



**ÖRNEK BİR PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMDE PERDE
ORANININ YAPISAL HASARA ETKİSİ**

İsmail Hakkı BİLGE

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İlker KAZAZ**

**2021
Her hakkı saklıdır.**



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖRNEK BİR PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMDE PERDE ORANININ
YAPISAL HASARA ETKİSİ

İSMAİL HAKKI BİLGE

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlker KAZAZ

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Erzurum

2021

Her hakkı saklıdır

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

14 / 07 / 2021

İmzası

İSMAİL HAKKI BİLGE

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖRNEK BİR PERDE-ÇERÇEVE SİSTEMDE PERDE ORANININ YAPISAL HASARA ETKİSİ

İsmail Hakkı BİLGE

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlker KAZAZ

Perde duvar-çerçeve sistemler, deprem yükleri altında sistemin yanal dayanımını ve rijitliğini arttırarak katlar arası ötelenmelerin daha etkin bir şekilde kontrolünü ve tatmin edici bir enerji tüketme kapasitesinin elde edilmesini mümkün kılmak gibi birçok bilinen avantajlara sahiptir. Bu tez çalışması kapsamında; perde-çerçeve sistemlerde perde oranının yapısal hasara etkisi üzerinde durulmuştur.

Betonarme perde duvar alanlarının plan alanına oranlarının, mevcut orta katlı bir binanın deprem yükleri altında davranışına etkilerini araştırmak için bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Erzurum'da DBYBHY 2007 standartlarına göre tasarlanmış ve 2018'de imalatı tamamlanmış bulunan yapı tez kapsamında incelenmiştir. Mevcut bina her iki yönde belirli oranlarda perde oranına sahiptir. Bu binanın dinamik zaman tanım analizleri SeismoStruct 2020 yazılımı kullanılarak 9 farklı yer hareketi kaydı altında yapılmıştır. Sonuçlar; mevcut perde oranları ($\alpha_x=0.6$ ve $\alpha_y=0.43$) ile yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre binada önemli hasarlar gözlemlenmemiştir. Mevcut perde oranları azaltılarak 2 farklı model hazırlanmış ve E perde kesitinin haricinde bulunan yapı elemanlarında önemli hasarlar meydana gelmiştir.

2021,85 sayfa

Anahtar Kelimeler: Perde Duvar Alanı Oranı, Sismik Performans, Betonarme Yapılar, Hasar, Hasar sınırı

ABSTRACT

MS. THESIS

STRUCTURAL DAMAGE TO THE SHEAR WALL RATIO IN A SAMPLE SHEAR WALL -FRAME SYSTEM

İsmail Hakkı BİLGE

Erzurum Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İlker KAZAZ

Shear wall-frame systems have many known advantages such as increasing the lateral strength and rigidity of the system under earthquake loads, enabling more effective control of interstory drifts and obtaining a satisfactory energy dissipation capacity. Within the scope of this thesis; In shear wall-frame systems, the effect of shear wall area ratio in plan on structural damage is investigated.

A study was conducted to investigate the effects of the ratio of reinforced concrete shear wall areas to floor areas on the behavior of an existing mid-rise building under earthquake loads. The building, which was designed in accordance with DBYBHY 2007 standards in Erzurum and was completed in 2018, was examined within the scope of the thesis. The existing building has a certain ratio of shear wall area in both directions. Dynamic time history analysis of this building was performed using SeismoStruct 2020 software under 9 different ground motion records. Results; According to the non-linear analysis results done with the existing shear wall ratios ($\alpha_x=0.6$ and $\alpha_y=0.43$), no significant damage was observed in the building. By reducing the existing curtain ratios, 2 different models were prepared and significant damages occurred in the structural elements except for the E-wall section.

2021,85 sayfa

Key Words: Shear Wall Ratio, Seismic Performance, Reinforced Concrete Structures, Damage, Damage limit

TEŐEKKÖR

Bu alıŐma Erzurum Teknik Öniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

BaŐta hem lisans dönemimde hem de yüksek lisans döneminde üzerimde büyük emekleri olan Prof. Dr. İlker KAZAZ hocama teşekkürü bir borç bilirim.

ÖĞrenim hayatım boyunca her türlü desteği veren aileme, bu süreçte desteklerini esirgemeyen ve hep yanımda olan eŐime teşekkür ederim.

İsmail Hakkı BİLGE

Temmuz 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1.Betonarme Perde Nedir ve Kullanımının Tarihçesi.....	3
2.2.Betonarme Perde Kullanımının Önemi.....	7
2.3.Perde Oranı İle İlgili Çalışmalar.....	10
3.MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1.İncelenen Binanın Tanıtılması.....	13
3.2.Sta4cad Tasarım Aşamaları.....	18
3.2.1.Tasarım İvme Spektrumu.....	20
3.2.2.Modal Analiz Sonuçları.....	21
3.3.SeismoStruct Modelleme Aşamaları.....	23
3.3.1.Malzeme Tanımlama.....	23
3.3.2.Kesit Tanımlama.....	24
3.3.3.Plastik Mafsallı Çerçeve Elemanı (infrmFBPH).....	24
3.3.4.SeismoStruct Perde Modelleme.....	26
3.3.5.SeismoStruct Yük Tanımlama.....	26
3.3.6.SeismoStruct Analiz Tipleri.....	27
3.4.Doğrusal Elastik Olamayan Analiz Yöntemleri.....	31
3.4.1.Statik İtme Analizi.....	32
3.4.2.Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz.....	33
3.4.3.Deprem Kayıtlarının Seçilmesi.....	34
3.5.Şekil Değiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi.....	36

