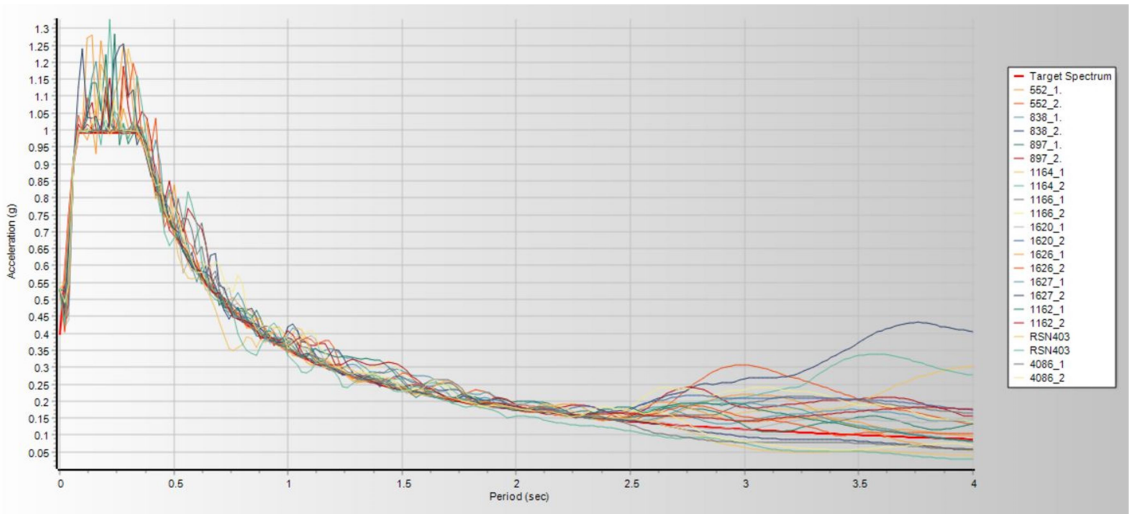
yatay elastik tasarım spektrumu programa hedef spektrum olarak tanımlanmış ve tanımlanan bu hedef spektruma göre, seçilen 11 adet deprem kaydı takımının ölçeklendirilmesi tamamlanmıştır. Şekil 4.15'te hedef spektrumun tanımlanması, Şekil 4.16'da ölçeklendirilmemiş deprem davranış spektrumları ve Şekil 4.17'de ölçeklendirilmiş deprem davranış spektrumları verilmiştir.



Şekil 4.15 SeismoMatch programında hedef spektrum tanımlanması



Şekil 4.16 Ölçeklenmemiş deprem davranış spektrumları



Şekil 4.17 Ölçeklenmiş deprem davranış spektrumları

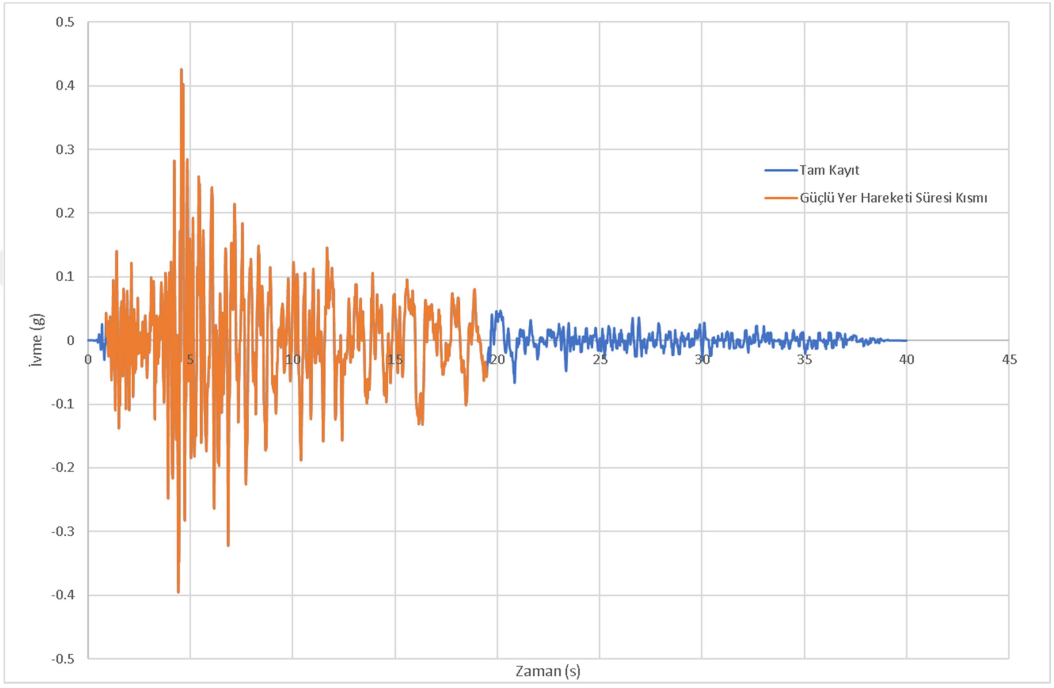
4.7 Deprem Kayıtlarının Güçlü Yer Hareketi Süresi Kısımlarının Belirlenmesi

Analizde kullanılan 11 deprem kaydı takımının güçlü yer hareketi süresi kısımlarının belirlenmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan zarf süre (bracketed duration) ve anlamlı süre (significant duration) tanımları kullanılmıştır.

Zarf süre tanımı kullanılarak yapılan güçlü yer hareketi süresi kısmı hesabında, belirlenen eşik değeri için 11 adet depremin X ve Y doğrultusundaki deprem ivme kayıtları ayrı ayrı ele alınmış ve deprem ivme kaydının hem X hem de Y doğrultusunda, belirlenmiş olan bu eşik değere ilk ve son kez depremin kaçıncı saniyesinde ulaştığı "MATLAB" adlı programda yazılmış olan kod ile tespit edilmiştir.[16] Daha sonra deprem, belirlenmiş eşik değere X veya Y doğrultusundan hangisinde ilk önce ulaşmışsa, güçlü yer hareketi süresi olarak nitelendirilen kısmın başlangıç noktası depremin o saniyesi olarak seçilmiştir. Aynı şekilde deprem, belirlenmiş eşik değere X veya Y doğrultusundan hangisinde en son ulaşmışsa, güçlü yer hareketi süresi olarak nitelendirilen kısmın sonlandığı nokta olarak depremin o saniyesi seçilmiştir. Uygulanan bu yöntemi sayısal bir örnek ile örneklendirecek olursak, toplamda 100 saniye süren bir depremin X doğrultusunda belirlenen eşik değere ilk kez 20. saniyesinde son kez 50. saniyesinde, aynı depremin Y doğrultusunda belirlenen eşik değere ilk kez 15. saniyesinde son kez de 40. saniyesinde ulaşıldığı varsayılsın. Bu durumda 100 saniye sürmüş olan bu depremin zarf süre tanımı kullanılarak belirlenen güçlü yer hareketi süresi kısmı, depremin 15. saniyesi ve 50. saniyesi arasında kalan kısmı olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle daha sonra deprem ivme kayıtlarının hem X

hem de Y doğrultusunda yalnızca 15. ve 50. saniyeler arasında kalan kısımlar alınıp geri kalan kısımları atılarak filtreleme işlemi yapılmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında, seçilen deprem kayıtlarının hem 0.05g eşik değeri hem de 0.1g eşik değeri için ayrı ayrı güçlü yer hareketi süresi kısımları tespit edilmiştir. Şekil 4.18'de örnek bir deprem ivme-zaman kaydının zarf süre yöntemiyle 0.05g eşik değeri için güçlü olarak nitelendirilen kısmının grafik üzerinde gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.18 Örnek bir deprem kaydının 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle hesaplanan ve güçlü olarak nitelendirilen kısmı

Anlamlı süre tanımı kullanılarak yapılan güçlü yer hareketi süresi kısmı hesabında, 11 adet depremin X ve Y doğrultusundaki deprem ivme kayıtları ayrı ayrı ele alınmış ve deprem ivme kaydının hem X hem de Y doğrultuları için ayrı ayrı Arias şiddeti hesabı yapılmış daha sonra yine her bir doğrultu için ayrı olacak şekilde Husid diyagramları oluşturulmuştur. Enerji birikiminin bir ifadesi olan Husid diyagramlarının depremin her iki doğrultusunda, %5 ve %95'ine karşılık gelen noktalara depremin kaçıncı saniyelerinde ulaştıkları tespit edilmiştir. Güçlü yer hareketi süresi olarak nitelendirilen kısmın belirlenmesinde ise zarf süre yöntemiyle belirleme yapılırken kullanılan yöntemin aynısı uygulanmıştır. Bu yönteme tekrar sayısal bir örnek verilecek olursa, 60 saniye süren bir depremin X doğrultusunda enerjisinin %5'i ile %95'lik kısmını 25. ve 45. Saniyeler arasında, Y doğrultusunda ise 23. Ve 42. Saniyeler arasında açığa çıkardığı varsayılırsa, bu durumda depremin anlamlı süre tanımı kullanılarak güçlü yer

hareketi süresi kısmı olarak nitelendirilen kısmı 23. Ve 45. Saniyeler arasında kalan kısım olarak tanımlanmıştır.

Bu kabulün yapılmasındaki amaç, depremin gerçek davranışını doğru bir şekilde ifade etmek ve yapıya etki ettirmektir. Aksi halde, deprem kayıtlarının ayrı ayrı hesaplanan X ve Y doğrultularındaki güçlü yer hareketi süresi kısımları, her iki doğrultunun da güçlü yer hareketi süresi kısmını kapsayan saniyeler arasındaki kısım olarak ifade edilmezse, bu durum SAP2000 programında zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz tanımlanırken deprem kaydının X ve Y doğrultuları arasında süre farkı oluşmasına ve yapıya aynı anda etki ettirilen iki doğrultudaki deprem kayıtlarının gerçek deprem davranışıyla uyuşmamasına sebebiyet vermektedir.

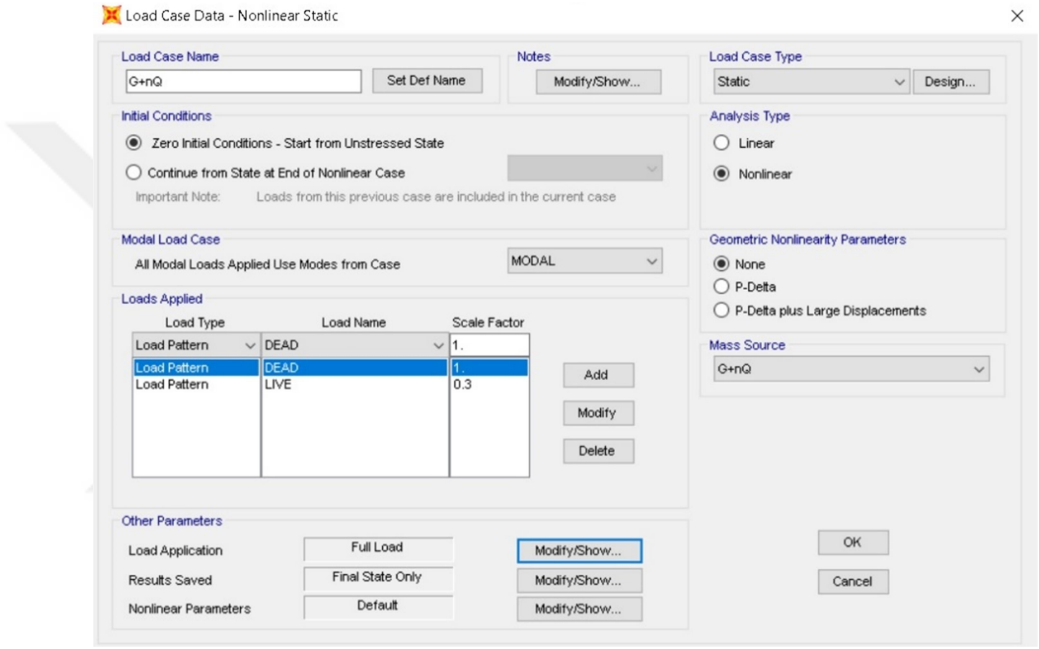
ZTADOA'da kullanılan 11 farklı depremin tam kayıtlarının süreleri, 0.05g eşik değeri için zarf süreleri, 0.1g eşik değeri için zarf süreleri ve anlamlı süreleri tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 Seçilen 11 deprem kaydının tam kayıt süresi ve güçlü yer hareketi süreleri

PEER No	**Deprem Adı**	**Tam Kayıt Süresi (s)**	**Zarf Süre 0.05g $T_{B,0.05g}$ (s)**	**Zarf Süre 0.1g $T_{B,0.1g}$ (s)**	**Anlamlı Süre T_s (s)**
552	Chalfant Valley-02	39.985	26.285	17.145	15.4
838	Landers	39.96	36.34	32.2	22.76
897	Landers	49.96	46	44.24	33.8
1162	Kocaeli, Turkey	25.47	23.135	21.03	15.445
1164	Kocaeli, Turkey	138.77	70.73	49.06	43.22
1166	Kocaeli, Turkey	29.99	29.125	28.635	22.73
1620	Duzce, Turkey	59.98	42.35	33.36	27.48
1626	Sitka, Alaska	55.085	47.265	30.785	28.695
1627	Caldiran, Turkey	28.19	27.96	26.17	22.36
4037	Bam, Iran	58.87	29.19	23.81	17.12
4086	Parkfield-02, CA	85.99	54.06	35.55	31.175

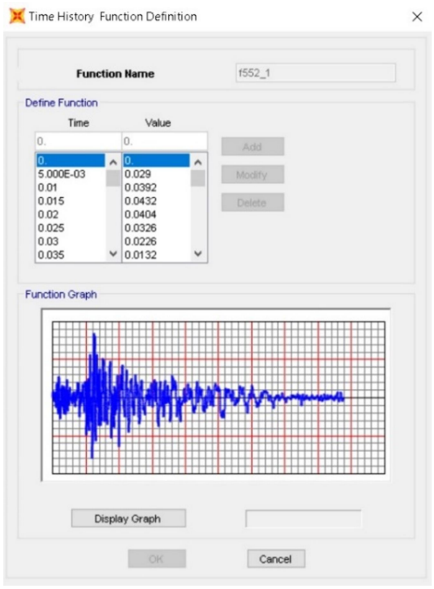
4.8 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizin Tanımlanması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz tanımlanırken, öncelikle ZTADOA'nın başlangıç adımı olarak kullanılması adına düşey yüklerin etkisi altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap tanımlanmalıdır. G+nQ yük kombinasyonu kullanılarak tanımlanan bu hesapta hareketli yük katılım katsayısı n, 0.3 olarak tanımlanmıştır. Düşey yüklerin etkisi altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap SAP2000 programına Şekil 4.19'daki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 4.19 Düşey yüklerin etkisi altında doğrusal olmayan artımsal statik hesabın SAP2000 programına tanımlanması

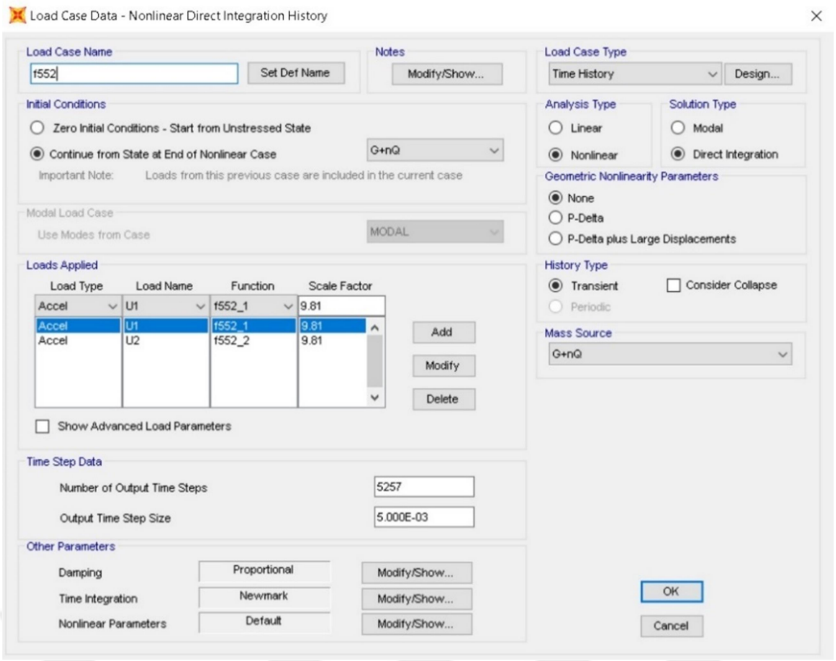
ZTADOA'nın tanımlanabilmesi için öncelikle ZTADOA'da kullanılacak 11 adet deprem ivme kaydı takımının hem X hem de Y doğrultusundaki bileşenleri SAP2000 programına "Define> Function> Time History" komutları kullanılarak ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Toplamda 11x2= 22 adet deprem ivme kaydı tanımlanacaktır. Örnek bir deprem ivme kaydının X doğrultusundaki bileşeninin SAP2000 programına tanımlanması Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 SAP2000 programında örnek bir deprem ivme kaydı bileşeninin tanımı

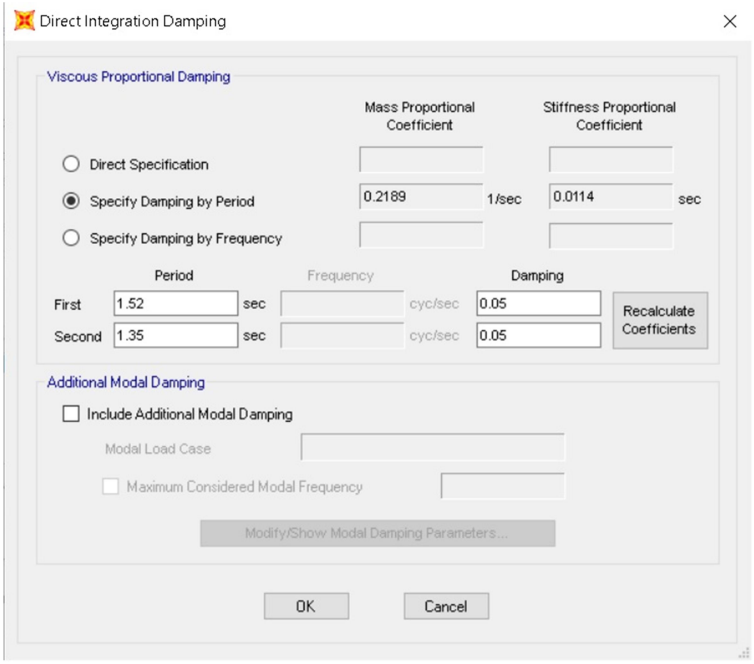
22 adet deprem ivme kaydı bileşeni SAP2000 programına "Time History" fonksiyonları olarak tanımlandıktan sonra, ZTADOA programa tanımlanacaktır. ZTADOA toplamda 11 farklı yükleme şeklinde tanımlanacak ve her bir yükleme durumu X ve Y doğrultusundaki deprem ivme kayıtlarını birlikte içerecektir. Yükleme durumu tipi "Time History" olarak seçildikten sonra analiz tipi "Nonlinear" ve çözüm yöntemi "Direct Integration" olarak seçilecektir. Daha sonra yük tipi "Acceleration" olarak seçilecek, yükleme doğrultuları tanımlanan time history fonksiyonları ile uyumlu seçilecek ve deprem kayıtları yerçekimi ivmesi (g) cinsinden olduğundan "Scale Factor" değeri 9.81 olarak girilecektir. Başlangıç koşulu daha önce tanımlanmış olan düşey yüklerin etkisi altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap (G+nQ kombinasyonu) seçilecektir.

"Number of Output Time Steps" değeri tanımlanan depremin süresinin deprem ivme kaydının zaman adımı değerine bölünmesiyle bulunacaktır. "Output Time Step Size" değeri ise tanımlanan deprem ivme kaydının zaman aralığı ile aynı olacak şekilde olacaktır. Örnek bir ZTADOA yükleme durumunun SAP2000 programında tanımlanma ekranı Şekil 4.21'de verilmiştir.



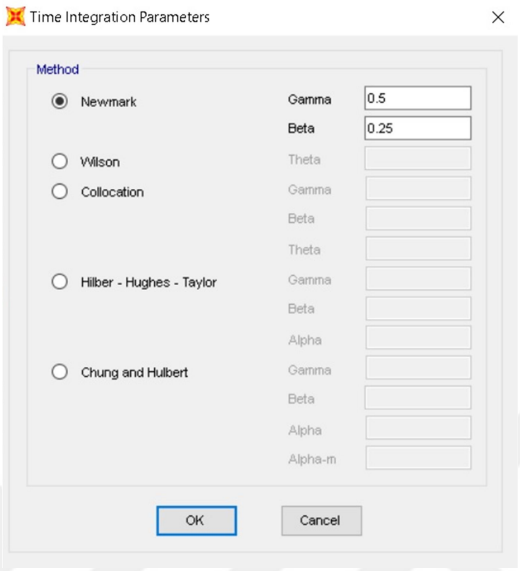
Şekil 4.21 ZTADOA'nın SAP2000 programına tanımlanması

Yapısal sönüm parametresi "Rayleigh orantılı sönüm matrisi" yöntemiyle tanımlanmıştır. Rayleigh sönüm matrisi tanımı yapılırken yapının birinci ve üçüncü periyotları SAP2000 programına girilmiştir. Aynı zamanda yapının sönüm oranı %5 olacak şekilde programa tanımlanmıştır. Yapısal sönümün tanımlanması sırasında SAP2000 programına ait ekran görüntüsü Şekil 4.22'da verilmiştir.