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	40
4.1.Statik İtme Analizi Sonuçları.....	40
4.2.Statik İtme Analizi Moment-Eğrilik Grafikleri	43
4.3.Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Sonuçları	46
4.3.1.Tepe Deplasmanı ve Taban Kesme Kuvveti Sonuçları.....	46
4.3.2.Şekil Değişirme Sonuçları.....	47
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	68



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α_x	X yönü perde oranı
α_y	Y yönü perde oranı
a_i	Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
b_o	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
A_{sh}	Enine donatı alanı (dikdörtgen kesit) [mm ²]
b_k	Çekirdek boyutu (en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık) [mm]
d_b	Boyuna donatı çapı (çekmede ortalama) [m]
f_{ce}	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı [MPa]
f_e	Taşıyıcı sistem için hesaplanan doğrusal (elastik) dayanım talebi
f_y	Taşıyıcı sistemin akma dayanımı
f_{yk}	Çeliğin ortalama (beklenen) akma dayanımı [MPa]
f_{ywe}	Çeliğin karakteristik akma dayanımı [MPa]
h	Kesit yüksekliği [m]
h_o	Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu [mm]
I	Bina Önem Katsayısı
L_p	Plastik mafsallık boyu [m]
L_s	Kesme açıklığı [m]
n	Kat sayısı
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
s	Sargı donatısı aralığı [m]
α_{se}	Sargı donatısı etkinlik katsayısı
$\epsilon_c^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_c^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_c^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
$\epsilon_s^{(GÖ)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\epsilon_s^{(KH)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
$\epsilon_s^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi sınırı
ϵ_{su}	Maksimum dayanıma karşı gelen donatı birim uzaması
ϕ_y	Akma eğriliği [m ⁻¹]
ϕ_u	Göçme öncesi eğrilik [m ⁻¹]
ω_{we}	Etkin Sargı donatısının mekanik donatı oranı
ρ_{sh}	Gözönüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı

$\rho_{sh.min}$	İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
θ_y	Akma durumu için yerdeğiştirmiş eksen dönmesi [rad]
$\theta_p^{(GÖ)}$	Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]
$\theta_p^{(KH)}$	Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen Plastik dönme sınırı [rad]
$\theta_p^{(SH)}$	Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı [rad]

KISALTMALAR

BA	Betonarme
İMO	İnşaat Mühendisleri Odası
DBYBHY	Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TS	Türk Standartları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Model 1 Bodrum Kat Planı.....	15
Şekil 3.2 Model 2 Bodrum Kat Planı.....	16
Şekil 3.3 Model 3 Bodrum Kat Planı.....	17
Şekil 3.4 Sta4CAD Model Görüntüsü	19
Şekil 3.5 Sta4CAD Yapı Temel Bilgileri Ekran Görüntüsü	19
Şekil 3.6 Tasarım İvme Spektrumu	20
Şekil 3.7 SeismoStruct Bina Modeli (SeismoStruct, 2021).....	23
Şekil 3.8 Eleman Lokal Eksen Gösterimi (SeismoSoft, 2013).....	25
Şekil 3.9 SeismoStruct Perde Modellemesi Gösterimi (SeismoSoft, 2013).....	26
Şekil 3.10 X Yönü Deprem Yer Hareketleri Spektrumları.....	36
Şekil 3.11 Y Yönü Deprem Yer Hareketleri Spektrumları.....	36
Şekil 3.12 TBDY 2018'e Göre Hasar Sınırları Grafiği (TBDY, 2018).....	37
Şekil 3.13 TBDY 2018'e Göre Çelik Özellikleri (TBDY, 2018).....	38
Şekil 4.1 Model 1 X Yönü Statik İtme Analizi Grafiği.....	40
Şekil 4.2 Model 1 Y Yönü Statik İtme Analizi Grafiği.....	41
Şekil 4.3 Model 2 X Yönü Statik İtme Analizi Grafiği.....	41
Şekil 4.4 Model 2 Y Yönü Statik İtme Analizi Grafiği.....	41
Şekil 4.5 Model 3 X Yönü Statik İtme Analizi Grafiği.....	42
Şekil 4.6 Model 3 Y Yönü Statik İtme Analizi Grafiği.....	42
Şekil 4.7 Model 1 Moment-Eğrilik Grafikleri	44
Şekil 4.8 Model 2 Moment-Dönme Grafikleri.....	45
Şekil 4.9 Model 3 Moment-Dönme Grafikleri.....	45
Şekil 4.10 Model 1 D1 Moment-Dönme Grafikleri	49
Şekil 4.11 Model 1 D1 σ - ϵ Grafikleri.....	49
Şekil 4.12 Model 1 D2 Moment-Dönme Grafikleri	50
Şekil 4.13 Model 1 D2 σ - ϵ Grafikleri.....	50
Şekil 4.14 Model 1 D3 Moment-Dönme Grafikleri	51
Şekil 4.15 Model 1 D3 σ - ϵ Grafikleri.....	51
Şekil 4.16 Model 1 D4 Moment-Dönme Grafikleri	52
Şekil 4.17 Model 1 D4 σ - ϵ Grafikleri.....	52
Şekil 4.18 Model 1 D5 Moment-Dönme Grafikleri	53
Şekil 4.19 Model 1 D5 σ - ϵ Grafikleri.....	53
Şekil 4.20 Model 1 D6 Moment-Dönme Grafikleri	54