Şekil 4.22 SAP2000 programında yapısal sönümün tanımlanması

ZTADOA'da kullanılacak sayısal integrasyon metodu olarak "Newmark" metodu seçilmiş, γ ve β değerleri sırasıyla 0.5 ve 0.25 olarak tanımlanmıştır. Newmark yönteminin seçimi ve katsayılarının tanımlanmasına ait ekran görüntüsü Şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23 Newmark Metodu katsayıları

4.9 Kiriş ve Kolon Elemanların Davranışlarının Belirlenmesi

TBDY-2018 kapsamında, yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlar sünek davranış gösterdikleri takdirde elemanlarda oluşan plastik dönme talepleri elemanların plastik dönme kapasiteleriyle kıyaslanarak eleman performans durumları belirlenmektedir. Bu nedenle yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların sünek davranış gösterdiklerinin kontrolleri yapılmalıdır. Bu nedenle yapılan tez çalışmasının bu bölümünde TBDY-2018 uyarınca, kolonların kirişlerden güçlü olması koşulunun kontrolü ile kiriş ve kolon elemanların kesme güvenliklerinin kontrolleri yapılmış ve sonuç olarak yapı sistemini oluşturan tüm kiriş ve kolon elemanların sünek davranış gösterdikleri tespit edilmiştir.

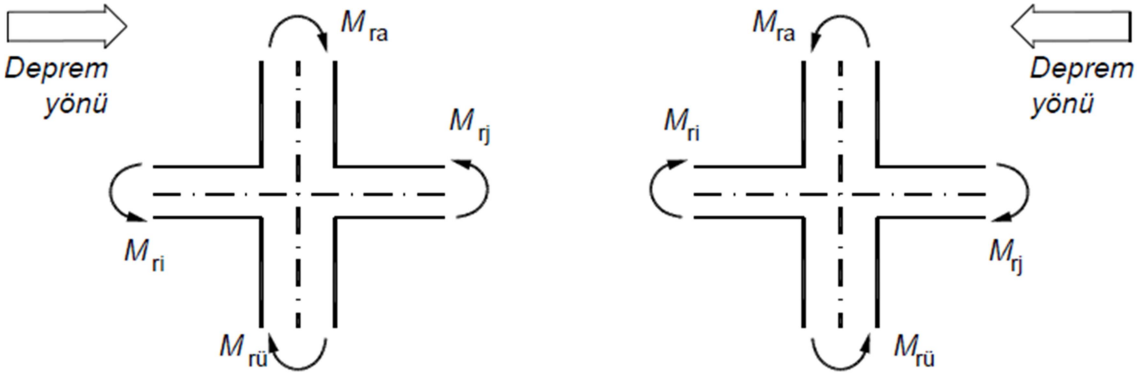
4.9.1 Kolonların Kirişlerden Güçlü Olması Koşulunun Kontrolü

Yapı taşıyıcı sisteminin sadece çerçevelerden ya da çerçeve ve perde elemanların birleşiminden oluşması durumunda, her bir kolon-kiriş birleşim noktasında birleşen kolon elemanların taşıma gücü momentlerinin toplamı hesabı yapılan düğüm noktasında birleşen kiriş elemanların taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 olacak şekilde daha büyük olmalıdır. TBDY-2018'de bu koşul Denklem 4.1'deki şekilde ifade edilmiştir. [2]

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'de M_{ra} kolon elemanın serbest yüksekliğinin alt ucunda ve $M_{rü}$ kolon elemanın serbest yüksekliğinin üst ucunda, betonun ve donatı çeliğinin tasarım dayanımları kullanılarak hesaplanan, taşıma gücü momenti değerlerini ifade etmektedir. M_{ri} kirişin sol ucunda, M_{rj} kirişin sağ ucunda kolon yüzündeki pozitif veya negatif taşıma gücü momentini ifade etmektedir.

Kolon elemanların taşıma gücü momentleri hesaplanırken, taşıma gücü momenti değerinin en küçük olduğu N_d eksenel yükleri dikkate alınacaktır. Kolonların kirişlerden güçlü olması koşulunun kontrolü depremin her iki doğrultusu için kontrol edilecek ve elverişsiz olan durum dikkate alınacaktır. Depremin yönüne göre, kolon ve kiriş elemanların taşıma gücü momentlerinin hesabında dikkate alınacak pozitif yön durumları TBDY-2018'de Şekil 4.24'teki biçimde verilmiştir. Ayrıca kolon elemanların bir üst kata devam etmediği birleşim noktalarında Denklem 4.1'in sağlanması koşulu aranmamaktadır.



Şekil 4.24 Depremin yönüne göre taşıma gücü momentlerinin yön durumları

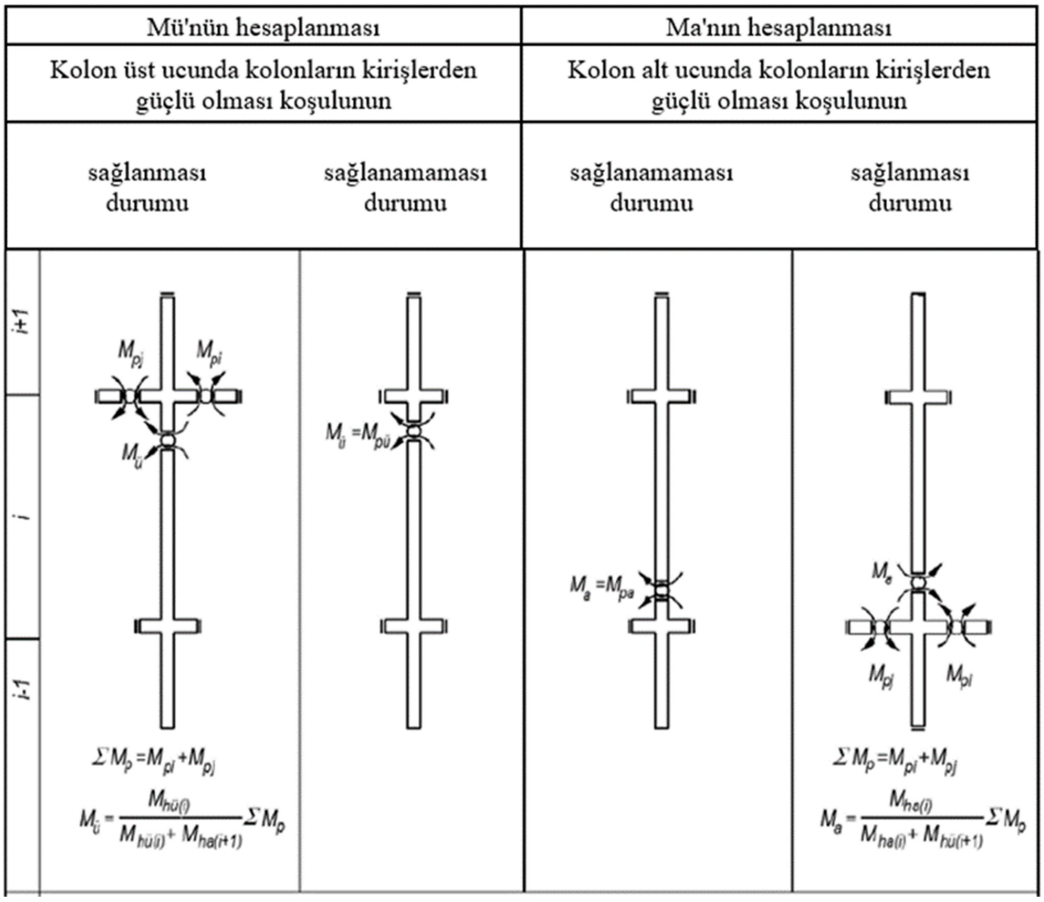
Yapılan tez çalışmasında, TBDY-2018 uyarınca yapıda kolonların kirişlerden güçlü olması koşulunu sağlaması gereken tüm düğüm noktalarında kontroller yapılmış ve bu koşulun yapının tümünde sağlandığı tespit edilmiştir.

4.9.2 Kolonların Kesme Güvenliklerinin Kontrolü

TBDY-2018'e göre kolon elemanların kesme güvenlikleri kontrol edilirken, enine donatı hesabında dikkate alınması gereken kesme kuvveti V_e olarak tanımlanmıştır. V_e'nin hesabı Denklem 4.2'de verilmiştir.

$$V_e = (M_a + M_{ü})/l_n \quad (4.2)$$

Denklem 4.2'de verilen M_a ve $M_ü$ değerlerinin hesabında TBDY-2018'de Şekil 7.5'te verilen görsel dikkate alınacaktır. Bahsi geçen görsel Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25 M_a ve $M_ü$ değerlerinin hesabı

Bu tez çalışması kapsamında analizi yapılan yapının tüm birleşim noktalarında kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu sağlandığından M_a ve $M_ü$ değerlerinin hesabı Denklem 4.3 ve Denklem 4.4'teki gibi yapılacaktır.

$$M_{ü} = \frac{M_{hü(i)}}{M_{hü(i)} + M_{ha(i+1)}} \sum M_p \tag{4.3}$$

$$M_{a} = \frac{M_{ha(i)}}{M_{ha(i)} + M_{hü(i-1)}} \sum M_p \tag{4.4}$$

$\sum M_p$'nin hesabı Denklem 4.5'te verilmiştir.

$$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj} \tag{4.5}$$

Burada $\sum M_p$, düğüm noktasında birleşmiş olan kiriş elemanların uç noktalarındaki moment kapasitelerinin toplamını ifade etmektedir.

Hesaplanan kesme kuvveti V_e Denklem 4.6 ile hesaplanan değerden büyük olmayacaktır.

$$V_e \leq 0.85 A_w \sqrt{f_{ck}} \tag{4.6}$$

M_{pi} ve M_{pj} değerleri kirişin sol ve sağ uçlarındaki moment kapasitelerini ifade etmektedir. Bu değerlerin hesabı için 25x50 boyutlarındaki kiriş kesiti XTRACT programında modellenmiş pozitif ve negatif eğilme durumunda kiriş kesitinin maksimum moment kapasiteleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Üst tarafta çekme olması durumunda maksimum moment kapasitesi: 50.13 kN.m

Alt tarafta çekme olması durumunda maksimum moment kapasitesi: 38.57 kN.m

Bu tez çalışmasında sınır değer hem TBDY-2018'e göre hem de TS-500'e göre hesaplanmış ve sınırlayıcı olan durum dikkate alınarak kesme güvenliğinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir. TS-500'e göre sınır değerinin hesabı Denklem 4.7'de verilmiştir. [17]

$$V_r = 0.8 V_{cr} + V_w \tag{4.7}$$

Örnek olması açısından C510 kolonuna ait kesme güvenliği kontrolü aşağıda verilmiştir.

$$M_{ü} = \frac{M_{hü(i)}}{M_{hü(i)} + M_{ha(i+1)}} \sum M_p = \frac{364.7}{364.7 + 132.6}\, 88.7 = 65.05 \text{ kN. m}$$

$$M_a = \frac{M_{ha(i)}}{M_{ha(i)} + M_{hü(i-1)}} \sum M_p = \frac{227}{227 + 407.2}\, 88.7 = 31.75 \text{ kN. m}$$

$$V_e = \frac{M_a + M_ü}{l_n} = \frac{31.75+65.05}{2.5} = 38.7\ \text{kN}$$

TBDY-2018'de verilen sınır değerin hesabı:

$$0.85A_w\sqrt{f_{ck}} = 1028.5\ \text{kN}$$

TS500'de verilen sınır değerin hesabı:

$$V_r = 0.8V_{cr} + V_w = 184.6\ \text{kN}$$

$$38.7\ \text{kN} \leq 184.6\ \text{kN}$$

Hesaplanan iki sınır değer karşılaştırıldığında kısıtlayıcı olan değerin TS500'e göre hesaplanan sınır değer olduğu tespit edilmiş ve kolonların kesme güvenliklerinin kontrolü bu sınır değer ile kıyaslanarak yapılmıştır.

Yapının tüm kolonlarının izin verilen kesme kuvveti sınır değerini aşmadığı ve sünek davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm kolonlara ait kesme güvenliklerinin hesabı EK A'da tablo halinde verilmiştir.

4.9.3 Kirişlerin Kesme Güvenliklerinin Kontrolü

TBDY-2018'e göre kiriş elemanların kesme güvenlikleri kontrol edilirken, enine donatı hesabında dikkate alınması gereken kesme kuvveti V_e olarak tanımlanmıştır. V_e'nin hesabı Denklem 4.8'de verilmiştir.

$$V_e = V_{dy\pm}(M_{pi} + M_{pj})/l_n \tag{4.8}$$

Denklem 4.8 ile hesaplanan V_e kesme kuvveti, Denklem 4.9 ile hesaplanan sınır değeri aşmayacaktır.

$$V_e \leq 0.85b_w d\sqrt{f_{ck}} \tag{4.9}$$

Bu tez çalışmasında sınır değer hem TBDY-2018'e göre hem de TS-500'e göre hesaplanmış ve sınırlayıcı olan durum dikkate alınarak kesme güvenliğinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir. TS-500'e göre sınır değerinin hesabı Denklem 4.10'da verilmiştir.

$$V_r = 0.8V_{cr} + V_w \quad (4.10)$$

Örnek olması açısından K101 kirişine ait kesme güvenliği kontrolü aşağıda verilmiştir.

TBDY-2018'de verilen sınır değerin hesabı:

$0.85b_w d\sqrt{f_{ck}} = 391$ kN

TS500'de verilen sınır değerin hesabı:

$V_r = 0.8V_{cr} + V_w = 99.8$ kN

Hesaplanan iki sınır değer karşılaştırıldığında kısıtlayıcı olan değerin TS500'e göre hesaplanan sınır değer olduğu tespit edilmiş ve kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü bu sınır değer ile kıyaslanarak yapılmıştır.

$V_{dy} = 35.37$ kN

$\sum M_p = 88.7$ kN. m

$V_e = 35.37 + \frac{88.7}{5.50} = 51.49$ kN

51.49 kN ≤ 99.8 kN

Yapının tüm kirişlerinin izin verilen kesme kuvveti sınır değerini aşmadığı ve sünek davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm kirişlere ait kesme güvenliklerinin hesabı EK A'da tablo halinde verilmiştir.

5
ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ SONUÇLARI VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde daha önce tanımlanan ve SAP2000 programında gerçekleştirilen dört farklı ZTADOA sonucunda elde edilen, eleman uç noktalarındaki plastik mafsallarda oluşan dönme değerleri ve maksimum tepe yer değiştirmesi değerleri verilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde sadelik ve anlaşılabilirlik açısından yalnızca zemin kat kiriş ve kolonlarının performans durumları verilmiş olup tüm kiriş ve kolonlara ait performans durumu değerlendirmeleri EK A'da tablolar halinde verilmiştir.

5.1 Eleman Şekildeğiştirme Taleplerinin Belirlenmesi

Gerçekleştirilen ZTADOA sonucunda TBDY-2018 uyarınca 11 farklı depremden elde edilen şekildeğiştirme taleplerinin mutlak değerlerinin ortalaması alınarak eleman şekildeğiştirme talepleri belirlenmiştir. Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların boyuna donatılarında nervürsüz (düz) donatı kullanılmış olması sebebiyle TBDY-2018 Bölüm 15.7.1.2 kapsamında şekildeğiştirme talepleri 1.5 ile çarpılarak arttırılmıştır. [2]

5.2 Eleman Hasar Sınırlarının Belirlenmesi

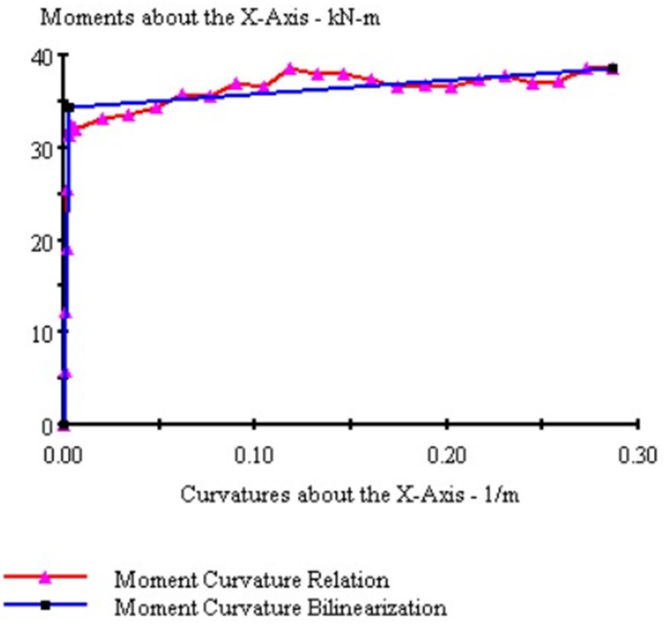
Yapı sistemini oluşturan elemanların hangi hasar seviyelerinde bulunduklarının belirlenebilmesi için öncelikle elemanların hasar sınırları belirlenmelidir. Bu doğrultuda TBDY-2018 kapsamında belirtilen kurallar göz önüne alınarak elemanların hasar sınırları belirlenmiştir.

5.2.1 Kirişlerin Eleman Hasar Sınırlarının Belirlenmesi

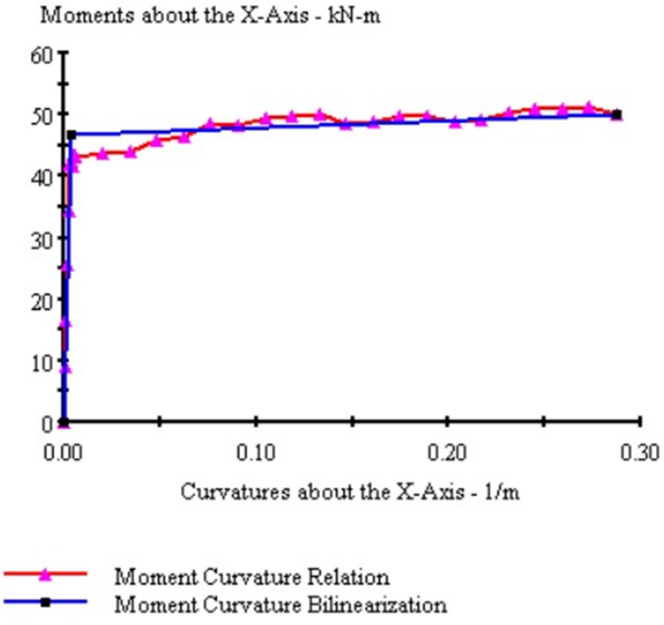
Yapıda bulunan 25/50 kesit ölçülerine sahip kiriş eleman XTRACT programında modellenerek hem pozitif moment yüklemesi altında hem de negatif moment yüklemesi altında moment-eğrilik analizleri gerçekleştirilmiştir.

XTRACT programında yapılan moment-eğrilik analizi sonucunda kirişte pozitif moment etkisi durumunda akma eğriliği değeri (ϕ_y) 0.003295 m^{-1} ve göçme öncesi toplam eğrilik değeri (ϕ_u) 0.2868 m^{-1} olarak bulunmuştur.

Kirişte negatif moment etkisi durumunda ise akma eğriliği değeri (ϕ_y) 0.00349 m^{-1} ve göçme öncesi toplam eğrilik değeri (ϕ_u) 0.2875 m^{-1} olarak bulunmuştur. Gerçekleştirilen analizler sonucunda XTRACT programında elde edilen moment-eğrilik grafikleri pozitif moment durumu ve negatif moment durumu için sırasıyla Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Pozitif moment yüklemesi etkisi altında 25/50 kirişin moment-eğrilik grafiği



Şekil 5.2 Negatif moment yüklemesi etkisi altında 25/50 kirişin moment-eğrilik grafiği

Akma eğriliği değeri (ϕ_y) ve göçme öncesi toplam eğrilik değeri (ϕ_u) hesaplandıktan sonra Denklem 5.1 kullanılarak pozitif ve negatif moment etkisi altında göçmenin önlenmesi hasar sınırı için izin verilen maksimum plastik dönme değeri hesaplanmıştır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(\phi_u - \phi_y)L_p\left(1 - 0.5\frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5\phi_u d_b\right] \quad (5.1)$$

Hesap yapılırken, hesapta kullanılan formüller ile bir "Microsoft Excel" programı oluşturulmuş ve hesap bu program üzerinde gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan programdan elde edilen sınır değerler pozitif ve negatif moment etkisi altındaki durumlar için sırasıyla Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Pozitif moment etkisi altında 25/50 kiriş hasar sınırı değerleri

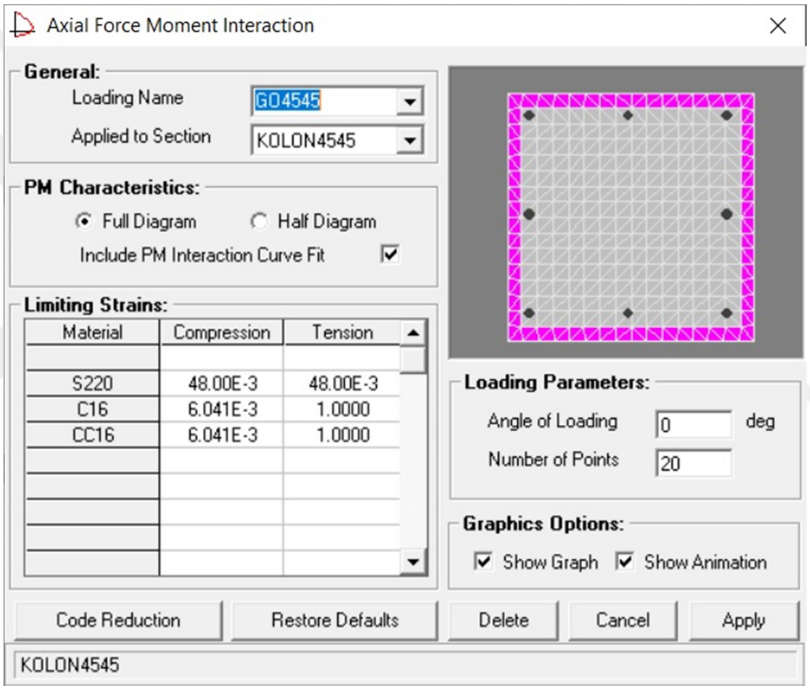
Pozitif M_{xx}		
$\mathbf{d_b}$	0.012	**m**
$\mathbf{L_p}$	0.25	**m**
$\mathbf{L_s}$	3	**m**
$\boldsymbol{\phi_u}$	0.2868	$\mathbf{m^{-1}}$
$\boldsymbol{\phi_y}$	3.30E-03	$\mathbf{m^{-1}}$
$\boldsymbol{\theta_p}^{(GÖ)}$	0.055607	**rad**
$\boldsymbol{\theta_p}^{(KH)}$	0.041705	**rad**
$\boldsymbol{\theta_p}^{(SH)}$	0	**rad**

Tablo 5.2 Negatif moment etkisi altında 25/50 kiriş hasar sınırı değerleri

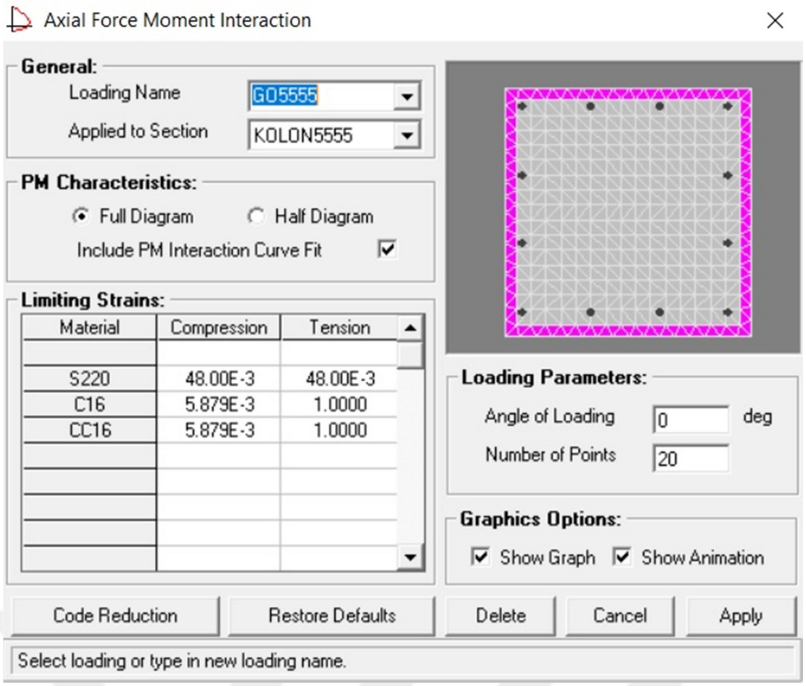
Negatif M_{xx}		
$\mathbf{d_b}$	0.012	**m**
$\mathbf{L_p}$	0.25	**m**
$\mathbf{L_s}$	3	**m**
$\boldsymbol{\phi_u}$	0.2875	$\mathbf{m^{-1}}$
$\boldsymbol{\phi_y}$	3.49E-03	$\mathbf{m^{-1}}$
$\boldsymbol{\theta_p}^{(GÖ)}$	0.055713	**rad**
$\boldsymbol{\theta_p}^{(KH)}$	0.041785	**rad**
$\boldsymbol{\theta_p}^{(SH)}$	0	**rad**

5.2.2 Kolonların Eleman Hasar Sınırlarının Belirlenmesi

Yapıda bulunan 45/45 ve 55/55 kesit ölçülerine sahip kolon elemanlar XTRACT programında modellenerek etkileşim diyagramları elde edilmiştir. Etkileşim diyagramları elde edilirken XTRACT programına tanımlanması gereken birim şekildeğiştirme değerleri TBDY-2018'de belirtilen göçmenin önlenmesi performans düzeyi için beton birim kısalması ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi değerleri hesaplanarak elde edilmiştir. Bahsi geçen değerlerin hesabında kullanılan denklemler bu tez kapsamında Denklem 2.7 ve Denklem 2.14'te verilmiştir. Kolonlara ait etkileşim diyagramlarını elde edebilmek için XTRACT programına yapılan veri girişleri Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.

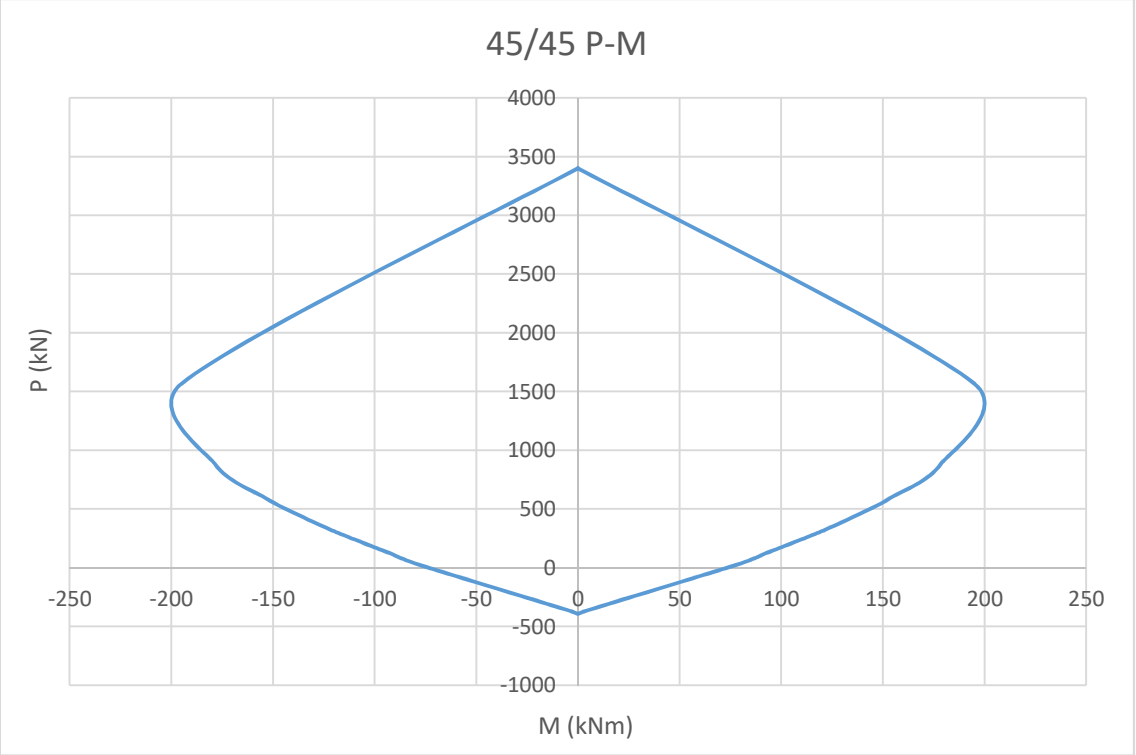


Şekil 5.3 45/45 kolon etkileşim diyagramı elde edilmesi için XTRACT programına veri girişi

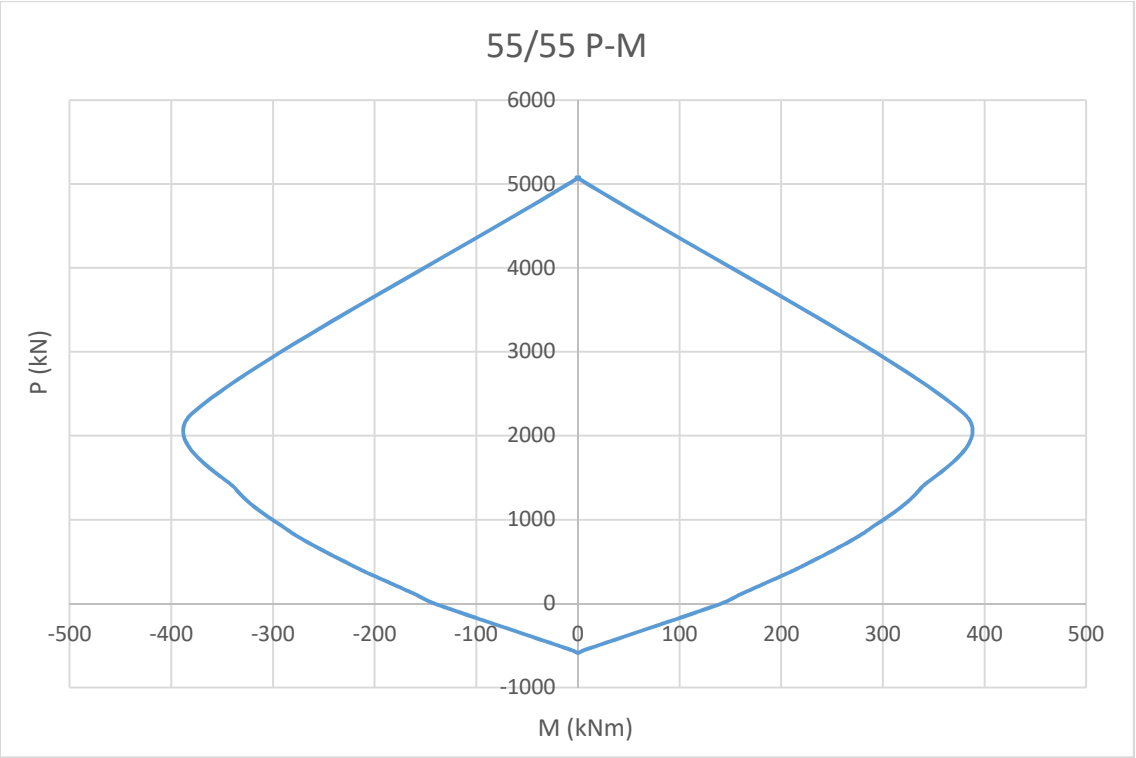


Şekil 5.4 55/55 kolon etkileşim diyagramı elde edilmesi için XTRACT programına veri girişi

XTRACT programında yapılan analiz sonrası elde edilen etkileşim diyagramları 45/45 ve 55/55 kolon kesitleri için sırasıyla Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.5 45/45 kolona ait etkileşim diyagramı



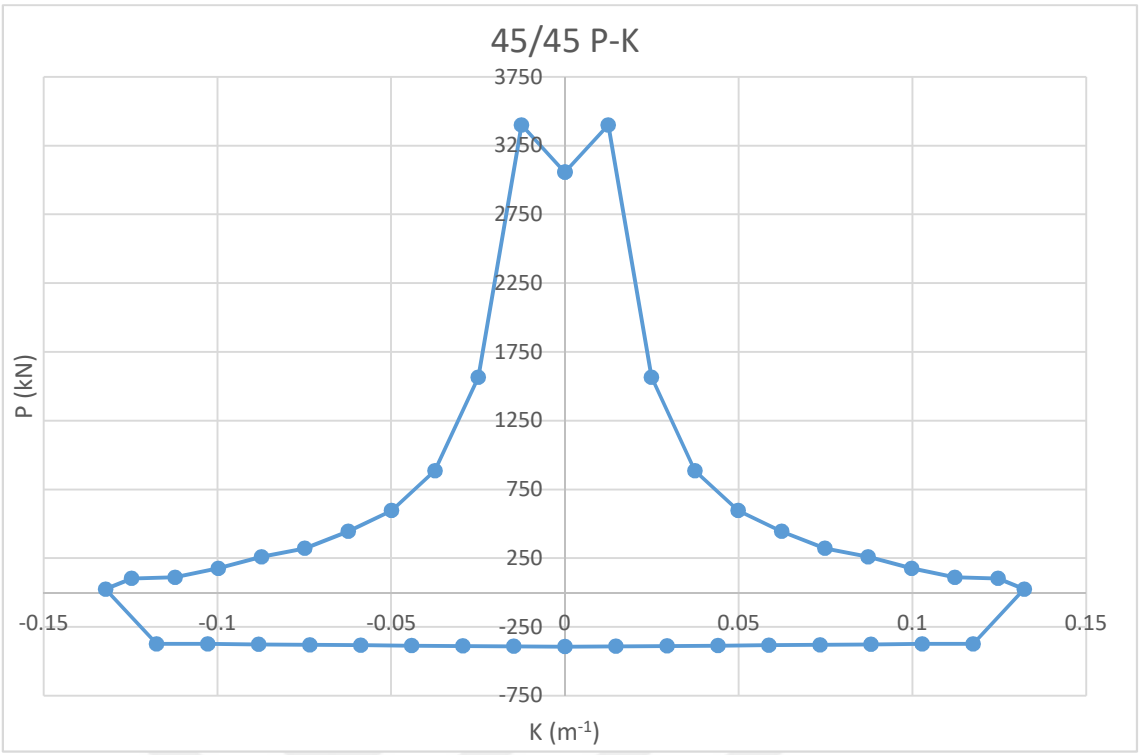
Şekil 5.6 55/55 kolona ait etkileşim diyagramı

Kolon elemanlara ait göçmenin önlenmesi performans düzeyi için plastik dönme sınırı belirlenirken akma eğriliği değeri (ϕ_y) Priestley (2007) tarafından Denklem 5.2'de ifade edilen yaklaşık yöntem kullanılarak hesaplanmıştır.

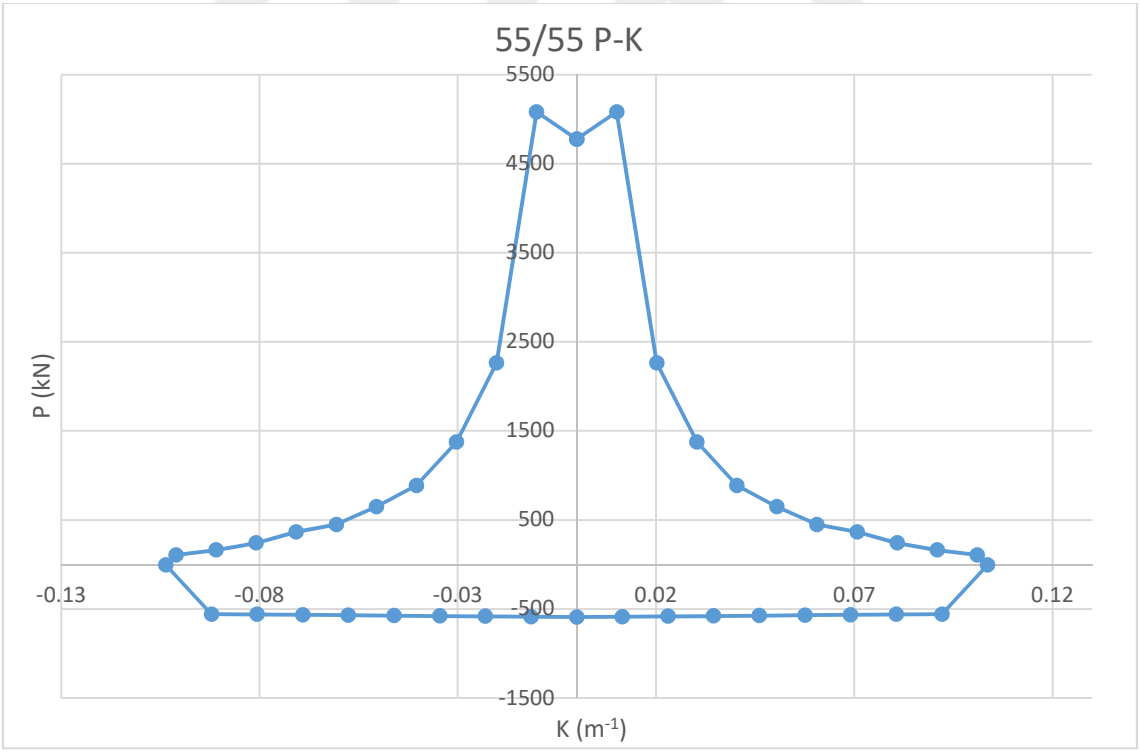
$$\phi_y = 2.1 \frac{\varepsilon_y}{h} \tag{5.2}$$

Bu denklemde ε_y donatı çeliği sınıfına göre belirlenen akma birim şekildeğiştirme değerini, h hesabı yapılan doğrultudaki kesit yüksekliğini ifade etmektedir. [18]

Göçme öncesi toplam eğrilik (ϕ_u) değerinin hesabında ise XTRACT programında analizi yapılan kolon kesitlerine ait eksenel yük-eğrilik grafikleri, TBDY 2018'de göçmenin önlenmesi durumu için verilen ε_c ve ε_s birim şekildeğiştirme değerleri için elde edilmiş ve elde edilen bu değerler kullanılarak kolon elemanın üzerindeki eksenel yüke karşılık gelen eğrilik değeri lineer iterasyon yapılarak hesaplanmıştır. XTRACT programından elde edilen 45/45 ve 55/55 kolon kesitlerine ait eksenel yük-eğrilik grafikleri sırasıyla Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de sırasıyla verilmiştir.



Şekil 5.7 45/45 kolona ait eksenel yük-eğrilik grafiği



Şekil 5.8 55/55 kolona ait eksenel yük-eğrilik grafiği

5.3 Analiz Sonuçları

Bu alt başlıkta, PEER veri tabanı kullanılarak TBDY-2018 kapsamında seçilen ve yatay elastik tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilen 11 deprem kaydı ile gerçekleştirilen dört farklı analizden elde edilen sonuçlar sırasıyla verilmiştir. Analiz sonuçları olarak, eleman bazında değerlendirme yapılırken kiriş ve kolon çubuk elemanlara atanan plastik mafsallardaki plastik dönme talepleri yapı bazında değerlendirme yapılırken ise maksimum tepe yer değiştirmesi değerleri incelenmiştir.

5.3.1 Tam Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları

Bu bölümde 11 deprem kaydının tam halleriyle yapılan analizden elde edilen sonuçlar verilmektedir.

5.3.1.1 Kirişlerde Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen θ_p plastik dönme taleplerinin ortalaması alınarak kiriş elemanların dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.2.1'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Talep değerinin negatif olması, kiriş elemanda üst tarafta çekme olması durumuna karşılık gelmektedir. Elemanda üst tarafta çekme olması durumunda negatif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri, alt tarafta çekme olması durumunda ise pozitif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri kullanılarak kıyaslama yapılmıştır. Ayrıca çubuk elemanın her iki ucunda bulunan plastik mafsaldaki dönme değerleri incelenmiş ve en elverişsiz olan duruma göre değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 5.3 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	Talep,θ_p (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
K101	-0.0256	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K102	-0.02574	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K103	-0.02557	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K104	-0.02781	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K105	-0.0279	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo 5.3 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri (devamı)

K106	-0.02781	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K107	-0.02761	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K108	-0.02771	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K109	-0.02762	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K110	-0.02503	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K111	-0.02511	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K112	-0.025	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K113	-0.03098	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K114	-0.03057	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K115	-0.03051	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K116	-0.03388	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K117	-0.03351	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K118	-0.03340	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K119	-0.03371	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K120	-0.03332	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K121	-0.03324	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K122	-0.0305	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K123	-0.03004	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K124	-0.02997	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

5.3.1.2 Kolonlarda Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen X-X ve Y-Y doğrultuları plastik dönme taleplerinin kendi içlerinde ortalaması alınarak kolon elemanlara ait dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.2.2'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Ayrıca çubuk elemanın her iki ucunda bulunan plastik mafsaldaki dönme değerleri incelenmiş ve en elverişsiz durum dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 5.4 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	P kN	θ_{x-x} rad	θ_{y-y} rad	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
C101	900.7	0.0219	0.0168	0.00622	0.00466	0	Göçme
C102	1263.0	0.0219	0.0171	0.00629	0.00472	0	Göçme
C103	1196.1	0.0218	0.0173	0.00659	0.00494	0	Göçme
C104	809.8	0.0215	0.017	0.00688	0.00516	0	Göçme
C105	1221.9	0.0218	0.0165	0.00512	0.00384	0	Göçme
C106	1753.3	0.0220	0.0169	0.00487	0.00365	0	Göçme
C107	1752.2	0.0217	0.0169	0.00487	0.00365	0	Göçme
C108	1172.9	0.0213	0.0166	0.00529	0.00396	0	Göçme
C109	1164.3	0.0218	0.0164	0.00532	0.00399	0	Göçme
C110	1752.7	0.0219	0.0167	0.00487	0.00365	0	Göçme
C111	1752.8	0.0217	0.0167	0.00487	0.00365	0	Göçme
C112	1174.1	0.0213	0.0164	0.00528	0.00396	0	Göçme
C113	818.7	0.0222	0.0161	0.00681	0.00510	0	Göçme
C114	1234.0	0.0221	0.0166	0.00642	0.00481	0	Göçme
C115	1232.8	0.0219	0.0165	0.00642	0.00482	0	Göçme
C116	805.6	0.0214	0.0162	0.00691	0.00518	0	Göçme

5.3.1.3 Maksimum Tepe Yer Değiştirmeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen maksimum tepe yer değiştirme değerleri Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri

PEER No	Ux (m)	Uy (m)
552	-0.10502	0.125108
838	-0.34014	0.483072

Tablo 5.5 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri (devamı)

897	-0.10884	-0.14704
1162	0.130388	-0.1644
1164	0.494706	-0.50448
1166	-0.35356	-0.34351
1620	-0.38919	0.597767
1626	-0.15041	-0.15643
1627	0.189664	0.161919
4037	0.138012	-0.09971
4086	0.123012	0.130379
ORTALAMA	0.229358	0.264892

5.3.1.4 Bina Performans Durumu

Bina taşıyıcı sistemini oluşturan kiriş ve kolon elemanların hangi hasar seviyelerinde oldukları Tablo 5.6 ve Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.6 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı

Kirişler	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	6	138	0	0
Oran	%4	%96	0	0

Tablo 5.7 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı

Kolonlar	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	4	76	0	16
Oran	%4	%80	0	%16

Zemin kat kolonlarının tümünün göçmenin önlenmesi hasar seviyesini aşarak göçme durumuna geçmiş oldukları görülmektedir. Bu durumda bina performans açısından göçme durumundadır.