Şekil 4.21 Model 1 D6 σ - ϵ Grafikleri.....	54
Şekil 4.22 Model 1 D7 Moment-Dönme Grafikleri	55
Şekil 4.23 Model 1 D7 σ - ϵ Grafikleri.....	55
Şekil 4.24 Model 1 D8 Moment-Dönme Grafikleri	56
Şekil 4.25 Model 1 D8 σ - ϵ Grafikleri.....	56
Şekil 4.26 Model 1 D9 Moment-Dönme Grafikleri	57
Şekil 4.27 Model 1 D9 σ - ϵ Grafikleri.....	57
Şekil 4.28 Model 2 D4 Moment-Dönme Grafikleri	59
Şekil 4.29 Model 2 D4 σ - ϵ Grafikleri.....	59
Şekil 4.30 Model 2 D6 Moment-Dönme Grafikleri	60
Şekil 4.31 Model 2 D6 σ - ϵ Grafikleri.....	60
Şekil 4.32 Model 2 D9 Moment-Dönme Grafikleri	61
Şekil 4.33 Model 2 D9 σ - ϵ Grafikleri.....	61
Şekil 4.34 Model 3 D4 Moment-Dönme Grafikleri	63
Şekil 4.35 Model 3 D4 σ - ϵ Grafikleri.....	63
Şekil 4.36 Model 3 D6 Moment-Dönme Grafikleri	64
Şekil 4.37 Model 3 D6 σ - ϵ Grafikleri.....	64
Şekil 4.38 Model 3 D9 Moment-Dönme Grafikleri	65
Şekil 4.39 Model 3 D9 σ - ϵ Grafikleri.....	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Bina Genel Bilgileri (Sta4Cad,2018)	14
Çizelge 3.2 Oluşturulan Üç Modelin Perde Oranı Tablosu	14
Çizelge 3.3 Malzeme Karakteristik Özellikleri.....	19
Çizelge 3.4 Model 1 Modal Kütle Kalıtım Oranı (Sta4Cad,2018)	21
Çizelge 3.5 Model 1 Sta4CAD Periyotlar (Sta4Cad,2018)	21
Çizelge 3.6 Model 1 Sta4CAD Verilerine Göre Kesme Kuvvetleri (Sta4Cad,2018 ve DBYBHY 2007).....	22
Çizelge 3.7 Elemanların Donatı Oranları.....	22
Çizelge 3.8 Ölü Yük Hesabı.....	27
Çizelge 3.9 Hareketli Yükler.....	27
Çizelge 3.10 Model 1 için SeismoStruct ile hesaplanan Kütle Katılım Oranları.....	29
Çizelge 3.11 SeismoStruct ile hesaplanan Periyotlar	29
Çizelge 3.12 Model 1 için SeismoStruct Kesme Kuvveti.....	30
Çizelge 3.13 Sta4CAD ve SeismoStruct Malzeme Özelliklerin karşılaştırılması	30
Çizelge 3.14 Model 1 için Sta4CAD ve SeismoStruct Periyotlarının karşılaştırılması .	31
Çizelge 3.15 Deprem Yer Hareketleri (Kazaz, I., 2020)	35
Çizelge 4.1 Kesme Kuvveti Oranı.....	43
Çizelge 4.2 Model 1 Tepe Deplasmanı-Taban Kesme Kuvveti Tablosu	46
Çizelge 4.3 Model 3 Tepe Deplasmanı-Taban Kesme Kuvveti Tablosu	46
Çizelge 4.4 Model 1 Beton Birim Şekil Değiştirme Değerleri.....	47
Çizelge 4.5 Model 1 Çelik Birim Şekil Değiştirme Değerleri.....	48
Çizelge 4.6 Model 1 Dönme Açısı Değerleri.....	48
Çizelge 4.7 Model 2 Beton Birim Şekil Değiştirme Değerleri	58
Çizelge 4.8 Model 2 Çelik Birim Şekil Değiştirme Değerleri.....	58
Çizelge 4.9 Model 2 Dönme Değerleri.....	58
Çizelge 4.10 Model 3 Beton Birim Şekil Değiştirme Değerleri	62
Çizelge 4.11 Model 3 Çelik Birim Şekil Değiştirme Değerleri.....	62
Çizelge 4.12 Model 3 Dönme Değerleri.....	62

1. GİRİŞ

Yeryüzündeki kırılmalarla meydana gelen fay hatları, ülkemizde her dönem yıkıcı depremleri tetiklemektedir. İlkçağlardan itibaren günümüze kadar çok sayıda yıkıcı depremler meydana gelmiş ve bu depremler binlerce insanın hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Ülkemizde temel olarak iki önemli fay kuşağı yer almaktadır. Bunlardan birincisi Saros körfezinden başlayarak Marmara Denizi, İzmit, Düzce, Bolu, Merzifon, Suluova, Erbaa, Niksar ve Kelkit vadisini geçerek Varto (Muş)'ya kadar uzanan Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattıdır. İkincisi ise ülkemizin güneyinden Kızıldeniz ve Lut Gölü'nden geçerek Antakya'dan ülke sınırlarına girip Kahramanmaraş, Pazarcık, Hazar Gölü ve Bingöl'den geçerek Varto'da KAF ile birleşen Doğu Anadolu Fay (DAF) hattıdır. Bunların dışında Ege Bölgesi'nde grabenlerde doğu-batı uzantılı, Doğu Anadolu'da ise Van Gölü çevresi, Erzurum, Malazgirt, Pasinler ve Horasan'da çok sayıda fay bulunmaktadır (Atalay, 1989). Böyle bir coğrafyada topraklarının %90'ından fazlası, nüfusunun tamamına yakını deprem tehlikesi altında olan ülkemizde yapıların deprem davranışının, yapısal güvenliği tesis edebilecek şekilde olması esastır (TÜİK, 2012).