5.3.2 0.05g Eşik Değeri İçin Zarf Süre Yöntemiyle Filtrelenmiş Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları

Bu bölümde 11 deprem kaydının, 0.05g eşik değeri için belirlenen güçlü yer hareketi süresi kısmı ile yapılan analizden elde edilen sonuçlar verilmektedir.

5.3.2.1 Kirişlerde Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş 11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen θ_p plastik dönme taleplerinin ortalaması alınarak kiriş elemanların dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.1.1'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Talep değerinin negatif olması, kiriş elemanda üst tarafta çekme olması durumuna karşılık gelmektedir. Elemanda üst tarafta çekme olması durumunda negatif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri, alt tarafta çekme olması durumunda ise pozitif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri kullanılarak kıyaslama yapılmıştır.

Tablo 5.8 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	Talep,θ_p (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
K101	-0.02564	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K102	-0.02577	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K103	-0.02562	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K104	-0.02786	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K105	-0.02794	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K106	-0.02785	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K107	-0.02766	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K108	-0.02775	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K109	-0.02767	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K110	-0.0251	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K111	-0.02518	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo 5.8 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri (devamı)

K112	-0.02506	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K113	-0.03093	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K114	-0.03052	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K115	-0.03044	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K116	-0.03381	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K117	-0.03345	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K118	-0.03336	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K119	-0.03364	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K120	-0.03327	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K121	-0.03319	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K122	-0.03045	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K123	-0.02999	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K124	-0.02991	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

5.3.2.2 Kolonlarda Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen X-X ve Y-Y doğrultuları plastik dönme taleplerinin ortalaması alınarak kolon elemanlara ait dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.2.2'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Ayrıca çubuk elemanın her iki ucunda bulunan plastik mafsaldaki dönme değerleri incelenmiş ve en elverişsiz durum dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 5.9 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	**P kN**	**θ_{x-x} rad**	**θ_{y-y} rad**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
C101	901.974	0.0219	0.01699	0.006218	0.004664	0	Göçme
C102	1256.328	0.021873	0.017235	0.006325	0.004744	0	Göçme

Tablo 5.9 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri (devamı)

C103	1196.559	0.021786	0.017296	0.00659	0.004943	0	Göçme
C104	807.6975	0.021352	0.016953	0.006901	0.005176	0	Göçme
C105	1221.465	0.02175	0.016627	0.005125	0.003844	0	Göçme
C106	1753.279	0.021907	0.017004	0.004877	0.003657	0	Göçme
C107	1752.333	0.021698	0.017038	0.004879	0.003659	0	Göçme
C108	1176.847	0.021286	0.016679	0.005277	0.003958	0	Göçme
C109	1169.007	0.021771	0.016524	0.005304	0.003978	0	Göçme
C110	1752.715	0.021898	0.016846	0.004878	0.003658	0	Göçme
C111	1752.8	0.021705	0.016822	0.004878	0.003658	0	Göçme
C112	1174.366	0.021282	0.016457	0.005286	0.003964	0	Göçme
C113	819.6505	0.02212	0.016236	0.006805	0.005104	0	Göçme
C114	1230.398	0.02214	0.016665	0.00644	0.00483	0	Göçme
C115	1230.85	0.021933	0.016619	0.006438	0.004828	0	Göçme
C116	810.4305	0.021503	0.016324	0.006879	0.005159	0	Göçme

5.3.2.3 Maksimum Tepe Yer Değiştirmeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen maksimum tepe yer değiştirme değerleri Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri

PEER No	Ux (m)	Uy (m)
552	-0.10509	0.125145
838	-0.3404	0.48507
897	-0.1082	-0.15107
1162	0.130366	-0.16443
1164	0.506065	-0.50286
1166	-0.35377	-0.34235

Tablo 5.10 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri (devamı)

1620	-0.38917	0.603322
1626	-0.15486	-0.15673
1627	0.189554	0.161925
4037	0.137975	-0.09968
4086	0.123002	0.130672
ORTALAMA	0.230768	0.265750

5.3.2.4 Bina Performans Durumu

Bina taşıyıcı sistemini oluşturan tüm kiriş ve kolon elemanların hangi hasar seviyelerinde oldukları Tablo 5.11 ve Tablo 5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.11 0.05g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı

Kirişler	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	6	138	0	0
Oran	%4	%96	0	0

Tablo 5.12 0.05g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı

Kolonlar	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	4	76	0	16
Oran	%4	%80	0	%16

Zemin kat kolonlarının tümünün göçmenin önlenmesi hasar seviyesini aşarak göçme durumuna geçmiş oldukları görülmektedir. Bu durumda bina performans açısından göçme durumundadır.

5.3.3 0.1g Eşik Değeri İçin Zarf Süre Yöntemiyle Filtrelenmiş Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları

Bu bölümde 11 deprem kaydının, 0.1g eşik değeri için belirlenen güçlü yer hareketi süresi kısmı ile yapılan analizden elde edilen sonuçlar verilmektedir.

5.3.3.1 Kirişlerde Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş 11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen θ_p plastik dönme taleplerinin ortalaması alınarak kiriş elemanların dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.1.1'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Talep değerinin negatif olması, kiriş elemanda üst tarafta çekme olması durumuna karşılık gelmektedir. Elemanda üst tarafta çekme olması durumunda negatif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri, alt tarafta çekme olması durumunda ise pozitif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri kullanılarak kıyaslama yapılmıştır.

Tablo 5.13 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	Talep,θ_p (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
K101	-0.0256	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K102	-0.02572	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K103	-0.02557	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K104	-0.02783	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K105	-0.0279	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K106	-0.02782	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K107	-0.02765	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K108	-0.02773	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K109	-0.02764	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K110	-0.0251	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K111	-0.02518	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K112	-0.02505	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K113	-0.03089	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K114	-0.0305	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo 5.13 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri (devamı)

K115	-0.03043	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K116	-0.03374	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K117	-0.03339	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K118	-0.03332	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K119	-0.03353	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K120	-0.03318	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K121	-0.03308	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K122	-0.03032	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K123	-0.02986	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K124	-0.02978	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

5.3.3.2 Kolonlarda Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen X-X ve Y-Y doğrultuları plastik dönme taleplerinin ortalaması alınarak kolon elemanlara ait dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.2.2'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Ayrıca çubuk elemanın her iki ucunda bulunan plastik mafsaldaki dönme değerleri incelenmiş ve en elverişsiz durum dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 5.14 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	**P kN**	**θ_{x-x} rad**	**θ_{y-y} rad**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
C101	896.8155	0.021938	0.016819	0.006236	0.004677	0	Göçme
C102	1255.833	0.021871	0.017185	0.006327	0.004745	0	Göçme
C103	1197.973	0.02171	0.017223	0.006584	0.004938	0	Göçme
C104	801.7297	0.021292	0.017061	0.006949	0.005212	0	Göçme
C105	1221.35	0.021815	0.016517	0.005125	0.003844	0	Göçme

Tablo 5.14 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri (devamı)

C106	1753.182	0.02187	0.016972	0.004877	0.003658	0	Göçme
C107	1752.355	0.021663	0.016924	0.004879	0.003659	0	Göçme
C108	1172.009	0.021198	0.016562	0.005294	0.00397	0	Göçme
C109	1169.606	0.021799	0.016338	0.005302	0.003977	0	Göçme
C110	1752.76	0.021892	0.016734	0.004878	0.003658	0	Göçme
C111	1752.753	0.021655	0.016718	0.004878	0.003658	0	Göçme
C112	1174.951	0.021177	0.01634	0.005284	0.003963	0	Göçme
C113	823.7945	0.022146	0.016056	0.006772	0.005079	0	Göçme
C114	1224.704	0.022187	0.016482	0.006465	0.004849	0	Göçme
C115	1227.559	0.021959	0.016494	0.006453	0.004839	0	Göçme
C116	808.0378	0.021377	0.016145	0.006898	0.005174	0	Göçme

5.3.3.3 Maksimum Tepe Yer Değiştirmeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen maksimum tepe yer değiştirme değerleri Tablo 5.15'te verilmiştir.

Tablo 5.15 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri

PEER No	Ux (m)	Uy (m)
552	-0.10501	0.124313
838	-0.33897	0.483539
897	-0.10923	-0.1516
1162	0.130427	-0.16445
1164	0.505064	-0.50254
1166	-0.35204	-0.34003
1620	-0.38918	0.602901
1626	-0.15866	-0.15641
1627	0.189855	0.161877

Tablo 5.15 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri (devamı)

4037	0.137987	-0.06616
4086	0.121837	0.131164
ORTALAMA	0.230751	0.262271

5.3.3.4 Bina Performans Durumu

Bina taşıyıcı sistemini oluşturan tüm kiriş ve kolon elemanların hangi hasar seviyelerinde oldukları Tablo 5.16 ve Tablo 5.17'de verilmiştir.

Tablo 5.16 0.1g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı

Kirişler	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	6	138	0	0
Oran	%4	%96	0	0

Tablo 5.17 0.1g eşik değeri ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı

Kolonlar	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	4	76	0	16
Oran	%4	%80	0	%16

Zemin kat kolonlarının tümünün göçmenin önlenmesi hasar seviyesini aşarak göçme durumuna geçmiş oldukları görülmektedir. Bu durumda bina performans açısından göçme durumundadır.

5.3.4 Anlamlı Süre Yöntemiyle Filtrelenmiş Kayıtlar İle Yapılan Analiz Sonuçları

Bu bölümde 11 deprem kaydının, anlamlı süre yöntemiyle belirlenen güçlü yer hareketi süresi kısmı ile yapılan analizden elde edilen sonuçlar verilmektedir.

5.3.4.1 Kirişlerde Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş 11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen θ_p plastik dönme taleplerinin ortalaması alınarak kiriş

elemanların dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.1.1'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Talep değerinin negatif olması, kiriş elemanda üst tarafta çekme olması durumuna karşılık gelmektedir. Elemanda üst tarafta çekme olması durumunda negatif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri, alt tarafta çekme olması durumunda ise pozitif moment etkisi altında hesaplanan sınır değerleri kullanılarak kıyaslama yapılmıştır.

Tablo 5.18 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	**Talep,θ_p (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
K101	-0.02592	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K102	-0.02602	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K103	-0.02587	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K104	-0.02817	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K105	-0.02824	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K106	-0.02816	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K107	-0.02805	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K108	-0.02811	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K109	-0.02803	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K110	-0.02553	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K111	-0.02563	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K112	-0.02549	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K113	-0.0308	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K114	-0.0304	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K115	-0.03033	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K116	-0.03364	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K117	-0.03327	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K118	-0.03319	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo 5.18 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri (devamı)

K119	-0.03351	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K120	-0.03315	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K121	-0.03305	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K122	-0.03033	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K123	-0.02989	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K124	-0.02981	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

5.3.4.2 Kolonlarda Oluşan Dönme Talepleri ve Eleman Hasar Seviyeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen X-X ve Y-Y doğrultuları plastik dönme taleplerinin ortalaması alınarak kolon elemanlara ait dönme talepleri elde edilmiştir. Elde edilen talep değerleri Bölüm 5.2.2'de hesaplanan plastik dönme sınır değerleri ile kıyaslanarak elemanların hasar seviyeleri tespit edilmiştir. Ayrıca çubuk elemanın her iki ucunda bulunan plastik mafsaldaki dönme değerleri incelenmiş ve en elverişsiz durum dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 5.19 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri

Eleman Adı	**P kN**	**θ_{x-x} rad**	**θ_{y-y} rad**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
C101	899.087	0.021776	0.017067	0.006228	0.004671	0	Göçme
C102	1256.168	0.021884	0.017528	0.006326	0.004744	0	Göçme
C103	1196.028	0.021863	0.017622	0.006592	0.004944	0	Göçme
C104	805.428	0.0215	0.017191	0.006919	0.00519	0	Göçme
C105	1223.936	0.021609	0.016883	0.005116	0.003837	0	Göçme
C106	1752.821	0.021887	0.017352	0.004878	0.003658	0	Göçme
C107	1752.218	0.021715	0.017329	0.004879	0.003659	0	Göçme
C108	1168.714	0.021243	0.016946	0.005305	0.003979	0	Göçme
C109	1171.751	0.021637	0.016739	0.005295	0.003971	0	Göçme

Tablo 5.19 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon eksenel yükleri, plastik dönme talepleri ve hasar seviyeleri (devamı)

C110	1752.621	0.021893	0.017226	0.004878	0.003659	0	Göçme
C111	1752.86	0.021681	0.017195	0.004878	0.003658	0	Göçme
C112	1164.181	0.021239	0.0168	0.005321	0.003991	0	Göçme
C113	824.1561	0.021992	0.016625	0.006769	0.005077	0	Göçme
C114	1226.759	0.022053	0.017082	0.006456	0.004842	0	Göçme
C115	1226.29	0.021933	0.017099	0.006458	0.004844	0	Göçme
C116	809.9991	0.021481	0.016757	0.006883	0.005162	0	Göçme

5.3.4.3 Maksimum Tepe Yer Değiştirmeleri

11 adet deprem ivme kaydı takımı ile yapılan analizin her birinden elde edilen maksimum tepe yer değiştirme değerleri Tablo 5.20'de verilmiştir.

Tablo 5.20 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri

PEER No	Ux (m)	Uy (m)
552	-0.10535	0.113894
838	-0.34392	0.481816
897	-0.10931	0.135642
1162	0.131663	-0.16624
1164	0.503504	-0.50216
1166	-0.35521	-0.33944
1620	-0.38928	0.601997
1626	-0.1479	-0.15758
1627	0.189699	0.161721
4037	0.137878	-0.06576
4086	-0.12953	-0.13118
ORTALAMA	0.231204	0.259766

5.3.4.4 Bina Performans Durumu

Bina taşıyıcı sistemini oluşturan tüm kiriş ve kolon elemanların hangi hasar seviyelerinde oldukları Tablo 5.21 ve Tablo 5.22'de verilmiştir.

Tablo 5.21 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş hasar bölgesi dağılımı

Kirişler	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	6	138	0	0
Oran	%4	%96	0	0

Tablo 5.22 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon hasar bölgesi dağılımı

Kolonlar	Sınırlı Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
Eleman Sayısı	4	76	0	16
Oran	%4	%80	0	%16

Zemin kat kolonlarının tümünün göçmenin önlenmesi hasar seviyesini aşarak göçme durumuna geçmiş oldukları görülmektedir. Bu durumda bina performans açısından göçme durumundadır.

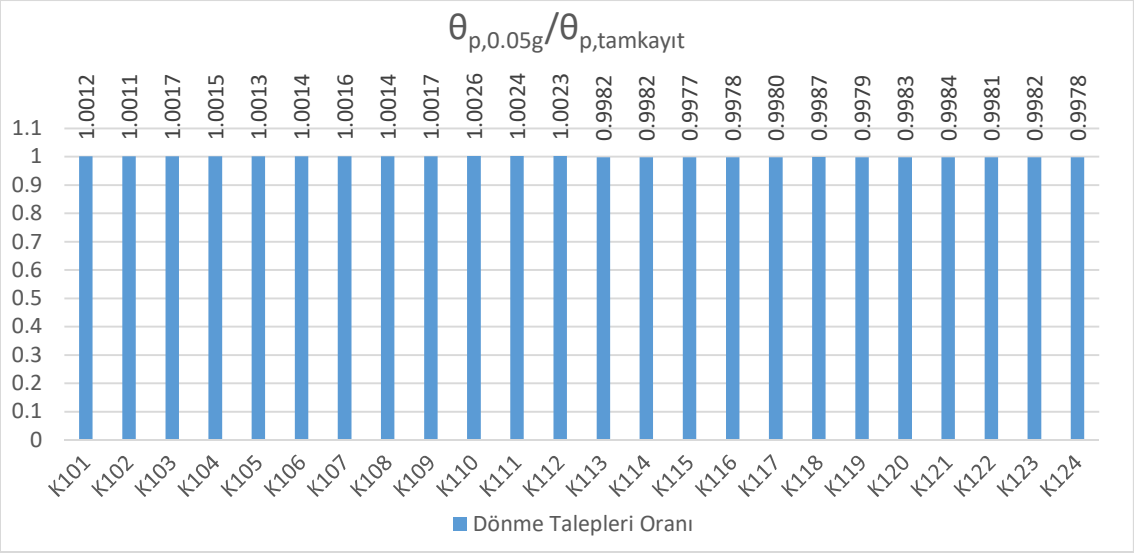
5.4 Sonuçların Karşılaştırılması

Yapılan analizler sonucunda, depremlerin yalnızca GYHS kısımları ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar ile depremlerin tam hali kullanılarak yapılan analizden elde edilen sonuçlar kıyaslandığında eleman hasar seviyeleri ve bina performans durumu açısından bir fark görülmemiştir.

Performans durumu açısından bir fark görülemediğinden depremlerin yalnızca GYHS kısımları ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçların depremleri tam haliyle yapılan analizden elde edilen sonuçlara yakınlığının belirlenebilmesi açısından depremlerin tam haliyle yapılan analizden elde edilen sonuçlar gerçek sonuçlar olarak kabul edilmiş ve yalnızca GYHS kısımları ile yapılan analizden elde edilen sonuçlar gerçek sonuçlara bölünerek gerçek değere yakınlık oranları belirlenmiştir.

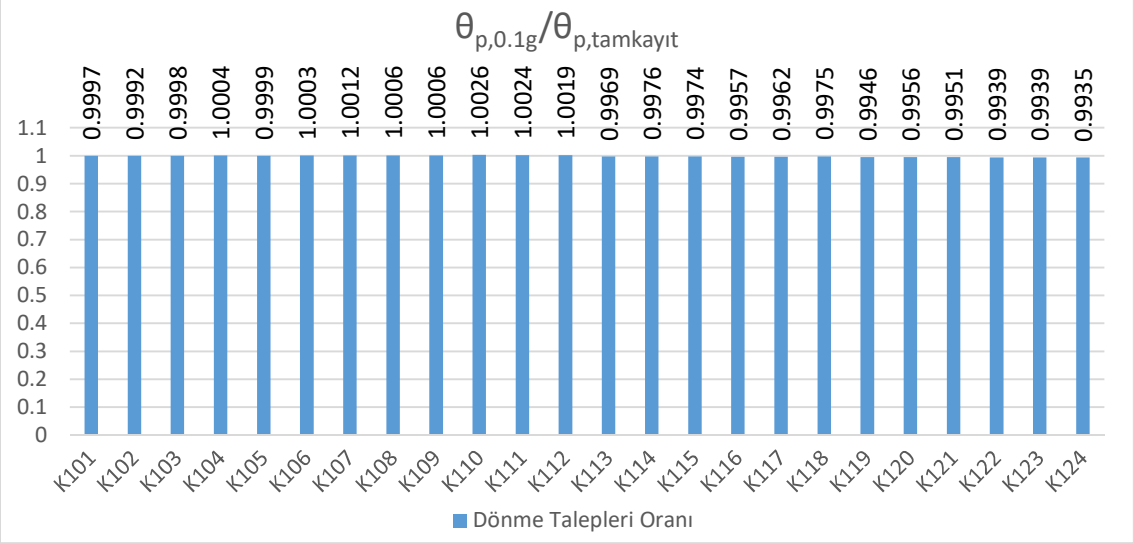
5.4.1 Kirişlerde Oluşan Dönme Taleplerinin Karşılaştırılması

0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen zemin kat kiriş plastik dönme taleplerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen plastik dönme taleplerine oranı Şekil 5.9'da verilmiştir.