Günümüz koşullarında bir yapı; ilk tasarım sürecinde TBDY2018 deprem yönetmeliğine uygun olarak yapılmalıdır. Fakat ülkemizdeki yapı stokunun önemli bir kısmını da eski, kaçak ve yönetmeliklere uygun değildir. Bu nedenle mevcut bina stokunun ortaya çıkardığı sismik riskin belirlenmesi gelecek depremlere hazırlık bakımından acil bir konudur (Erberik, M.A., 2008). Kentlerin mevcut bina stoklarının deprem risklerinin önceden tahmini, gerek afet planlaması ve gerekse deprem zararlarının azaltılması konusunda yapılması gerekenlerin belirlenmesi açısından çok önemli bir rol oynamaktadır (Tüzün, C. ve Aydınoglu, N., 2007). Mevcut binalarda oluşabilecek çeşitli hasar seviyeleri hakkında önceden bilgi sahibi olunması, olası ekonomik kayıplarını da güvenilir bir şekilde tahmin edilebilmesi bakımından önemlidir. Ayrıca hasar görme olasılığı yüksek binaların belirlenmesi, bu binaların güçlendirilerek deprem performanslarının iyileştirilmesine ve böylece depreme dayanıklı binalar olarak geri kazanılmasına olanak sağlayacaktır (Uçar, T. ve Düzgün, M., 2013).

1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında:

- Betonarme perde duvar alanlarının kat alanlarına oranlarının, mevcut orta katlı bir binanın deprem yükleri altında davranışlarına etkilerinin araştırılması,
- Perde oranlarındaki değişimin yapısal hasara etkisinin belirlenmesi,
- Tasarım ve dinamik analiz verilerinin karşılaştırılması hedeflenmektedir.

Bu amaçlara yönelik, Erzurum ili Palandöken ilçesinde 2018 yılında imalatı yapılan ve TBDY 2007 yönetmelik esaslarına göre tasarlanan mevcut bir yapı üzerinde çalışma yapılması planlanmıştır. Tezin ilk aşamasında binanın tasarımda kullanılan projeleri temin edilerek incelenmiştir. İkinci aşamada; tasarımda verilen donatı ve malzeme özelliklerine uygun olarak SeismoStruct 2020 yazılımıyla binanın modal, statik itme ve dinamik analizleri yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda perde oranları ve yapısal hasarlarla ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Takip eden bölümlerde tez konusuna ilişkin kaynak özetleri, araştırmada kullanılan materyal ve yöntem, çalışma neticesinde elde edilen bulgular, sonuçlar ve genel değerlendirme detaylı olarak sunulmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Betonarme Perde Nedir ve Kullanımının Tarihçesi

DBYBHY 2007'ye göre planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan, TBDY 2018'e göre de planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az altı olan ve yapının yönlere göre yanal rijitliğine büyük etkiler sağlayan düşey taşıyıcı elemanlar perde olarak tanımlanmıştır (DBYBHY, 2007; TBDY, 2018).

Türkiye sismik etkiler açısından dünyada oldukça aktif ve tehlikeli bir coğrafyada yer almaktadır. Ülkemiz bölgesel anlamda %92'ye yakın bir oranda deprem bölgesinde yer alırken, yaşayan ülke nüfusunun %95'i bu bölge içerisinde yer almaktadır. Ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ü bu sismik bölge içerisinde projelendirilmiştir (Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004).

Tez çalışmasının bu kısmında; betonarme yapıların düşey taşıyıcı elemanlarından olan ve yanal etkilerin sönmülmesi için tasarlanan perde elemanlarının deprem davranışları, dünyanın çeşitli bölgelerinde meydana gelen depremler üzerinde incelenmiş ve sonuçları özetlenmiştir.

Perdeli sistemler başlığı altında rapor edilen ilk gözlemler arasında, Portland Çimento Birliği tarafından yayınlanan, Gelişmiş Mühendislik Bülteni'nde değinilen 1960 Şili depremidir. Raporda "... Şili deneyimi, depremlerde yasal olmayan hasarları kontrol etmek hususunda beton perde duvarların ne kadar uygun olduğunu teyit etmektedir. Perde duvarların çatlamasının söz konusu olduğu durumlar oluşmuştur; ancak bu, binaların bir bütün olarak performansını etkilememiştir. Gözlemlenen bütün durumlarda parçalanmadan sonra açığa çıkan çelik miktarları bir kural olarak yönetmeliklerde belirlenenden az olmasına rağmen donatılar, duvarları iki doğrultuda bir arada tutmuştur. Esas olarak, duvarlar hasar oluştuktan sonra da işlevlerini sürdürmüşlerdir..." denilmektedir (Fintel, M., 1991).