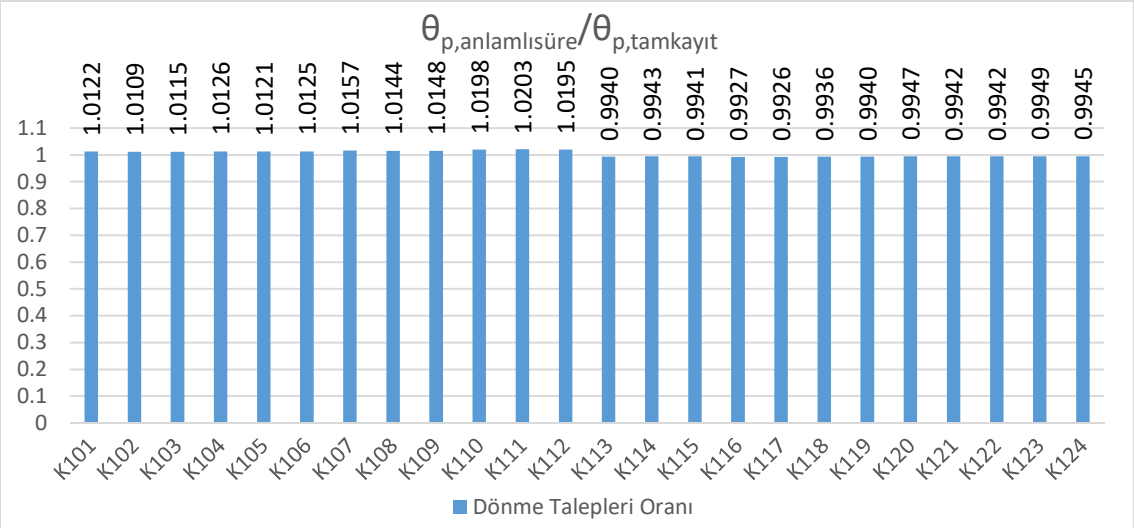
Şekil 5.9 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle depremlerin GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kirişlere ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı

Aynı şekilde, 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen zemin kat kiriş plastik dönme taleplerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen plastik dönme taleplerine oranı Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10 Kirişlerde 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle depremlerin GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kirişlere ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı

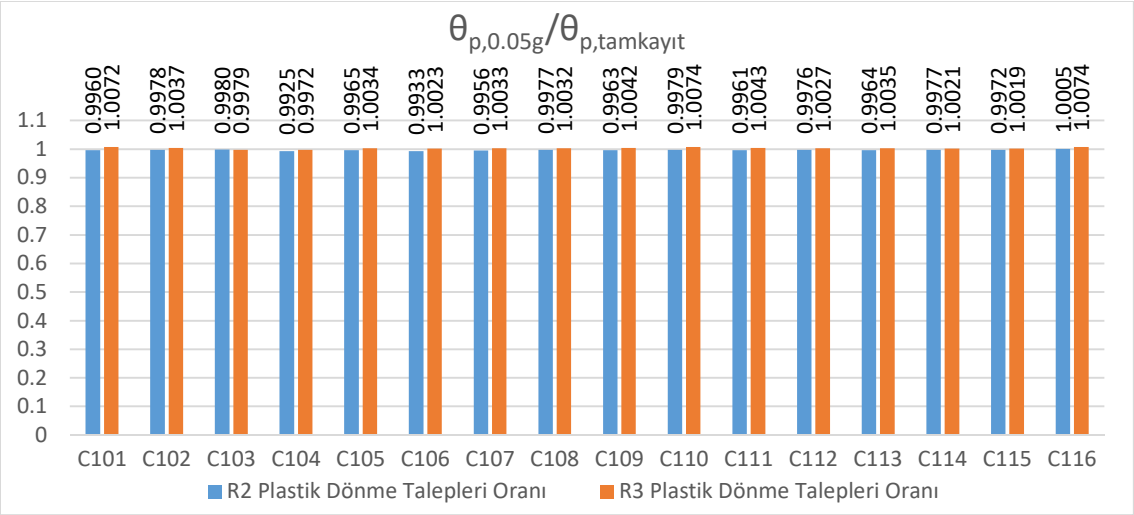
Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen zemin kat kiriş plastik dönme taleplerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen plastik dönme taleplerine oranı Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11 Anlamlı süre yöntemiyle depremlerin GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kirişlere ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı

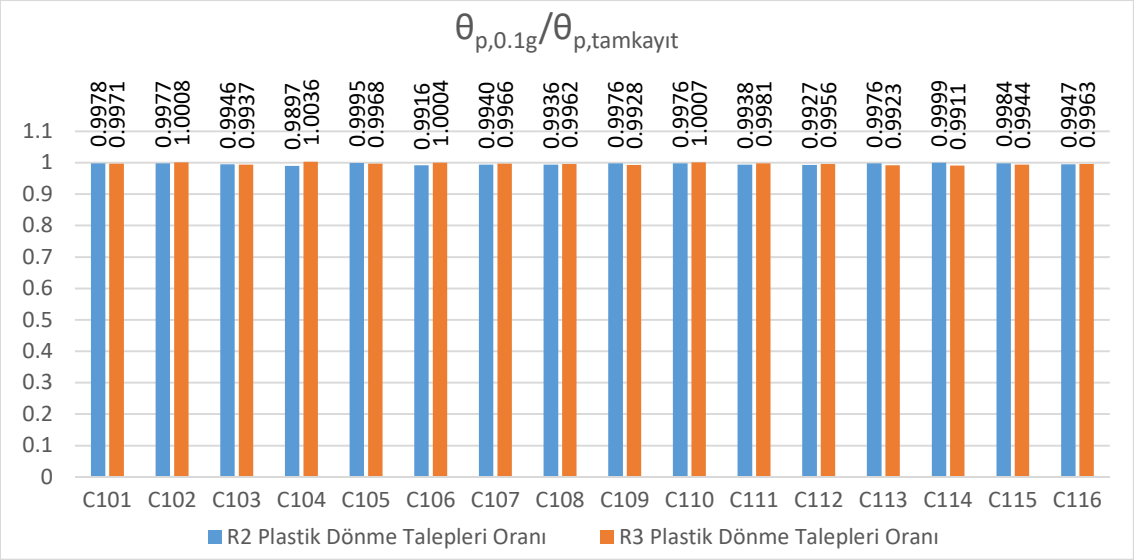
5.4.2 Kolonlarda Oluşan Dönme Taleplerinin Karşılaştırılması

0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen zemin kat kolon X-X ve Y-Y doğrultuları plastik dönme taleplerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen plastik dönme taleplerine oranı Şekil 5.12'de verilmiştir.



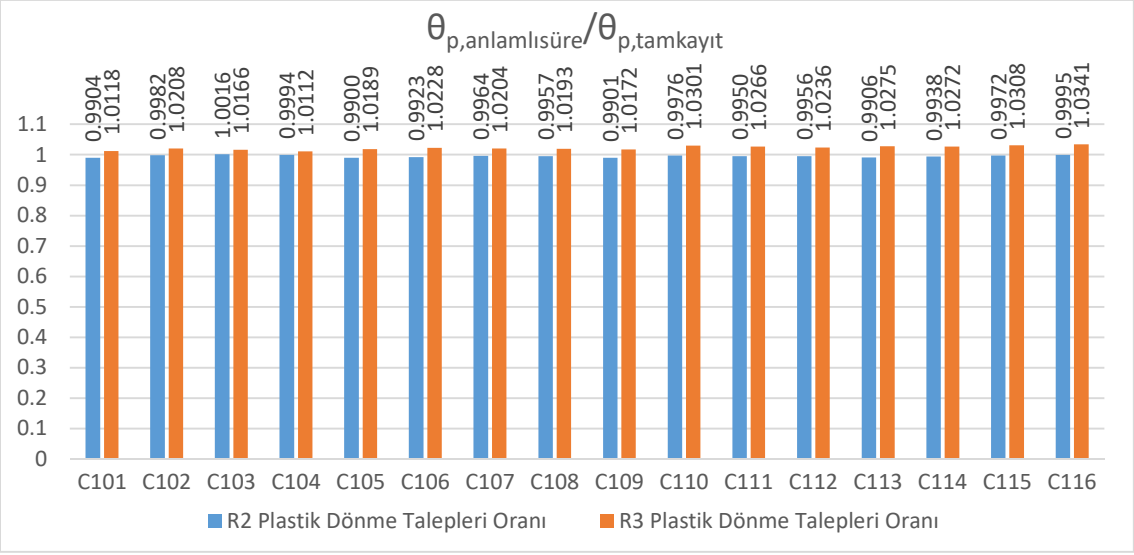
Şekil 5.12 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kolonlara ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı

0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen zemin kat kolon X-X ve Y-Y doğrultuları plastik dönme taleplerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen plastik dönme taleplerine oranı Şekil 5.13'te verilmiştir.



Şekil 5.13 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kolonara ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı

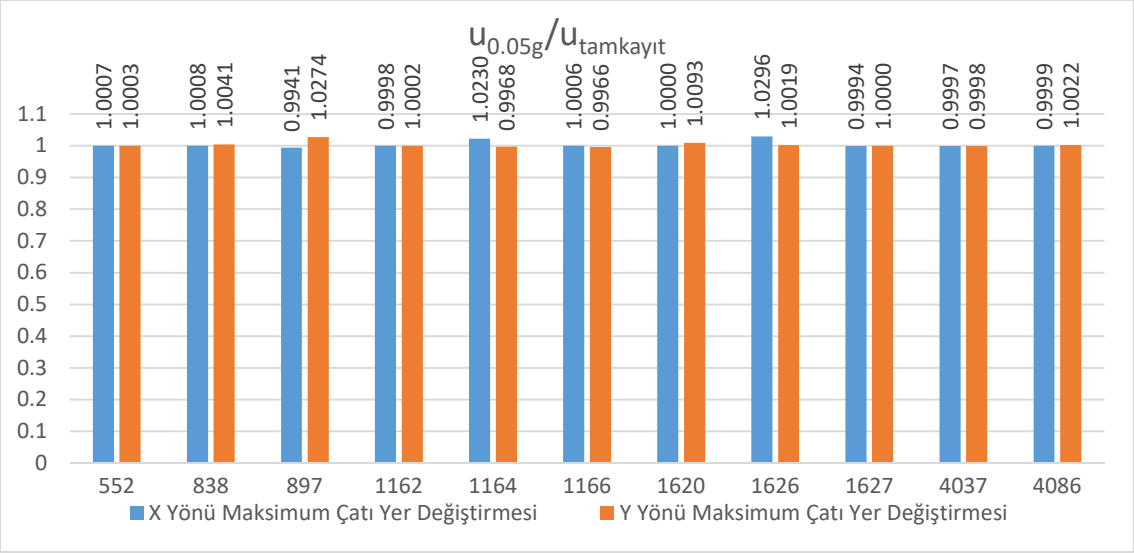
Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen zemin kat kolon X-X ve Y-Y doğrultuları plastik dönme taleplerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen plastik dönme taleplerine oranı Şekil 5.14'te verilmiştir.



Şekil 5.14 Anlamlı süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen kolonlara ait sonuçların gerçek sonuçlara oranı

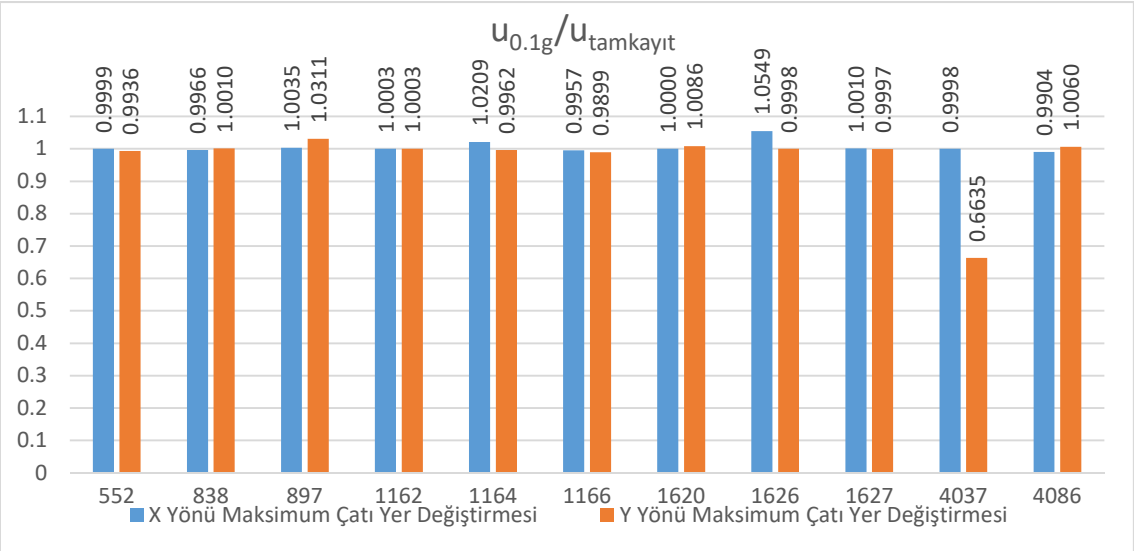
5.4.3 Maksimum Tepe Yer Değiştirmelerinin Karşılaştırılması

0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerine oranı Şekil 5.15'te verilmiştir.



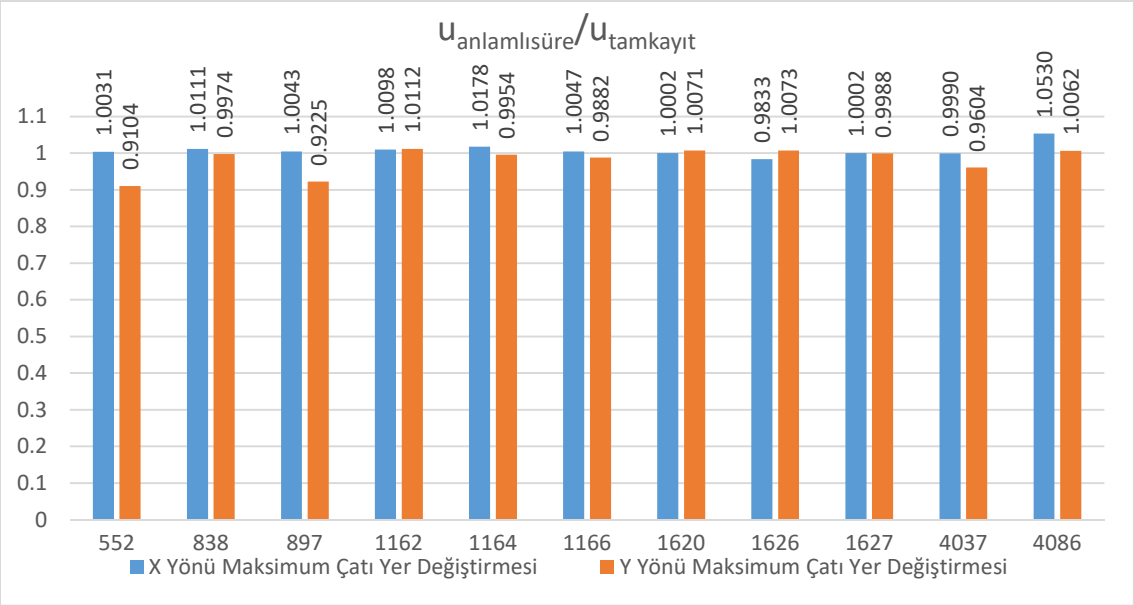
Şekil 5.15 0.05g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYH kısmı ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin gerçek sonuçlara oranı

0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerine oranı Şekil 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.16 0.1g eşik değeri için zarf süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin gerçek sonuçlara oranı

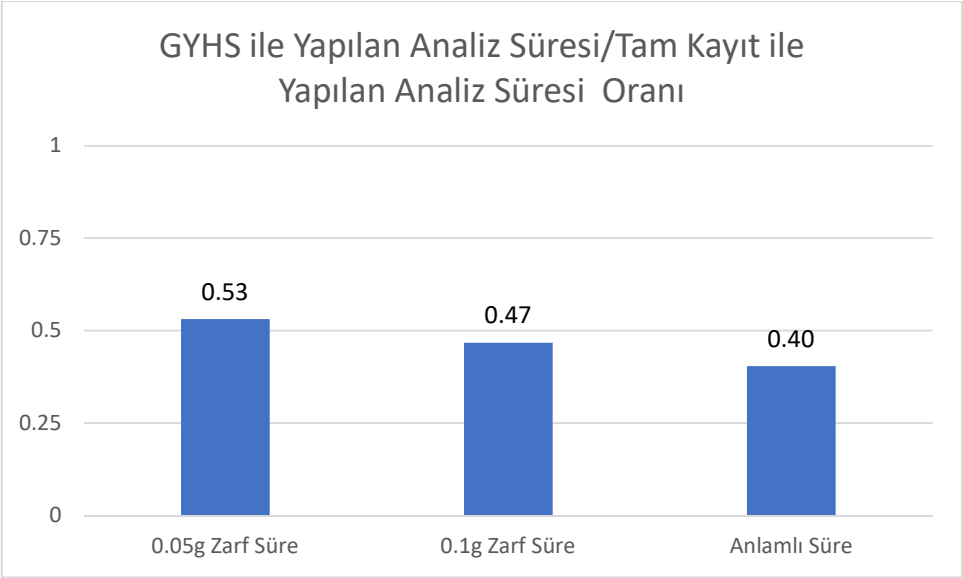
Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin, tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerine oranı Şekil 5.17'de verilmiştir.



Şekil 5.17 Anlamlı süre yöntemiyle belirlenen GYHS kısmı ile yapılan analizden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmelerinin gerçek sonuçlara oranı

5.5 Analiz Sürelerinin Değerlendirilmesi

Yapılan dört farklı analiz sonucunda analiz süreleri değerlendirildiğinde, tam kayıtlar kullanılarak yapılan analize kıyasla depremlerin yalnızca GYHS kısmı ile yapılan analizlerin sürelerinin yarı yarıya daha kısa oldukları tespit edilmiştir. Rijitlik matrisinin daha büyük olduğu kompleks yapılarda analiz süresinin yarı yarıya azalması büyük avantaj sağlayabilmektedir. Yalnızca GYHS kısımları ile yapılan analizlerin süresinin, tam kayıtlar ile yapılan analizlerin süresine oranı Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.18 GYHS kısmı ile yapılan analizlerin süresinin tam kayıtlar ile yapılan analizin süresine oranı

6
SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Sonuç

ZTADOA, mevcut bir binanın deprem performansının elde edilmesinde gerçeğe en yakın sonuçları verebilecek bir yöntem olarak kabul edilebilmektedir. Ancak, özellikle rijitlik matrisinin büyük olduğu sistemlerde analizin tamamlanabilmesi için geçen sürenin oldukça uzun olabildiği de bilinmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda ve bu tezin 3. Bölümü'nde açıklandığı üzere, bir depremin tümü yerine belirli bir kısmının hasara neden olduğu belirtilmiştir ve bu kısım "Güçlü Yer Hareketi" (GYH) olarak isimlendirilmektedir. GYH yaklaşımı, hasarın elde edilmesinde özellikle "Şekil Değiştirme Esaslı Yöntem" kullanıldığında bir anlam kazanmaktadır. Bu tezin ana amacı, ZTADOA sırasında bir yer hareketi ivme kaydının tümü yerine, herhangi bir güçlü yer hareketi tanımı ile elde edilen kısmının kullanılması durumunda elde edilecek eleman hasar seviyeleri ve bina performansının güvenilirliğinin incelenmesidir. Bu bağlamda, elde edilecek hasar seviyeleri ve bina performansının kabul edilebilir yakınlıkta olması durumunda, analiz süresi kısalacağından dolayı, yalnızca güçlü yer hareketi kısmının kullanılması yeterli olacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında, 6 katlı ve betonarme çerçevelerden oluşan bir binanın deprem performansı, TBDY-2018'de belirtilen esaslara göre ZTADOA kullanılarak elde edilmiştir. İlk etapta, seçilen 11 adet yer hareketi kaydı çifti bütün olarak etki ettirilmiş ve bina performansı elde edilmiştir. Ardından, 11 adet yer hareketi kaydı çiftinin 0.05g ve 0.1g eşik değerli Zarf Süre (Bracketed Duration) yaklaşımları ile elde edilen GYHS kısımları ve son olarak da Anlamlı Süre (Significant Duration) yaklaşımı ile elde edilen GYHS kısımları etki ettirilerek ZTADOA yapılmış ve bina performansı elde edilmiştir. Bina her iki ortogonal doğrultuda simetrik olduğundan dolayı yer hareketi kaydı bileşenleri 90^0 döndürülmemiş ve toplamda 44 adet ZTADOA yapılmıştır. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Maksimum tepe yer değiştirmeleri bazında değerlendirilme yapıldığında tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen en büyük tepe yerdeğiştirmelerinin

ortalaması X ve Y doğrultuları için sırasıyla 0.229 m ve 0.265 m 'dir. Depremlerin 0.05g eşik değerli Zarf Süre yöntemi için bu değerler 0.231 m ve 0.266 m olarak elde edilirken, 0.1g eşik değerli Zarf Süre yöntemi için 0.231 m ve 0.262 m'dir. Anlamlı Süre yöntemi için elde edilen X ve Y doğrultuları ortalama tepe yerdeğiştirmeleri 0.231 m ve 0.260 m olarak elde edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde kayıtların bütün olarak kullanılması yerine sadece GYH kısımlarının kullanılmasının, tepe yerdeğiştirmesi üzerinde önemsenecek bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

- Yalnızca GYH kısmı etki ettirildiğinde elde edilen kiriş ve kolon plastik dönme taleplerinin, kayıtların bütün olarak etki ettirildiğinde elde edilen plastik dönme taleplerine oranları incelendiğinde, en küçük oranın %95 olduğu görülmüştür. Elde edilen taleplerdeki bu farkların önemsenmeyecek derecede küçük olduğu ve bina performansı açısından ihmal edilebilecek düzeyde olduğu anlaşılmaktadır.
- Kayıtların bütün olarak kullanıldığı analiz sonucu elde edilen kiriş hasar seviyeleri ile yalnızca GYH kısımları kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen kiriş hasar seviyelerinin aynı olduğu elde edilmiştir.
- Kayıtların bütün olarak kullanıldığı analiz sonucu elde edilen kolon hasar seviyeleri ile yalnızca GYH kısımları kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen kolon hasar seviyelerinin aynı olduğu elde edilmiştir. Yapılan dört analizin tümünde de zemin katta bulunan 16 kolonun tamamının göçmenin önlenmesi sınır değerini aşarak göçme durumuna geçtiği gözlemlenmiştir.
- Yapılan analizlerde, kayıtların yalnızca GYH kısımlarının kullanılması durumundaki analiz süresinin, bütün olarak kullanılmaları durumundaki analiz sürelerine kıyasla yaklaşık yarı yarıya azaldığı görülmüştür. Bu kısalma oranı 0.05g eşik değerli Zarf Süre yöntemi için %53, 0.1g eşik değerli Zarf Süre yöntemi için %47 ve Anlamlı Süre yöntemi için ise %40 olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak, eleman hasarlarının ve bina performansının ZTADOA kullanılarak "Şekil Değiştirme Esaslı" bir yöntem ile elde edilmesi durumunda, seçilen yer hareketi kayıtlarının sisteme bütün olarak etki ettirilmesi yerine, yalnızca GYH kısmının etki ettirilmesi, elde edilecek hasar seviyeleri ve bina performansında herhangi bir değişikliğe sebep olmamaktadır. Dolayısıyla, analiz süresindeki neredeyse yarı yarıya olan dikkate değer kısalma göz önüne alındığında, yer hareketi kayıtlarının yalnızca

GYH kısımlarının etki ettirilmesi, performansa dayalı tasarımda güvenilir sonuçlar elde edebilmek için yeterli olacaktır. Ayrıca, elde edilen sonuçlara göre, analiz süresindeki en fazla kısalma %40'lık bir oranla "Anlamlı Süre" (Significant Duration) yöntemi ile elde edildiğinden, GYHS elde edilmesine bu yöntemin kullanılması daha etkin olacaktır.