Temmuz 1963'de, Üsküp-Yugoslavya'daki depremde, bina boyunca veya çekirdekte donatısız beton duvarlı bazı binalarda guseli kirişlerin alt kısımlarında oluşan az miktardaki ayrılmalar hariç, katlar arası şekil değiştirmelerin engellenmesi sebebi ile hiçbir hasar meydana gelmemiştir. Bu durum söz konusu binaların maruz kaldığı ve kayıtlara geçmiş şiddetli sarsıntılara rağmen oluşmuştur. Bu sarsıntıda bazı çerçevesiz binalar çökmüş ve çoğu da hasara uğramıştır (Fintel, M., 1991).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Perde çerçevesi sistemlerin binalardaki davranışlarına ilişkin dikkate değer bir örnek de Karakas'daki 17 katlı Plaza One Binasıdır. Her iki yönde de duvarlardan müteşekkil bir yük taşıyıcı sisteme sahip olan Karakas'daki bu bina, çevredeki binalardan bir kaçının çökmesi ve diğerlerinin büyük hasarlara, bazılarının tamiri mümkün olmayan hasarlara maruz kalmasına neden olan bir deprem sonucunda, depremi hiçbir şekilde hasara uğramaksızın atlattır. Güney ve orta Amerika'nın büyük bölümünde olduğu gibi Karakas'daki binalar, kırılabilir kil tuğla bölme duvarları olan, nispeten esnek bir betonarme çerçeve içermektedir. Karakas'daki bu çok katlı binaların bir bölümü çökmüş ve diğer çok katlı çerçeve binaların çoğunda ise içi boş kil tuğladan bölme duvarlar çok büyük hasara uğramıştır (Fintel, M., 1991).

1971 San Fernando, California depreminde taşıyıcı sistemi perde + çerçevesi olarak teşkil edilen 6 katlı Indian Hill Tıp Merkezi, sadece orta derecede tamirat gerektirecek şekilde depremde ayakta kalabilmiştir. Öte yandan komşusu 8 katlı Holly Cross Hastanesinin taşıyıcı sistemi çerçevesi olarak teşkil edilmiş olup, bu depremde büyük ölçüde hasar görmüş ve yıkılmıştır. Birçok bina ve köprüde büyük hasarlar meydana gelmiştir. Bunlar arasında mühendislik literatüründe en çok sözü edilen Olize View Hastanesidir (Fintel, M., 1991).

1972 yılında Managua 'da meydana gelen şiddetli deprem, perde duvarlı ve perde duvarsız binaların depreme dayanıklılık açısından farklarına ilişkin özellikle öğretici bir örnek olmuştur. Managua Milli Tiyatrosu salonunu çerçeveleyen betonarme duvar sayesinde hiçbir hasara uğramamıştır. 18 katlı Banco de Amerika ve 16 katlı Banco Central hasara uğramış ve yıkılmak zorunda kalmıştır. Öte yandan, çekirdek duvarlı karşılıklı etkileşim sistemli ve perde duvar iskeletli bir yapı olan Banco de Amerika ise çok az hasara uğramıştır. Aralarında belli bir mesafe olmasına rağmen, Managua'da karşılaştırma yapabilecek diğer iki binada büyük hasara uğrayan beş katlı betonarme çerçevesi Sigorta Binası ile çerçeveye ek olarak nispeten büyük bir çekirdek içeren 5 katlı Enaluf Binası'dır. Enaluf Binası depremi hemen hemen hiç hasara uğramadan atlattır (Fintel, M., 1991).

Yaklaşık 35 adet çok katlı binanın çöktüğü Bükreş'te (Romanya 1977), bazılarının koridorları diğerlerinin de binalar boyunca beton duvarlar içermesi yüzlerce yüksek apartmanı hiç etkilemeden çoğunlukla da hasarsız olarak ayakta tutmuştur (Fintel, M., 1991).

Mexico City’de 1985 yılında meydana gelen şiddetli deprem, çok katlı binaların beton çerçevelerini güçlendirmek için perde duvarlar ihtiva etmemesinin sonuçları hakkında daha fazla delil sağlamaktadır. Yaklaşık 280 adet, 6 ile 15 kat arası bina bu depremde çökmüştür. Bunlardan hiçbirinde perde duvar bulunmamaktadır. Güney ve orta Amerika ülkelerinin çoğunda olduğu gibi sağlamlaştırıcı duvarlar olmaksızın betonarme çerçeveler çok katlı binalar için en yaygın yapı sistemleri olmuştur (Fintel, M., 1991).

1985 yılında Şili’de meydana gelen depremde aynı yıl meydana gelen Meksika depremine yakın şiddette olmasına rağmen, mühendisler arasında daha az ilgi toplamıştır. Depremin mühendisler arasında daha az ilgi toplamasının ana nedeni, olayın şiddetine rağmen büyük ölçekli kayıpların meydana gelmemesidir. Hasarların oranlarının göz ardı edilebilir seviyede olmasının temel sebebi, Şili’de yaygın olarak kullanılan ve kaymayı kontrol etmek amacı ile binalara perdeler ilave edilmesi esasına dayanan mühendislik uygulamalarıdır. Şili’deki perde duvarlar için uygulanan detayların genel olarak ABD’deki sismik bölgelere ait sünek detay şartlarına uymadığını fakat daha çok daha önceki ACI İnşaat Yönetmeliği’ndeki konvansiyonel detaylara uyduğunu kaydetmek gerekir. 1960 ve özellikle 1985 depremlerinde Şili’deki binaların son derece iyi bir performans göstermeleri, perde duvarların sağladığı kayma kontrolü ile sünek olmayan çerçeve elemanlarını koruyabileceğini göstermektedir (Fintel, M., 1991).