6.2 Öneriler

Daha sistematik önerilerin yapılabilmesi adına, literatürde önerilen GYHS gruplandırmalarına göre seçilmiş daha fazla sayıda yer hareketi kayıtları için çalışmalar genişletilerek, kapsamlı analizlerin yapılması önerilmektedir. Ayrıca, bu tez çalışması kapsamında dikkate alınan zemin sınıfı ZC'dir. Dolayısıyla önerilen sonuçlar, ZC zemin sınıfı için geçerlidir. Gelecekte, farklı zemin sınıfları için de bu çalışmaların tekrarlanarak sonuçların değerlendirilmesi önerilmektedir. Son olarak, rijitlik matrisi büyük olan özellikle yoğun perdeli binalarda da bu çalışmalar tekrarlanarak, elde edilen sonuçların güvenilirliği gösterilmelidir.

KAYNAKÇA

[1] J. J. Bommer and A. Marytínezpereira, “The effective duration of earthquake strong motion,” J. Earthq. Eng., vol. 3, no. 2, pp. 127–172, 1999, doi: 10.1080/13632469909350343.

[2] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018.

[3] H. Özmen, Hayri; İnel, Mehmet; Bilgin, “Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi,” 2007.

[4] E. Özer, “Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizi Ders Notları,” 2009.

[5] K. Darılmaz, Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş. 2019.

[6] G. Wang, S. Zhang, C. Zhou, and W. lu, “Correlation between strong motion durations and damage measures of concrete gravity dams,” Soil Dyn. Earthq. Eng., vol. 69, pp. 148–162, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.soildyn.2014.11.001.

[7] Lee, Jongwon & Green, Russell. An empirical bracketed duration relation for stable continental regions of North America. Earthquakes and Structures. 2012. 3. 10.12989/eas.2012.3.1.001.

[8] Makarios, T. Design Characteristic value of the Arias intensity magnitude for artificial accelerograms compatible with Hellenic seismic hazard zones. 2015

[9] X. Wang, B. Xue, B. Xu, and R. Pang, “Role of strong motion duration on seismic responses of high concrete faced rockfill dams,” Structures, vol. 32, pp. 1092–1102, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.istruc.2021.03.092.

[10] H. Bolboli, A. Mahdavian, and M. Safi, “Using spectral matched records to explore earthquake duration effect on inelastic response of structure,” 2017.

[11] “Türkiye Deprem Tehlike Haritası İndeksi.” https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi?lang=en (accessed Sep. 03, 2021).

[12] “SAP2000.” Computer and Structures Inc., Berkeley, California.

[13] XTRACT. Cross Sectional Analysis of Structural Components, Imbsen Software System, Sacramento.

[14] “Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER).” https://ngawest2.berkeley.edu (accessed Sep. 07, 2021).

[15] “SeismoMatch.” Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Pavia, Italy.

[16] “MATLAB.” MathWorks. [Online]. Available: https://www.mathworks.com/products/matlab.html

[17] TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Şubat 2000.

[18] M. J.N. Priestley, “Displacement-Based Seismic Design of Structures.”

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. H. Alpay, Koyunoğlu; Muzaffer, Börekçi, “Depremlerin Güçlü Yer Hareketi Süresi Kısmının Betonarme Binaların Deprem Performansına Etkisi,” 2022.

EK-A

Tablo EK.A1 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri

Eleman Adı	Talep,θ_p (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
K201	-0.02620	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K202	-0.02638	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K203	-0.02619	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K204	-0.02834	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K205	-0.02850	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K206	-0.02833	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K207	-0.02814	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K208	-0.02828	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K209	-0.02810	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K210	-0.02554	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K211	-0.02575	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K212	-0.02555	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K213	-0.03136	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K214	-0.03089	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K215	-0.03072	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K216	-0.03415	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K217	-0.03371	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K218	-0.03353	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K219	-0.03391	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K220	-0.03347	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K221	-0.03326	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K222	-0.03064	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A1 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K223	-0.03015	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K224	-0.02997	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K301	-0.02621	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K302	-0.02474	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K303	-0.02454	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K304	-0.02665	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K305	-0.02680	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K306	-0.02664	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K307	-0.02635	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K308	-0.02654	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K309	-0.02638	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K310	-0.02369	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K311	-0.02388	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K312	-0.02378	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K313	-0.02811	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K314	-0.02792	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K315	-0.03013	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K316	-0.03079	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K317	-0.03076	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K318	-0.03120	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K319	-0.03056	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K320	-0.03052	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K321	-0.03097	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K322	-0.02741	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K323	-0.02723	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K324	-0.02773	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K401	-0.02442	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A1 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K402	-0.02127	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K403	-0.02115	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K404	-0.02337	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K405	-0.02350	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K406	-0.02340	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K407	-0.02317	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K408	-0.02334	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K409	-0.02323	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K410	-0.02066	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K411	-0.02084	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K412	-0.02075	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K413	-0.02439	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K414	-0.02387	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K415	-0.02733	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K416	-0.02709	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K417	-0.02666	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K418	-0.02676	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K419	-0.02688	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K420	-0.02644	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K421	-0.02659	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K422	-0.02370	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K423	-0.02315	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K424	-0.02344	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K501	-0.02045	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K502	-0.01730	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K503	-0.01727	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K504	-0.01968	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A1 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K505	-0.01981	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K506	-0.01982	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K507	-0.01962	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K508	-0.01979	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K509	-0.01978	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K510	-0.01705	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K511	-0.01724	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K512	-0.01723	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K513	-0.01879	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K514	-0.01835	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K515	-0.02180	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K516	-0.02120	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K517	-0.02089	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K518	-0.02095	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K519	-0.02104	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K520	-0.02071	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K521	-0.02088	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K522	-0.01828	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K523	-0.01783	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K524	-0.01826	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K601	-0.01623	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K602	-0.01467	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K603	-0.01440	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K604	-0.01678	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K605	-0.01673	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K606	-0.01645	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K607	-0.01671	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A1 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K608	-0.01671	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K609	-0.01645	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K610	-0.01449	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K611	-0.01458	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K612	-0.01433	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K613	-0.01456	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K614	-0.01371	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K615	-0.01576	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K616	-0.01836	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K617	-0.01764	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K618	-0.01810	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K619	-0.01822	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K620	-0.01752	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K621	-0.01808	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K622	-0.01412	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K623	-0.01325	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K624	-0.01408	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar

Tablo EK.A2 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon sonuç değerleri

Eleman Adı	**P kN**	**R_2 Rad**	**R_3 rad**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
C201	795.1973	0.001388	0.000862	0.007002	0.005251	0	Belirgin Hasar
C202	1104.477	0.001362	0.00093	0.006999	0.005249	0	Belirgin Hasar
C203	1051.058	0.001354	0.000971	0.007236	0.005427	0	Belirgin Hasar
C204	696.4445	0.001524	0.000923	0.007795	0.005847	0	Belirgin Hasar
C205	1042.847	0.001403	0.000912	0.005736	0.004302	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A2 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C206	1460.456	0.001412	0.000901	0.005592	0.004194	0	Belirgin Hasar
C207	1459.772	0.001365	0.000888	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C208	995.1719	0.001321	0.000841	0.005899	0.004424	0	Belirgin Hasar
C209	988.3919	0.001414	0.000921	0.005923	0.004442	0	Belirgin Hasar
C210	1459.866	0.001439	0.000878	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C211	1459.813	0.001432	0.000888	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C212	993.0445	0.001331	0.000826	0.005907	0.00443	0	Belirgin Hasar
C213	698.3017	0.001391	0.000864	0.00778	0.005835	0	Belirgin Hasar
C214	1052.597	0.00149	0.000878	0.007229	0.005422	0	Belirgin Hasar
C215	1051.905	0.001458	0.000878	0.007232	0.005424	0	Belirgin Hasar
C216	694.8143	0.001446	0.000855	0.007809	0.005856	0	Belirgin Hasar
C301	353.084	0.001314	0.001019	0.012655	0.009491	0	Belirgin Hasar
C202	611.0275	0.001513	0.001282	0.010519	0.007889	0	Belirgin Hasar
C303	557.6808	0.001571	0.001359	0.011101	0.008326	0	Belirgin Hasar
C304	242.4185	0.001563	0.001302	0.016062	0.012046	0	Belirgin Hasar
C305	591.316	0.001409	0.001085	0.008675	0.006506	0	Belirgin Hasar
C306	1137.417	0.001513	0.001284	0.006852	0.005139	0	Belirgin Hasar
C307	1134.735	0.001502	0.00128	0.006864	0.005148	0	Belirgin Hasar
C308	547.1116	0.001561	0.001152	0.009356	0.007017	0	Belirgin Hasar
C309	539.1819	0.001475	0.001084	0.009479	0.007109	0	Belirgin Hasar
C310	1137.526	0.001498	0.001244	0.006852	0.005139	0	Belirgin Hasar
C311	1135.903	0.001476	0.001236	0.006859	0.005144	0	Belirgin Hasar
C312	546.7601	0.001526	0.001114	0.009362	0.007021	0	Belirgin Hasar
C313	241.1085	0.001295	0.001014	0.016098	0.012074	0	Belirgin Hasar
C314	552.7798	0.001365	0.001153	0.011155	0.008366	0	Belirgin Hasar
C315	555.0185	0.00134	0.001149	0.01113	0.008348	0	Belirgin Hasar
C316	248.5165	0.001245	0.001055	0.015893	0.01192	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A2 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C401	273.0355	0.002206	0.001967	0.015073	0.011305	0	Belirgin Hasar
C402	460.0675	0.002396	0.002237	0.012168	0.009126	0	Belirgin Hasar
C403	416.2809	0.00244	0.002311	0.013127	0.009845	0	Belirgin Hasar
C404	178.7811	0.002344	0.002192	0.017826	0.01337	0	Belirgin Hasar
C405	444.304	0.002365	0.00192	0.010943	0.008207	0	Belirgin Hasar
C406	844.5907	0.002436	0.002115	0.008341	0.006255	0	Belirgin Hasar
C407	843.7285	0.002392	0.002097	0.008348	0.006261	0	Belirgin Hasar
C408	405.0956	0.002363	0.001917	0.011679	0.008759	0	Belirgin Hasar
C409	399.5177	0.002437	0.001967	0.011783	0.008837	0	Belirgin Hasar
C410	845.0273	0.002427	0.002081	0.008337	0.006252	0	Belirgin Hasar
C411	844.384	0.002374	0.002053	0.008342	0.006257	0	Belirgin Hasar
C412	405.5181	0.002343	0.001872	0.011671	0.008753	0	Belirgin Hasar
C413	175.7763	0.002352	0.001881	0.017909	0.013432	0	Belirgin Hasar
C414	412.8729	0.002352	0.002052	0.013216	0.009912	0	Belirgin Hasar
C415	414.2611	0.002296	0.002037	0.01318	0.009885	0	Belirgin Hasar
C416	183.3729	0.002139	0.001835	0.017699	0.013274	0	Belirgin Hasar
C501	310.6865	0.002414	0.001114	0.013643	0.010232	0	Belirgin Hasar
C502	416.6325	0.002506	0.001416	0.013118	0.009838	0	Belirgin Hasar
C503	390.7973	0.002487	0.001433	0.013795	0.010347	0	Belirgin Hasar
C504	261.2798	0.002237	0.001268	0.01552	0.01164	0	Belirgin Hasar
C505	399.8735	0.002612	0.001036	0.011777	0.008832	0	Belirgin Hasar
C506	564.6646	0.002596	0.001247	0.011025	0.008269	0	Belirgin Hasar
C507	564.474	0.002549	0.001247	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C508	377.9581	0.002385	0.001186	0.012188	0.009141	0	Belirgin Hasar
C509	373.5998	0.002695	0.000962	0.01227	0.009202	0	Belirgin Hasar
C510	564.5308	0.002607	0.00114	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C511	564.4784	0.002501	0.001137	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A2 Tam kayıtlar ile yapılan analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C512	378.1329	0.002355	0.001082	0.012185	0.009138	0	Belirgin Hasar
C513	260.9645	0.002521	0.000857	0.015532	0.011649	0	Belirgin Hasar
C514	389.1967	0.002518	0.001021	0.013837	0.010378	0	Belirgin Hasar
C515	388.3677	0.002454	0.000977	0.013859	0.010394	0	Belirgin Hasar
C516	255.5955	0.002227	0.00082	0.015696	0.011772	0	Belirgin Hasar
C601	138.4492	0.001027	7.96E-05	0.019246	0.014434	0	Belirgin Hasar
C602	156.1557	0	0	0.019038	0.014279	0	Sınırlı Hasar
C603	146.9914	0	0	0.019385	0.014539	0	Sınırlı Hasar
C604	122.2505	0.000828	0.000156	0.019827	0.01487	0	Belirgin Hasar
C605	187.0878	0.001623	0.000115	0.017596	0.013197	0	Belirgin Hasar
C606	272.7098	0.00037	0.000105	0.016081	0.012061	0	Belirgin Hasar
C607	272.6265	0.000352	0.000223	0.016082	0.012062	0	Belirgin Hasar
C608	181.7391	0.001483	0.000547	0.017744	0.013308	0	Belirgin Hasar
C609	178.3737	0.001517	0.000135	0.017837	0.013378	0	Belirgin Hasar
C610	272.7452	0.000344	0.000119	0.01608	0.01206	0	Belirgin Hasar
C611	272.6729	0.000318	0.000225	0.016081	0.012061	0	Belirgin Hasar
C612	129.8399	0.001505	0.000138	0.019554	0.014666	0	Belirgin Hasar
C613	53.505	0.000857	0.000255	0.023446	0.017584	0	Belirgin Hasar
C614	147.2078	0	0	0.019377	0.014533	0	Sınırlı Hasar
C615	147.5725	0	0	0.019363	0.014522	0	Sınırlı Hasar
C616	54.46591	0.000914	8.59E-06	0.023429	0.017572	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A3 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri

Eleman Adı	Talep,θ_p (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
K201	-0.02625	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K202	-0.02641	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K203	-0.02622	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K204	-0.02837	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K205	-0.02852	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K206	-0.02836	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K207	-0.02817	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K208	-0.02831	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K209	-0.02814	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K210	-0.02558	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K211	-0.02579	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K212	-0.02559	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K213	-0.03135	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K214	-0.03089	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K215	-0.03071	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K216	-0.03415	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K217	-0.03371	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K218	-0.03352	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K219	-0.03391	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K220	-0.03347	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K221	-0.03326	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K222	-0.03064	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K223	-0.03015	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K224	-0.02997	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K301	-0.02622	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A3 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K302	-0.02475	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K303	-0.02456	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K304	-0.02673	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K305	-0.02688	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K306	-0.02673	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K307	-0.0265	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K308	-0.02669	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K309	-0.02654	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K310	-0.0239	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K311	-0.0241	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K312	-0.024	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K313	-0.02817	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K314	-0.02806	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K315	-0.03027	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K316	-0.03085	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K317	-0.03088	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K318	-0.03133	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K319	-0.0306	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K320	-0.03064	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K321	-0.0311	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K322	-0.02742	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K323	-0.02735	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K324	-0.02785	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K401	-0.02438	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K402	-0.02124	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K403	-0.02112	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K404	-0.02336	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A3 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K405	-0.02349	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K406	-0.0234	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K407	-0.0232	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K408	-0.02339	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K409	-0.02327	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K410	-0.02074	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K411	-0.02092	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K412	-0.02084	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K413	-0.02437	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K414	-0.02387	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K415	-0.02746	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K416	-0.02712	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K417	-0.02668	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K418	-0.02689	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K419	-0.0269	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K420	-0.02646	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K421	-0.02673	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K422	-0.02372	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K423	-0.02316	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K424	-0.02358	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K501	-0.02047	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K502	-0.01732	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K503	-0.0173	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K504	-0.01971	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K505	-0.01984	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K506	-0.01984	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K507	-0.01966	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A3 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K508	-0.01984	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K509	-0.01983	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K510	-0.01712	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K511	-0.0173	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K512	-0.01729	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K513	-0.01892	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K514	-0.01848	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K515	-0.0217	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K516	-0.02136	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K517	-0.02102	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K518	-0.02085	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K519	-0.02121	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K520	-0.02085	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K521	-0.02077	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K522	-0.01842	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K523	-0.01797	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K524	-0.01816	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K601	-0.01625	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K602	-0.01468	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K603	-0.01441	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K604	-0.0168	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K605	-0.01678	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K606	-0.01649	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K607	-0.01674	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K608	-0.01675	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K609	-0.01648	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K610	-0.01454	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A3 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K611	-0.01463	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K612	-0.01438	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K613	-0.01465	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K614	-0.01379	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K615	-0.01573	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K616	-0.01848	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K617	-0.01775	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K618	-0.01801	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K619	-0.01834	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K620	-0.01763	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K621	-0.01799	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K622	-0.01421	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K623	-0.01333	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K624	-0.01405	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar

Tablo EK.A4 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri

Eleman Adı	**P kN**	**R_2 rad**	**R_3 rad**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
C201	795.153	0.001543	0.000952	0.007002	0.005251	0	Belirgin Hasar
C202	1104.729	0.00145	0.000903	0.006998	0.005248	0	Belirgin Hasar
C203	1051.264	0.001428	0.000926	0.007235	0.005426	0	Belirgin Hasar
C204	696.4965	0.001612	0.000909	0.007795	0.005846	0	Belirgin Hasar
C205	1041.849	0.001555	0.000969	0.00574	0.004305	0	Belirgin Hasar
C206	1460.442	0.001535	0.00095	0.005592	0.004194	0	Belirgin Hasar
C207	1459.793	0.001472	0.000934	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C208	994.9642	0.001414	0.000884	0.0059	0.004425	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A4 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C209	989.1878	0.001546	0.000971	0.00592	0.00444	0	Belirgin Hasar
C210	1459.856	0.001582	0.000935	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C211	1459.752	0.001547	0.000929	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C212	993.6091	0.00142	0.00086	0.005905	0.004429	0	Belirgin Hasar
C213	698.4555	0.001498	0.000892	0.007779	0.005834	0	Belirgin Hasar
C214	1052.873	0.001655	0.00093	0.007228	0.005421	0	Belirgin Hasar
C215	1052.249	0.001626	0.000934	0.00723	0.005423	0	Belirgin Hasar
C216	694.7493	0.00153	0.000901	0.007809	0.005857	0	Belirgin Hasar
C301	352.9776	0.001283	0.001048	0.012657	0.009492	0	Belirgin Hasar
C202	610.74	0.0015	0.001327	0.010522	0.007891	0	Belirgin Hasar
C303	557.3305	0.001557	0.001392	0.011105	0.008329	0	Belirgin Hasar
C304	242.3144	0.001546	0.001335	0.016065	0.012049	0	Belirgin Hasar
C305	590.7798	0.001396	0.001115	0.008683	0.006512	0	Belirgin Hasar
C306	1137.713	0.00147	0.001318	0.006851	0.005138	0	Belirgin Hasar
C307	1135.318	0.001475	0.001312	0.006862	0.005146	0	Belirgin Hasar
C308	546.7181	0.001544	0.001192	0.009362	0.007022	0	Belirgin Hasar
C309	539.0967	0.001464	0.001126	0.00948	0.00711	0	Belirgin Hasar
C310	1137.762	0.001452	0.001278	0.006851	0.005138	0	Belirgin Hasar
C311	1136.219	0.001452	0.001274	0.006858	0.005143	0	Belirgin Hasar
C312	546.2532	0.00151	0.00116	0.00937	0.007027	0	Belirgin Hasar
C313	240.9565	0.00126	0.001036	0.016102	0.012077	0	Belirgin Hasar
C314	552.6604	0.001319	0.001188	0.011156	0.008367	0	Belirgin Hasar
C315	555.1472	0.001299	0.001186	0.011129	0.008347	0	Belirgin Hasar
C316	248.2971	0.001233	0.001084	0.015899	0.011924	0	Belirgin Hasar
C401	272.9651	0.002187	0.001972	0.015076	0.011307	0	Belirgin Hasar
C402	459.7666	0.002377	0.002238	0.012171	0.009128	0	Belirgin Hasar
C403	416.009	0.002417	0.002317	0.013134	0.009851	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A4 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C404	178.7889	0.002327	0.002195	0.017826	0.013369	0	Belirgin Hasar
C405	443.4368	0.002339	0.001936	0.010959	0.008219	0	Belirgin Hasar
C406	844.1265	0.002416	0.002118	0.008345	0.006259	0	Belirgin Hasar
C407	843.6842	0.002369	0.002104	0.008349	0.006262	0	Belirgin Hasar
C408	404.9742	0.002347	0.001929	0.011681	0.008761	0	Belirgin Hasar
C409	398.9468	0.002417	0.001985	0.011794	0.008845	0	Belirgin Hasar
C410	844.4455	0.002408	0.002083	0.008342	0.006256	0	Belirgin Hasar
C411	844.9021	0.002355	0.002064	0.008338	0.006253	0	Belirgin Hasar
C412	405.2527	0.002326	0.001884	0.011676	0.008757	0	Belirgin Hasar
C413	175.5885	0.002335	0.001889	0.017915	0.013436	0	Belirgin Hasar
C414	413.0915	0.002337	0.002067	0.013211	0.009908	0	Belirgin Hasar
C415	414.2096	0.002276	0.002044	0.013181	0.009886	0	Belirgin Hasar
C416	183.0935	0.002125	0.001842	0.017707	0.01328	0	Belirgin Hasar
C501	310.6821	0.002642	0.001095	0.013643	0.010232	0	Belirgin Hasar
C502	416.4724	0.002735	0.001389	0.013122	0.009842	0	Belirgin Hasar
C503	390.4741	0.00273	0.001409	0.013804	0.010353	0	Belirgin Hasar
C504	261.2593	0.002479	0.001249	0.01552	0.01164	0	Belirgin Hasar
C505	399.844	0.002831	0.001052	0.011777	0.008833	0	Belirgin Hasar
C506	564.6662	0.002834	0.001264	0.011025	0.008269	0	Belirgin Hasar
C507	564.4783	0.002772	0.001244	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C508	377.9225	0.002602	0.001195	0.012188	0.009141	0	Belirgin Hasar
C509	373.7215	0.002935	0.00101	0.012267	0.0092	0	Belirgin Hasar
C510	564.5339	0.002835	0.001191	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C511	564.46	0.002749	0.001162	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C512	378.1483	0.002585	0.001114	0.012184	0.009138	0	Belirgin Hasar
C513	261.0377	0.002753	0.000923	0.015529	0.011647	0	Belirgin Hasar
C514	391.3713	0.002788	0.001072	0.01378	0.010335	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A4 0.05g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C515	390.8964	0.002729	0.001041	0.013793	0.010345	0	Belirgin Hasar
C516	255.5528	0.002457	0.000868	0.015698	0.011773	0	Belirgin Hasar
C601	138.4648	0.000951	7.47E-05	0.019245	0.014434	0	Belirgin Hasar
C602	156.0754	0	0	0.019041	0.014281	0	Sınırlı Hasar
C603	146.8776	0	0	0.01939	0.014542	0	Sınırlı Hasar
C604	122.3466	0.000765	0.000151	0.019823	0.014867	0	Belirgin Hasar
C605	187.1034	0.001541	0.000107	0.017595	0.013197	0	Belirgin Hasar
C606	272.7445	0.000335	0.000106	0.01608	0.01206	0	Belirgin Hasar
C607	272.6255	0.000318	0.000207	0.016082	0.012062	0	Belirgin Hasar
C608	181.7562	0.001412	0.000537	0.017744	0.013308	0	Belirgin Hasar
C609	126.6564	0.001554	0.000724	0.019669	0.014751	0	Belirgin Hasar
C610	272.7295	0.000306	0.000124	0.01608	0.01206	0	Belirgin Hasar
C611	272.6628	0.000285	0.000228	0.016082	0.012061	0	Belirgin Hasar
C612	129.7822	0.001544	0.000142	0.019556	0.014667	0	Belirgin Hasar
C613	53.51236	0.000896	0.000271	0.023446	0.017584	0	Belirgin Hasar
C614	147.2812	0	0	0.019374	0.014531	0	Sınırlı Hasar
C615	147.6393	0	0	0.019361	0.014521	0	Sınırlı Hasar
C616	54.45427	0.000946	1.21E-05	0.023429	0.017572	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A5 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri

Eleman Adı	Talep,θ_p (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
K201	-0.02618	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K202	-0.02635	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K203	-0.02616	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K204	-0.02832	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K205	-0.02848	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K206	-0.0283	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K207	-0.02813	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K208	-0.02828	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K209	-0.02811	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K210	-0.02557	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K211	-0.02577	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K212	-0.02557	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K213	-0.03111	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K214	-0.03064	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K215	-0.03047	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K216	-0.03391	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K217	-0.03347	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K218	-0.03328	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K219	-0.03365	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K220	-0.03321	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K221	-0.033	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K222	-0.03034	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K223	-0.02985	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K224	-0.02967	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K301	-0.02622	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A5 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K302	-0.02474	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K303	-0.02456	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K304	-0.02671	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K305	-0.02686	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K306	-0.02671	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K307	-0.02647	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K308	-0.02666	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K309	-0.02652	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K310	-0.02385	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K311	-0.02406	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K312	-0.02396	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K313	-0.02794	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K314	-0.02787	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K315	-0.0301	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K316	-0.03061	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K317	-0.03072	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K318	-0.03118	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K319	-0.03035	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K320	-0.03049	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K321	-0.03095	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K322	-0.02715	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K323	-0.02719	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K324	-0.02769	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K401	-0.0244	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K402	-0.02126	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K403	-0.02114	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K404	-0.02337	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A5 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K405	-0.0235	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K406	-0.02341	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K407	-0.0232	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K408	-0.02338	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K409	-0.02329	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K410	-0.02072	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K411	-0.0209	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K412	-0.02082	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K413	-0.02431	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K414	-0.02378	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K415	-0.02737	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K416	-0.02702	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K417	-0.02657	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K418	-0.02679	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K419	-0.02679	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K420	-0.02634	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K421	-0.02662	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K422	-0.0236	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K423	-0.02303	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K424	-0.02347	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K501	-0.02047	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K502	-0.01732	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K503	-0.01729	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K504	-0.01969	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K505	-0.01983	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K506	-0.01982	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K507	-0.01963	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A5 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K508	-0.01981	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K509	-0.01981	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K510	-0.01707	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K511	-0.01726	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K512	-0.01725	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K513	-0.01891	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K514	-0.01846	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K515	-0.02167	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K516	-0.02135	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K517	-0.02101	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K518	-0.02082	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K519	-0.02119	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K520	-0.02083	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K521	-0.02075	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K522	-0.01839	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K523	-0.01794	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K524	-0.01814	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K601	-0.01623	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K602	-0.01467	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K603	-0.01439	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K604	-0.01678	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K605	-0.01675	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K606	-0.01647	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K607	-0.01671	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K608	-0.01672	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K609	-0.01645	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K610	-0.0145	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A5 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K611	-0.01459	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K612	-0.01433	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K613	-0.01463	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K614	-0.01377	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K615	-0.01573	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K616	-0.01846	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K617	-0.01773	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K618	-0.01798	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K619	-0.01831	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K620	-0.0176	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K621	-0.01796	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K622	-0.01418	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K623	-0.01331	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K624	-0.01403	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar

Tablo EK.A6 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri

Eleman Adı	**P kN**	**R_2 rad**	**R_3 rad**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
C201	795.1664	0.001336	0.000855	0.007002	0.005251	0	Belirgin Hasar
C202	1103.96	0.001277	0.000989	0.007001	0.005251	0	Belirgin Hasar
C203	1050.292	0.00126	0.000978	0.007239	0.005429	0	Belirgin Hasar
C204	695.8187	0.001441	0.000925	0.0078	0.00585	0	Belirgin Hasar
C205	1042.814	0.001309	0.000899	0.005736	0.004302	0	Belirgin Hasar
C206	1460.362	0.001316	0.000896	0.005592	0.004194	0	Belirgin Hasar
C207	1459.83	0.001299	0.000896	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C208	994.4745	0.001251	0.00083	0.005902	0.004426	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A6 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C209	989.3306	0.001316	0.000865	0.005919	0.004439	0	Belirgin Hasar
C210	1459.87	0.001401	0.000879	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C211	1459.773	0.001323	0.000864	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C212	994.127	0.001237	0.000813	0.005903	0.004427	0	Belirgin Hasar
C213	697.7095	0.001364	0.000869	0.007785	0.005839	0	Belirgin Hasar
C214	1051.457	0.001443	0.00092	0.007234	0.005425	0	Belirgin Hasar
C215	1050.943	0.001399	0.000894	0.007236	0.005427	0	Belirgin Hasar
C216	694.8465	0.001337	0.000834	0.007808	0.005856	0	Belirgin Hasar
C301	352.9259	0.001264	0.001024	0.012658	0.009493	0	Belirgin Hasar
C202	611.2977	0.001479	0.001302	0.010516	0.007887	0	Belirgin Hasar
C303	558.2372	0.001549	0.001359	0.011095	0.008321	0	Belirgin Hasar
C304	242.4706	0.001529	0.001305	0.01606	0.012045	0	Belirgin Hasar
C305	591.6319	0.001378	0.0011	0.00867	0.006503	0	Belirgin Hasar
C306	1137.746	0.00145	0.001296	0.006851	0.005138	0	Belirgin Hasar
C307	1135.034	0.001455	0.001292	0.006863	0.005147	0	Belirgin Hasar
C308	546.6636	0.001522	0.001164	0.009363	0.007022	0	Belirgin Hasar
C309	539.1037	0.001445	0.00111	0.00948	0.00711	0	Belirgin Hasar
C310	1137.763	0.001439	0.001259	0.006851	0.005138	0	Belirgin Hasar
C311	1136.531	0.00143	0.001248	0.006856	0.005142	0	Belirgin Hasar
C312	546.4448	0.001487	0.001137	0.009367	0.007025	0	Belirgin Hasar
C313	241.1856	0.00125	0.001021	0.016096	0.012072	0	Belirgin Hasar
C314	554.2244	0.001318	0.001169	0.011139	0.008354	0	Belirgin Hasar
C315	555.2262	0.001286	0.001171	0.011128	0.008346	0	Belirgin Hasar
C316	248.1315	0.001218	0.001064	0.015903	0.011928	0	Belirgin Hasar
C401	273.0362	0.002186	0.001964	0.015073	0.011305	0	Belirgin Hasar
C402	459.8429	0.002369	0.002228	0.01217	0.009128	0	Belirgin Hasar
C403	416.0524	0.002411	0.002307	0.013133	0.00985	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A6 0.1g ile zarf süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C404	178.7859	0.002317	0.002183	0.017826	0.013369	0	Belirgin Hasar
C405	444.2022	0.002339	0.001924	0.010945	0.008209	0	Belirgin Hasar
C406	845.692	0.00241	0.002112	0.008331	0.006248	0	Belirgin Hasar
C407	842.9274	0.002357	0.002096	0.008356	0.006267	0	Belirgin Hasar
C408	404.9234	0.002329	0.001915	0.011682	0.008761	0	Belirgin Hasar
C409	398.9398	0.002412	0.001969	0.011794	0.008846	0	Belirgin Hasar
C410	845.6657	0.002398	0.002077	0.008331	0.006248	0	Belirgin Hasar
C411	845.7916	0.002343	0.002047	0.00833	0.006247	0	Belirgin Hasar
C412	405.1787	0.002309	0.001868	0.011677	0.008758	0	Belirgin Hasar
C413	175.7291	0.002332	0.001875	0.017911	0.013433	0	Belirgin Hasar
C414	412.8897	0.00232	0.002047	0.013216	0.009912	0	Belirgin Hasar
C415	414.5818	0.002266	0.002028	0.013172	0.009879	0	Belirgin Hasar
C416	183.1552	0.002107	0.001823	0.017705	0.013279	0	Belirgin Hasar
C501	310.6495	0.002655	0.001114	0.013644	0.010233	0	Belirgin Hasar
C502	416.7712	0.002747	0.001405	0.013114	0.009836	0	Belirgin Hasar
C503	390.6488	0.002735	0.001423	0.013799	0.010349	0	Belirgin Hasar
C504	261.2205	0.002482	0.001262	0.015522	0.011641	0	Belirgin Hasar
C505	399.9735	0.002846	0.001052	0.011775	0.008831	0	Belirgin Hasar
C506	564.6685	0.002844	0.00127	0.011025	0.008269	0	Belirgin Hasar
C507	564.4784	0.002783	0.001259	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C508	377.8945	0.002612	0.001199	0.012189	0.009142	0	Belirgin Hasar
C509	373.793	0.002938	0.001	0.012266	0.009199	0	Belirgin Hasar
C510	564.5173	0.002844	0.001186	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C511	564.4583	0.002795	0.001177	0.011027	0.008271	0	Belirgin Hasar
C512	378.2015	0.002603	0.00113	0.012183	0.009137	0	Belirgin Hasar
C513	261.0068	0.002782	0.000931	0.01553	0.011647	0	Belirgin Hasar
C514	391.2475	0.002808	0.001068	0.013784	0.010338	0	Belirgin Hasar

C515	390.8284	0.002752	0.001041	0.013795	0.010346	0	Belirgin Hasar
C516	255.5369	0.002474	0.000878	0.015698	0.011774	0	Belirgin Hasar
C601	138.4331	0.000932	7.45E-05	0.019246	0.014435	0	Belirgin Hasar
C602	156.0744	0	0	0.019041	0.014281	0	Sınırlı Hasar
C603	146.8955	0	0	0.019389	0.014542	0	Sınırlı Hasar
C604	122.3657	0.000745	0.000149	0.019823	0.014867	0	Belirgin Hasar
C605	187.1463	0.001518	0.000107	0.017594	0.013196	0	Belirgin Hasar
C606	272.7285	0.000327	0.000101	0.01608	0.01206	0	Belirgin Hasar
C607	272.6241	0.000312	0.000207	0.016082	0.012062	0	Belirgin Hasar
C608	181.6308	0.001396	0.000545	0.017747	0.01331	0	Belirgin Hasar
C609	126.5633	0.001577	0.000723	0.019672	0.014754	0	Belirgin Hasar
C610	272.7094	0.000296	0.000116	0.016081	0.012061	0	Belirgin Hasar
C611	272.6584	0.000279	0.000221	0.016082	0.012061	0	Belirgin Hasar
C612	130.0322	0.001551	0.000145	0.019548	0.014661	0	Belirgin Hasar
C613	53.561	0.000908	0.000274	0.023445	0.017584	0	Belirgin Hasar
C614	147.3021	0	0	0.019373	0.01453	0	Sınırlı Hasar
C615	147.6511	0	0	0.01936	0.01452	0	Sınırlı Hasar
C616	54.45091	0.000951	9.82E-06	0.023429	0.017572	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A7 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri

Eleman Adı	Talep,θ_p (rad)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	Hasar Seviyesi
K201	-0.02639	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K202	-0.02656	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K203	-0.02637	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K204	-0.02854	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K205	-0.02871	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K206	-0.02854	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K207	-0.02837	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K208	-0.02853	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K209	-0.02835	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K210	-0.02584	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K211	-0.02603	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K212	-0.02584	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K213	-0.03119	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K214	-0.03072	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K215	-0.03055	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K216	-0.03402	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K217	-0.03357	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K218	-0.03338	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K219	-0.03376	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K220	-0.03331	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K221	-0.03311	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K222	-0.03043	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K223	-0.02994	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K224	-0.02976	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K301	-0.02529	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A7 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K302	-0.02378	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K303	-0.02363	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K304	-0.02577	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K305	-0.02591	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K306	-0.02578	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K307	-0.02552	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K308	-0.0257	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K309	-0.02557	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K310	-0.02289	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K311	-0.02308	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K312	-0.02299	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K313	-0.02779	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K314	-0.02761	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K315	-0.02984	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K316	-0.03048	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K317	-0.03044	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K318	-0.0309	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K319	-0.03025	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K320	-0.03019	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K321	-0.03065	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K322	-0.02707	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K323	-0.02689	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K324	-0.02739	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K401	-0.02302	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K402	-0.01985	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K403	-0.01978	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K404	-0.02204	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A7 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K405	-0.02216	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K406	-0.0221	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K407	-0.02188	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K408	-0.02204	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K409	-0.02199	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K410	-0.01938	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K411	-0.01954	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K412	-0.01947	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K413	-0.02403	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K414	-0.02351	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K415	-0.02715	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K416	-0.02675	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K417	-0.02631	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K418	-0.02658	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K419	-0.02654	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K420	-0.0261	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K421	-0.02641	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K422	-0.02338	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K423	-0.02282	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K424	-0.02327	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K501	-0.01925	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K502	-0.01608	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K503	-0.01606	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K504	-0.01843	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K505	-0.01855	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K506	-0.01858	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K507	-0.01834	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A7 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K508	-0.0185	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K509	-0.01853	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K510	-0.01576	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K511	-0.01592	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K512	-0.01593	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K513	-0.01856	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K514	-0.01812	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K515	-0.02185	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K516	-0.02098	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K517	-0.02067	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K518	-0.02102	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K519	-0.02081	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K520	-0.0206	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K521	-0.02096	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K522	-0.01804	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K523	-0.01787	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K524	-0.01833	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K601	-0.01499	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K602	-0.01342	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K603	-0.01317	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K604	-0.01555	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K605	-0.01554	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K606	-0.01531	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K607	-0.01546	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K608	-0.01549	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K609	-0.01527	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K610	-0.01314	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A7 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kiriş sonuç değerleri (devamı)

K611	-0.01322	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K612	-0.01301	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K613	-0.01441	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K614	-0.01356	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K615	-0.01579	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K616	-0.01818	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K617	-0.01747	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K618	-0.01818	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K619	-0.01804	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K620	-0.01735	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K621	-0.01817	0.0557	0.0417	0	Belirgin Hasar
K622	-0.01393	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K623	-0.0132	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar
K624	-0.01412	0.0557	0.0417	0	Sınırlı Hasar

Tablo EK.A8 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri

Eleman Adı	**P kN**	**R_2 rad**	**R_3 rad**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**Hasar Seviyesi**
C201	791.0805	0.00149	0.000802	0.007035	0.005276	0	Belirgin Hasar
C202	1103.225	0.00138	0.000818	0.007004	0.005253	0	Belirgin Hasar
C203	1050.02	0.001308	0.000783	0.00724	0.00543	0	Belirgin Hasar
C204	695.761	0.001661	0.000746	0.007801	0.005851	0	Belirgin Hasar
C205	1041.771	0.00148	0.00086	0.00574	0.004305	0	Belirgin Hasar
C206	1460.173	0.00153	0.000879	0.005592	0.004194	0	Belirgin Hasar
C207	1459.765	0.001472	0.000859	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C208	992.8797	0.001499	0.000804	0.005907	0.00443	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A8 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C209	987.822	0.001481	0.000866	0.005924	0.004443	0	Belirgin Hasar
C210	1459.927	0.00157	0.000876	0.005593	0.004195	0	Belirgin Hasar
C211	1459.709	0.001541	0.000871	0.005594	0.004195	0	Belirgin Hasar
C212	991.8903	0.00149	0.000804	0.005911	0.004433	0	Belirgin Hasar
C213	696.3991	0.001459	0.000865	0.007796	0.005847	0	Belirgin Hasar
C214	1049.939	0.001641	0.000878	0.007241	0.00543	0	Belirgin Hasar
C215	1049.399	0.001519	0.000859	0.007243	0.005432	0	Belirgin Hasar
C216	693.4636	0.001597	0.000821	0.007819	0.005865	0	Belirgin Hasar
C301	354.4911	0.001289	0.00106	0.012628	0.009471	0	Belirgin Hasar
C202	612.4027	0.001485	0.001346	0.010503	0.007878	0	Belirgin Hasar
C303	559.4895	0.001556	0.001396	0.011082	0.008311	0	Belirgin Hasar
C304	242.6939	0.001547	0.001336	0.016054	0.012041	0	Belirgin Hasar
C305	596.8907	0.0014	0.001143	0.008596	0.006447	0	Belirgin Hasar
C306	1137.676	0.001481	0.001337	0.006851	0.005139	0	Belirgin Hasar
C307	1136.928	0.001466	0.001335	0.006855	0.005141	0	Belirgin Hasar
C308	548.7517	0.001537	0.001206	0.009331	0.006998	0	Belirgin Hasar
C309	543.9275	0.001468	0.001163	0.009405	0.007054	0	Belirgin Hasar
C310	1138.136	0.001479	0.001311	0.006849	0.005137	0	Belirgin Hasar
C311	1138.316	0.001452	0.001305	0.006849	0.005136	0	Belirgin Hasar
C312	548.7696	0.001505	0.001176	0.009331	0.006998	0	Belirgin Hasar
C313	241.9743	0.001266	0.001093	0.016074	0.012056	0	Belirgin Hasar
C314	555.0953	0.001341	0.001234	0.01113	0.008347	0	Belirgin Hasar
C315	554.8054	0.001328	0.001225	0.011133	0.00835	0	Belirgin Hasar
C316	249.5295	0.001232	0.001122	0.015865	0.011899	0	Belirgin Hasar
C401	274.0812	0.002175	0.001987	0.015033	0.011275	0	Belirgin Hasar
C402	460.3148	0.002368	0.002261	0.012165	0.009124	0	Belirgin Hasar
C403	417.3072	0.002419	0.00233	0.0131	0.009825	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A8 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C404	178.6496	0.002334	0.00221	0.01783	0.013372	0	Belirgin Hasar
C405	614.9875	0.002342	0.001475	0.00845	0.006338	0	Belirgin Hasar
C406	843.561	0.002409	0.002146	0.00835	0.006262	0	Belirgin Hasar
C407	843.3707	0.002363	0.002126	0.008352	0.006264	0	Belirgin Hasar
C408	406.7957	0.002346	0.001946	0.011647	0.008735	0	Belirgin Hasar
C409	570.9485	0.002457	0.001493	0.008989	0.006742	0	Belirgin Hasar
C410	843.8405	0.002399	0.002121	0.008347	0.00626	0	Belirgin Hasar
C411	845.7561	0.002349	0.002095	0.00833	0.006247	0	Belirgin Hasar
C412	407.3946	0.002326	0.001906	0.011635	0.008727	0	Belirgin Hasar
C413	175.8093	0.002324	0.001931	0.017908	0.013431	0	Belirgin Hasar
C414	412.387	0.002323	0.002099	0.013229	0.009922	0	Belirgin Hasar
C415	414.1824	0.002273	0.002073	0.013182	0.009887	0	Belirgin Hasar
C416	183.3627	0.002127	0.001871	0.017699	0.013274	0	Belirgin Hasar
C501	310.5002	0.002297	0.001069	0.01365	0.010237	0	Belirgin Hasar
C502	416.9386	0.002369	0.001365	0.01311	0.009832	0	Belirgin Hasar
C503	390.9829	0.002346	0.001379	0.013791	0.010343	0	Belirgin Hasar
C504	116.1156	0.002193	0.001475	0.020047	0.015035	0	Belirgin Hasar
C505	399.8405	0.002501	0.001033	0.011777	0.008833	0	Belirgin Hasar
C506	564.6599	0.002469	0.001239	0.011025	0.008269	0	Belirgin Hasar
C507	564.4027	0.002387	0.001236	0.011028	0.008271	0	Belirgin Hasar
C508	269.2272	0.002264	0.001358	0.015218	0.011413	0	Belirgin Hasar
C509	373.7917	0.002587	0.000982	0.012266	0.009199	0	Belirgin Hasar
C510	564.5093	0.002412	0.001171	0.011027	0.00827	0	Belirgin Hasar
C511	541.4849	0.002349	0.001499	0.011278	0.008459	0	Belirgin Hasar
C512	376.9691	0.002243	0.001099	0.012206	0.009155	0	Belirgin Hasar
C513	261.0522	0.002419	0.000909	0.015528	0.011646	0	Belirgin Hasar
C514	388.4608	0.002401	0.001066	0.013857	0.010393	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A8 Anlamlı süre yöntemiyle filtrelenmiş analizden elde edilen kolon sonuç değerleri (devamı)

C515	387.9722	0.002328	0.00106	0.01387	0.010402	0	Belirgin Hasar
C516	255.1297	0.002104	0.000874	0.015709	0.011782	0	Belirgin Hasar
C601	138.3438	0.001068	8.66E-05	0.019249	0.014437	0	Belirgin Hasar
C602	156.3246	0	0	0.019032	0.014274	0	Sınırlı Hasar
C603	147.119	0	0	0.01938	0.014535	0	Sınırlı Hasar
C604	122.4965	0.0009	0.000167	0.019818	0.014863	0	Belirgin Hasar
C605	187.0898	0.00167	0.000123	0.017596	0.013197	0	Belirgin Hasar
C606	272.685	0.000398	0.000111	0.016081	0.012061	0	Belirgin Hasar
C607	272.6051	0.000384	0.000195	0.016083	0.012062	0	Belirgin Hasar
C608	180.3656	0.001569	0.00057	0.017782	0.013337	0	Belirgin Hasar
C609	178.2723	0.00157	0.000126	0.01784	0.01338	0	Belirgin Hasar
C610	272.617	0.000363	0.000104	0.016082	0.012062	0	Belirgin Hasar
C611	272.6545	0.000345	0.000193	0.016082	0.012061	0	Belirgin Hasar
C612	130.2939	0.001475	0.000138	0.019538	0.014654	0	Belirgin Hasar
C613	53.44455	0.000858	0.000256	0.023447	0.017585	0	Belirgin Hasar
C614	147.004	0	0	0.019385	0.014539	0	Sınırlı Hasar
C615	147.4516	0	0	0.019368	0.014526	0	Sınırlı Hasar
C616	54.551	0.000908	5.64E-06	0.023427	0.01757	0	Belirgin Hasar

Tablo EK.A9 Kolonların kesme güvenliklerinin kontrolü

Eleman Adı	$M_{ü}$ kN.m	M_a kN.m	V_e kN		V_r kN	Kırılma Türü
C101	10.6246	230.72	96.5	<	128.6	Sünek
C201	26.43386	39.5054	26.3757	<	128.6	Sünek
C301	29.71043	23.69614	21.36263	<	128.6	Sünek
C401	32.11845	20.41957	21.01521	<	128.6	Sünek
C501	34.78542	18.01155	21.11879	<	128.6	Sünek
C601	50.13	15.34458	26.18983	<	128.6	Sünek
C102	19.04033	421.17	176.1	<	184.6	Sünek
C202	47.04699	69.65967	46.68267	<	184.6	Sünek
C302	54.41854	41.65301	38.42862	<	184.6	Sünek
C402	58.74105	34.28146	37.20901	<	184.6	Sünek
C502	63.9089	29.95895	37.54714	<	184.6	Sünek
C602	88.7	24.7911	45.39644	<	184.6	Sünek
C103	18.8669	417.35	174.5	<	184.6	Sünek
C203	47.01137	69.8331	46.73779	<	184.6	Sünek
C303	54.64391	41.68863	38.53301	<	184.6	Sünek
C403	59.16674	34.05609	37.28913	<	184.6	Sünek
C503	63.80068	29.53326	37.33357	<	184.6	Sünek
C603	88.7	24.89932	45.43973	<	184.6	Sünek
C104	10.64919	227.65	95.3	<	128.6	Sünek
C204	26.53985	39.48081	26.40826	<	128.6	Sünek
C304	30.16259	23.59015	21.5011	<	128.6	Sünek
C404	32.58735	19.96741	21.0219	<	128.6	Sünek
C504	35.41554	17.54265	21.18328	<	128.6	Sünek
C604	50.13	14.71446	25.93778	<	128.6	Sünek
C105	12.0138	231.13	97.3	<	128.6	Sünek

Tablo EK.A9 Kolonların kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

C205	26.3271	38.1162	25.77732	<	128.6	Sünek
C305	29.09238	23.8029	21.15811	<	128.6	Sünek
C405	31.43371	21.03762	20.98853	<	128.6	Sünek
C505	34.27133	18.69629	21.18705	<	128.6	Sünek
C605	50.13	15.85867	26.39547	<	128.6	Sünek
C106	16.8296	428.46	178.1	<	184.6	Sünek
C206	46.01526	71.8704	47.15426	<	184.6	Sünek
C306	52.67232	42.68474	38.14282	<	184.6	Sünek
C406	56.94959	36.02768	37.19091	<	184.6	Sünek
C506	65.05596	31.75041	38.72255	<	184.6	Sünek
C606	88.7	23.64404	44.93762	<	184.6	Sünek
C107	16.98084	428.60	178.2	<	184.6	Sünek
C207	46.15424	71.71916	47.14936	<	184.6	Sünek
C307	52.78441	42.54576	38.13207	<	184.6	Sünek
C407	57.01258	35.91559	37.17127	<	184.6	Sünek
C507	65.10092	31.68742	38.71534	<	184.6	Sünek
C607	88.7	23.59908	44.91963	<	184.6	Sünek
C108	12.12863	230.82	97.2	<	128.6	Sünek
C208	26.35257	38.00137	25.74157	<	128.6	Sünek
C308	29.12969	23.77743	21.16285	<	128.6	Sünek
C408	31.45254	21.00031	20.98114	<	128.6	Sünek
C508	33.94104	18.67746	21.0474	<	128.6	Sünek
C608	50.13	16.18896	26.52758	<	128.6	Sünek
C109	12.03198	232.27	97.7	<	128.6	Sünek
C209	26.27028	38.09802	25.74732	<	128.6	Sünek
C309	29.16396	23.85972	21.20947	<	128.6	Sünek
C409	31.57791	20.96604	21.01758	<	128.6	Sünek

Tablo EK.A9 Kolonların kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

C509	34.08994	18.55209	21.05681	<	128.6	Sünek
C609	50.13	16.04006	26.46802	<	128.6	Sünek
C110	16.79649	428.60	178.2	<	184.6	Sünek
C210	46.02132	71.90351	47.16993	<	184.6	Sünek
C310	52.66445	42.67868	38.13725	<	184.6	Sünek
C410	56.94545	36.03555	37.1924	<	184.6	Sünek
C510	65.04879	31.75455	38.72134	<	184.6	Sünek
C610	88.7	23.65121	44.94048	<	184.6	Sünek
C111	16.9883	428.56	178.2	<	184.6	Sünek
C211	46.07822	71.7117	47.11597	<	184.6	Sünek
C311	52.59527	42.62178	38.08682	<	184.6	Sünek
C411	56.82581	36.10473	37.17221	<	184.6	Sünek
C511	64.96516	31.87419	38.73574	<	184.6	Sünek
C611	88.7	23.73484	44.97394	<	184.6	Sünek
C112	12.13479	230.81	97.2	<	128.6	Sünek
C212	26.36109	37.99521	25.74252	<	128.6	Sünek
C312	29.14146	23.76891	21.16415	<	128.6	Sünek
C412	31.4645	20.98854	20.98122	<	128.6	Sünek
C512	33.96473	18.6655	21.05209	<	128.6	Sünek
C612	50.13	16.16527	26.51811	<	128.6	Sünek
C113	10.6131	227.56	95.3	<	128.6	Sünek
C213	26.5076	39.5169	26.4098	<	128.6	Sünek
C313	29.98817	23.6224	21.44423	<	128.6	Sünek
C413	32.50667	20.14183	21.0594	<	128.6	Sünek
C513	35.2138	17.62333	21.13485	<	128.6	Sünek
C613	50.13	14.9162	26.01848	<	128.6	Sünek
C114	19.94981	394.97	166.0	<	184.6	Sünek

Tablo EK.A9 Kolonların kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

C214	47.19185	68.75019	46.37681	<	184.6	Sünek
C314	54.46672	41.50815	38.38995	<	184.6	Sünek
C414	58.86976	34.23328	37.24122	<	184.6	Sünek
C514	62.39965	29.83024	36.89195	<	184.6	Sünek
C614	88.7	26.30035	46.00014	<	184.6	Sünek
C115	19.76912	417.50	174.9	<	184.6	Sünek
C215	47.20962	68.93088	46.4562	<	184.6	Sünek
C315	54.48189	41.49038	38.38891	<	184.6	Sünek
C415	58.88612	34.21811	37.24169	<	184.6	Sünek
C515	62.70459	29.81388	37.00739	<	184.6	Sünek
C615	88.7	25.99541	45.87816	<	184.6	Sünek
C116	10.84661	227.67	95.4	<	128.6	Sünek
C216	26.61002	39.28339	26.35736	<	128.6	Sünek
C316	29.90202	23.51998	21.3688	<	128.6	Sünek
C416	32.3417	20.22798	21.02787	<	128.6	Sünek
C516	35.0185	17.7883	21.12272	<	128.6	Sünek
C616	50.13	15.1115	26.0966	<	128.6	Sünek

Tablo EK.A10 Kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü

Eleman Adı	V_{dy} kN	V_e kN		V_r kN	Kırılma Türü
K101	35.368	51.64	<	99.8	Sünek
K102	34.417	50.69	<	99.8	Sünek
K103	35.331	51.61	<	99.8	Sünek
K104	52.284	68.56	<	99.8	Sünek
K105	50.903	67.18	<	99.8	Sünek
K106	52.262	68.54	<	99.8	Sünek
K107	52.238	68.51	<	99.8	Sünek
K108	50.902	67.18	<	99.8	Sünek
K109	52.261	68.54	<	99.8	Sünek
K110	35.306	51.58	<	99.8	Sünek
K111	34.414	50.69	<	99.8	Sünek
K112	35.327	51.60	<	99.8	Sünek
K113	35.029	51.30	<	99.8	Sünek
K114	34.786	51.06	<	99.8	Sünek
K115	35.058	51.33	<	99.8	Sünek
K116	50.902	67.18	<	99.8	Sünek
K117	50.898	67.17	<	99.8	Sünek
K118	50.917	67.19	<	99.8	Sünek
K119	50.903	67.18	<	99.8	Sünek
K120	50.9	67.18	<	99.8	Sünek
K121	50.896	67.17	<	99.8	Sünek
K122	35.032	51.31	<	99.8	Sünek
K123	34.767	51.04	<	99.8	Sünek
K124	35.011	51.29	<	99.8	Sünek
K201	35.059	51.33	<	99.8	Sünek

Tablo EK.A10 Kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

K202	34.456	50.73	<	99.8	Sünek
K203	35.016	51.29	<	99.8	Sünek
K204	51.812	68.09	<	99.8	Sünek
K205	50.916	67.19	<	99.8	Sünek
K206	51.771	68.05	<	99.8	Sünek
K207	51.723	68.00	<	99.8	Sünek
K208	50.913	67.19	<	99.8	Sünek
K209	51.768	68.04	<	99.8	Sünek
K210	34.966	51.24	<	99.8	Sünek
K211	34.423	50.70	<	99.8	Sünek
K212	35.004	51.28	<	99.8	Sünek
K213	35.041	51.32	<	99.8	Sünek
K214	34.865	51.14	<	99.8	Sünek
K215	34.987	51.26	<	99.8	Sünek
K216	51.492	67.77	<	99.8	Sünek
K217	50.904	67.18	<	99.8	Sünek
K218	51.457	67.73	<	99.8	Sünek
K219	51.488	67.76	<	99.8	Sünek
K220	50.909	67.18	<	99.8	Sünek
K221	51.527	67.80	<	99.8	Sünek
K222	35.036	51.31	<	99.8	Sünek
K223	34.777	51.05	<	99.8	Sünek
K224	35.078	51.35	<	99.8	Sünek
K301	43.247	59.52	<	99.8	Sünek
K302	34.414	50.69	<	99.8	Sünek
K303	35.002	51.28	<	99.8	Sünek
K304	51.779	68.05	<	99.8	Sünek

Tablo EK.A10 Kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

K305	50.934	67.21	<	99.8	Sünek
K306	51.722	68.00	<	99.8	Sünek
K307	51.647	67.92	<	99.8	Sünek
K308	50.924	67.20	<	99.8	Sünek
K309	51.713	67.99	<	99.8	Sünek
K310	34.925	51.20	<	99.8	Sünek
K311	34.428	50.70	<	99.8	Sünek
K312	34.973	51.25	<	99.8	Sünek
K313	35.282	51.56	<	99.8	Sünek
K314	34.779	51.05	<	99.8	Sünek
K315	43.35	59.63	<	99.8	Sünek
K316	51.812	68.09	<	99.8	Sünek
K317	50.905	67.18	<	99.8	Sünek
K318	51.745	68.02	<	99.8	Sünek
K319	51.802	68.08	<	99.8	Sünek
K320	50.916	67.19	<	99.8	Sünek
K321	51.855	68.13	<	99.8	Sünek
K322	35.258	51.53	<	99.8	Sünek
K323	34.789	51.06	<	99.8	Sünek
K324	35.323	51.60	<	99.8	Sünek
K401	51.473	67.75	<	99.8	Sünek
K402	34.48	50.76	<	99.8	Sünek
K403	35.035	51.31	<	99.8	Sünek
K404	51.81	68.09	<	99.8	Sünek
K405	50.949	67.22	<	99.8	Sünek
K406	51.742	68.02	<	99.8	Sünek
K407	51.645	67.92	<	99.8	Sünek

Tablo EK.A10 Kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

K408	50.933	67.21	<	99.8	Sünek
K409	51.727	68.00	<	99.8	Sünek
K410	34.936	51.21	<	99.8	Sünek
K411	34.431	50.71	<	99.8	Sünek
K412	34.99	51.27	<	99.8	Sünek
K413	35.417	51.69	<	99.8	Sünek
K414	34.825	51.10	<	99.8	Sünek
K415	51.613	67.89	<	99.8	Sünek
K416	52	68.28	<	99.8	Sünek
K417	50.904	67.18	<	99.8	Sünek
K418	51.903	68.18	<	99.8	Sünek
K419	51.984	68.26	<	99.8	Sünek
K420	50.92	67.20	<	99.8	Sünek
K421	52.046	68.32	<	99.8	Sünek
K422	35.374	51.65	<	99.8	Sünek
K423	34.798	51.07	<	99.8	Sünek
K424	35.457	51.73	<	99.8	Sünek
K501	51.131	67.41	<	99.8	Sünek
K502	34.45	50.73	<	99.8	Sünek
K503	34.694	50.97	<	99.8	Sünek
K504	51.317	67.59	<	99.8	Sünek
K505	50.956	67.23	<	99.8	Sünek
K506	51.239	67.51	<	99.8	Sünek
K507	51.125	67.40	<	99.8	Sünek
K508	50.941	67.22	<	99.8	Sünek
K509	51.222	67.50	<	99.8	Sünek
K510	34.582	50.86	<	99.8	Sünek

Tablo EK.A10 Kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

K511	34.436	50.71	<	99.8	Sünek
K512	34.641	50.92	<	99.8	Sünek
K513	35.881	52.16	<	99.8	Sünek
K514	34.767	51.04	<	99.8	Sünek
K515	52.06	68.34	<	99.8	Sünek
K516	52.474	68.75	<	99.8	Sünek
K517	50.905	67.18	<	99.8	Sünek
K518	52.364	68.64	<	99.8	Sünek
K519	52.457	68.73	<	99.8	Sünek
K520	50.926	67.20	<	99.8	Sünek
K521	52.529	68.80	<	99.8	Sünek
K522	35.834	52.11	<	99.8	Sünek
K523	34.806	51.08	<	99.8	Sünek
K524	35.933	52.21	<	99.8	Sünek
K601	44.044	60.32	<	99.8	Sünek
K602	34.453	50.73	<	99.8	Sünek
K603	35.731	52.01	<	99.8	Sünek
K604	52.829	69.10	<	99.8	Sünek
K605	50.956	67.23	<	99.8	Sünek
K606	52.748	69.02	<	99.8	Sünek
K607	52.648	68.92	<	99.8	Sünek
K608	50.934	67.21	<	99.8	Sünek
K609	52.734	69.01	<	99.8	Sünek
K610	35.629	51.90	<	99.8	Sünek
K611	34.433	50.71	<	99.8	Sünek
K612	35.686	51.96	<	99.8	Sünek
K613	34.784	51.06	<	99.8	Sünek

Tablo EK.A10 Kirişlerin kesme güvenliklerinin kontrolü (devamı)

K614	34.771	51.05	<	99.8	Sünek
K615	43.089	59.36	<	99.8	Sünek
K616	51.552	67.83	<	99.8	Sünek
K617	50.911	67.19	<	99.8	Sünek
K618	51.448	67.72	<	99.8	Sünek
K619	51.537	67.81	<	99.8	Sünek
K620	50.922	67.20	<	99.8	Sünek
K621	51.604	67.88	<	99.8	Sünek
K622	34.765	51.04	<	99.8	Sünek
K623	34.795	51.07	<	99.8	Sünek
K624	34.832	51.11	<	99.8	Sünek