Perdeleri çok katlı yapılara ilave etmenin faydaları veya tam tersine, perde duvarları ihmal etmenin olumsuz sonuçları 1988 Ermenistan depreminde bir kez daha gözlenmiştir. Bu depremde Leninakan, Spitak, Krikovan ve Stepanaman kentlerinde toplam olarak 72 çerçeveli tip bina çökmüş ve 149 bina da büyük ölçüde hasara uğramıştır. Aynı zamanda bu şehirlerdeki 21 büyük panel tipli binanın tamamı depremi hiçbir hasar görmeden atlattır. Hemen hemen tümü ile harap olan Spitak şehrinde ayakta kalan ve hasara uğramayan tek yapı, her iki yönde betonarme perde elemanlarına sahip, büyük panel yapı olarak inşa edilmiş olan 5 katlı bir binadır (Fintel, M., 1991).

Türkiye’nin bu yüzyılda yaşadığı en şiddetli deprem kuşkusuz Erzincan Depremidir (26 Aralık 1939). Kışın en şiddetli günlerinde Erzincan halkını vuran bu felakette açıklanan ölü sayısı 32.962’dir. 7.9 şiddetinde meydana gelen Erzincan depreminin ardından yurt çapında yas ilan edilmiştir. Oluşan deprem neticesinde 116.720 bina yıkılmış ve dünyanın büyük depremleri arasında sayılan bu deprem Türkiye’nin en ciddi deprem felaketlerinden birisi olarak tarihe geçmiştir. Şiddetli bu depremin yıkıcı etkisinin fazlası ile hissedilmesinin temel sebebi uygunsuz inşa kalitesi ve perde çerçeveli sistemlerin kullanım sıklığına rastlanmaması olarak gösterilebilir. Erzincan depreminde,

2. KAYNAK ÖZETLERİ

görkemli bir bina olan Devlet Demir yolları Gar binası yıkılmadan ayakta kalabilmiştir (Fintel, M., 1991).

17 Ağustos 1999'da yerel saatte 03.02 sularında meydana gelen merkezi Kocaeli / Gölcük olan 7.5 şiddetindeki deprem, büyük çapta can ve mal kaybına neden olmuştur. Resmi raporlara göre, 17.480 ölüm, 23.781 yaralı olduğu belgelenmiştir. 505 kişinin sakat kaldığı 285.211 konut binasının, 42.902 işyerinin hasar gördüğü tespit edilmiştir. Resmi olmayan bilgilere göre ise 50.000 ölüm, ağır ve hafif olmak üzere 100.000'e yakın yaralı olmuştur. Ayrıca 600.000 kişiyi evsiz bırakmıştır. Bu yüzden Türkiye yakın tarihini derinden etkileyen en önemli olaylardan birisidir. Depremin Türkiye'nin önemli bir sanayi bölgesi olan Marmara Bölgesi'nde meydana gelmiş ve çok geniş bir coğrafyayı etkilemiş olması, ülkemizde büyük sıkıntılara sebep olmuştur. Bu denli şiddetli olmasının yanı sıra yıkıcı etkisinin büyük olmasında özensiz imalatların etkisinin olduğu kadar uygunsuz taşıyıcısı sistem seçimi ve gerekli zemin emniyetlerinin karşılanamaması gibi sebepler gösterilebilir. 17 Ağustos depreminde önceden bilinen konuların yapılaşmada göz önüne alınmadığı açık bir şekilde gözlenmiştir. 7.5 şiddetinde meydana gelen etkisinin sanayi bölgesinde büyük bir şekilde hissedildiği bu depremde, tünel kalıp sistemi ile yapılmış yapıların veya perde+çerçeveli olarak taşıyıcı sistemleri teşkil edilmiş olan yapıların, çerçeveli sistemlere kıyasla daha az hasar gördüğü veya kullanılabilir seviyeye daha yakın olduğu gözlenmiştir. Perde duvarlı teşkil edilen sistemler depremin yıkıcı etkisine karşı büyük bir direnç göstermiştir. Gerekli deprem dayanımına sahip olmayan çok katlı yapıların sanayi sitelerinin neredeyse tamamına yakını yıkılmış ya da onarılmayacak derecede hasar görmüştür. Buna karşın aynı bölgede zemin özelliklerini ve deprem tasarım ilkelerini göz önüne alarak inşa edilen çok katlı toplu konut siteleri ve sanayi tesisleri hiç hasar görmemiştir. İzmit Büyükşehir Belediyesi tarafından tünel kalıp sistemi ile yaptırılan 2000 konutluk sitelerde depremden dolayı oluşan herhangi bir hasara rastlanılmamıştır (Anonim, 2021).

23 Ekim 2011 günü Türkiye saati ile 13.41 sularında Van ve çevresinde meydana gelen 25 saniye süren depremin merkez üssü Van'a 17 km uzaklıkta olan Tabanlı köyüdür. Deprem, Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı'na bağlı 22 istasyon 12 tarafından kaydedildi. Van depremi, Cumhuriyet tarihi boyunca Anadolu'da meydana gelen en büyük depremlerden biri olarak kayda geçti. Van ile ve Erciş ilçesi yakınlarında etkisi büyük oranda hissedilen bu depremin 5739 binanın hasarlı ve oturulmaz, 4882 binanın hasarlı ancak oturulabilir olduğu tespit edilmiş ve deprem nedeni ile 2262 binanın yıkıldığı verilerine ulaşılmıştır. Deprem etkisi ile elektrik ve telefon hatları kesilmiş, Van-

Erciş karayolu üzerinde üç ayrı noktada çökme meydana gelmiş ve yolların çökmesi nedeni ile birçok zorlukla karşılaşılmıştır (Anonim, 2021).

Depremın büyüklüğünün yanında bölgedeki yapı stoku kalitesinin bu hasarın oluşmasında en büyük etken olduğu açıktır. İyi denetime sahip olmayan ve kalitesiz yapı malzemeleri ile inşa edilmeye çalışılan yapılar, bu bölgede 1950 ve sonrasında Türkiye nüfusunun hızla artmasına paralel olarak plansız kentleşme ile yapıların imar kurallarına aykırı olarak inşa edilmesi, bu denli yıkıcı sonuçların alınmasının en büyük sebebi olarak görülmelidir. Yapının taşınabilirliği noktasında yapılan hatalar, yetersiz zemin etütleri, özellikle yüksek katlı yapılarda yapı taşıyıcı sistemlerinin çerçeve sistemler yerine perdeli veya perde çerçeve teşkil edilen sistemlerin seçilmemesinin kayıplarda etkisi büyük oranda gözlenmektedir. Taşıyıcı sistem elemanların yanal deprem yüklerine karşı daha dirençli olmasının temel sebebinin doğru bir mimari plan uygulamasının yanı sıra taşıyıcı sistem özelliklerinin perdeli sistemler veya perde+çerçeve sistemlerden seçilmesine olan ilginin artırılması yönünde çalışmaların devam etmesi gerektiğinin çok açık bir ispatı olarak Van depremi gösterilebilir.

2.2. Betonarme Perde Kullanımının Önemi

Depremde hasar gören binalar üzerinde yapılan incelemelerde, perdeli binaların çerçeve binalara göre performansının daha iyi olduğu gözlenmiştir (Şahin ve ark., 2013). Betonarme binalarda deprem etkisine karşı perde duvar kullanımının önemi büyüktür. Perdeli çerçeve sistemlerde kat kesme kuvvetinin büyük bir bölümü perdeler tarafından karşılanmakta, kolonlara etkiyen kesme kuvveti büyük oranda azalmaktadır (Kasap ve ark., 2015).

Çoğu zaman çok sayıda perdenin olduğu sistemlerde, yönetmeliklerde öngörülen minimum donatılar ile yeterli dayanımı ve süneklik istemlerini sağlamak mümkün olabilmektedir. Az sayıda perdelerin bulunduğu sistemlerde yatay yüklere karşı dayanımda ana taşıyıcı olarak kullanılacak bu perdelerin tasarımında özel özen gösterilmesi tavsiye edilmektedir.

Yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında perdeler etkili bir şekilde kullanılır. Yüksek yapılara ait taşıyıcı sistemlerde perde duvarların kullanılması, özellikle hemen her bölgesi deprem riski altında bulunan ülkemiz için bir zorunluluk olarak gözükmektedir. Perdeler, şiddetli depremlerde çok katlı binalarda önemli hasarlara neden

2. KAYNAK ÖZETLERİ

olan görelî kat ötelemelerini önemli ölçüde azaltırlar. Uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup, yatay yükleri uzun kenar doğrultusunda etkin olarak taşırlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Perdeler, yüksek binalarda, dayanım yanında yanal yer değiştirmeyi sınırlaması yönünden de tercih edilir. Özenli bir şekilde düzenlenen perdeler, taşıyıcı sistemin toplam göçmesini önledikleri gibi yapısal olmayan hasarların sınırlandırılmasında da etkilidir (Aktan, S. ve Kıraç, N. 2010.)

Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkmakta ve sismik açıdan aktif ülkelerdeki çok katlı yapı sistemlerinde betonarme perdeler yaygın olarak kullanılmaktadır (Celep, Z., Kumbasar, N., 2005).

Düşey yüklerin kolonlar tarafından karşılanmasında genellikle sorunla karşılaşmaz ve düşey taşıyıcıları sadece kolonlardan oluşan çerçeve sistemler, düşey yükler için genelde yeterli olmaktadır (Bayülke, N., 2001).

Yatay yük etkilerinin önem kazandığı binaların alt katlarında kesme kuvvetinin artmaya başlaması ile birlikte kolon momentleri büyür. Bunun bir sonucu olarak kolon kesitlerini aşırı büyötmek zorunlu olur. Çok büyük kolon kesit boyutları ise hem ekonomik olmaz, hem de estetik bakımdan sakıncalar doğurur. Bu duruma bir çözüm olarak çok katlı binalarda düşey perdeler kullanılır (Atımtay, E., 2000).

Betonarme perdeler büyük eğilme rijitlikleri ve kesme alanları nedenleriyle yapıya etkiyen yatay yükün büyük bir bölümünü karşılarlar (Ghobarah ve Youssef, 1999; Bayülke, 2001; Kwak ve Kim, 2001; Atımtay, E.; Celep ve Kumbasar, 2004; Celep ve Kumbasar, 2005; Tekel, 2006; Doğangün, 2007).

Ayrıca yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin ve ikinci mertebe momentlerin sınırlandırılması bakımından bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Perdeler, bir taşıyıcı sistemde çerçeve sistemi ile beraber kullanılabildiği gibi, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşan sistemler de vardır (Celep, Z., Kumbasar, N., 2005).

Çerçevenin süneklik oranının fazla, perdelerin ise rijitliğinin yüksek olması bu iki taşıyıcının bir arada kullanılabilmesini mümkün hale getirmektedir (Aka, vd., 2001).

Perdeler doğru kullanıldıklarında göçmeye karşı yapının sigortası durumundadır (Atımtay, E., 2000).

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda meydana gelen şiddetli depremler, perdelerin yapı güvenliği açısından çok önemli olduğunu göstermiştir (Mazars vd., 2002).

Ayrıca bu depremlerin ardından binalarda yapılan incelemeler doğrultusunda, perdeli binaların depreme karşı olan direncinin çerçevesi sistemlere oranla çok daha iyi olduğu ve bu yapıların daha az hasar gördüğü tespit edilmiştir (Öztürk, T., 2005).

Özenli bir şekilde düzenlenen perdeler, taşıyıcı sistemin toptan göçmesini önledikleri gibi yapısal olmayan hasarların sınırlandırılmasından da etkili olurlar. Perdelerin plandaki yerleri ve geometrileri genellikle mimarı fonksiyonların bir sonucu olarak ortaya çıkar (Celep Z., Kumbasar N., 2004).

Perde alanı, perdenin biçimi ve plandaki yerleşimi, perdelerin deprem etkisindeki davranışında çok önemli bir etkenlerdir (Aka vd., 2001; Bayülke, N., 2001).

Betonarme duvar sistemleri, özellikle deprem eğilimli bölgelerdeki akademisyenler, araştırmacılar ve mühendisler tarafından perde duvarları kullanılarak yapıların deprem dayanımını ve sertliğini arttırmak için tavsiye edilmektedir (Gülkan, P., Utkuğ, D., 2003), kuvvetli depremlerden sonra betonarme perde duvarlı binaların çökmediğini ve bu binaların çoğunun ciddi depremlerden sonra hemen doluluk kabul kriterlerini karşıladığını belirtmiştir.

Betonarme perde duvarlı betonarme binaların dinamiğine genel bakış deprem sonrası incelemeler kati bir şekilde şunu göstermektedir ki, iyi tertiplenmiş yeterli miktarda perde duvarlarına sahip binalardaki hasar pek az olmakta ve sandviç halindeki yıkılma meydana gelmemektedir. Hatta bu duvarların genel (malzeme, işçilik) kalitesinin pekiyi olmadığı durumlarda dahi bu genelleme geçerliğini korumaktadır (Fintel, M., 1991). Hakiki manada perde duvarına sahip binaların ülkemizdeki deprem sonrası incelemeleri de aynı sonuca destek vermektedir (Gülkan, P., Utkuğ, D., 2003).

Görünen odur ki betonarme yapıdan vazgeçilmesi, binaların altına deprem izolasyon sistemlerinin konulması gibi tedbirlere yakın vadede ulaşmak da söz konusu değildir. Öyleyse bu binaların deprem güvenliğini artırmak için gözlemlerimizin ve teorinin gösterdiği şekilde duvarlara başvurmak en iyi yol olmaktadır. Milli Eğitim Bakanlığının özel bir teknik şartname hazırlayıp bundan böyle inşa edilecek bütün okul binalarının tercihen plan çerçevesinde ve simetriyi bozmayacak tarzda yerleştirilmiş, betonarme inşaat standartlarının öngördüğü donatı detaylarına sahip, adına “perde” denilmesi için sahip olması gereken toplam yükseklik/genişlik oranına sahip betonarme duvarlarını statik hesaplar ne derse desin şart koşması sonuç doğuracak bir adım olacaktır. Bu duvarlar mutlaka bir maliyet artışına yol açacaktır ama bu maliyet artışı kaba inşaat içinde belki yüzde 15, ancak toplam maliyette en kötümser tahminle yüzde 3-4 mertebesinde kalacaktır. Sağlayacağı toplumsal fayda bunun çok üzerindedir. Okulların

ve diğer resmi binaların afet sonrasında hemen kullanılabilir durumda olmasının parayla ifadesi mümkün değildir. O halde binalarımızdan beklenen deprem performansının baştan hesaba dahil edilmesi zamanı gelmiştir. Böyle bir kanuni düzenlemenin yurt dışından ithal edilen örneğini California'daki Field Kanunun'da ve yasanın o eyaletin öğrencilerine verdiği can güvenliğinde bulmaktayız (Gülkan, P. L., Utkuğ, D. 2003).

2.3. Perde Oranı İle İlgili Çalışmalar

%1 perde oranının altı katlı bir yapının tüm yatay yüklerini aldığını kabul edebiliriz. Bu kat sayısının üstündeki yapıları karma yapı olarak değerlendirmemiz gerekecektir (Tekel, H., 2006).

Binaların sismik performansının incelenmesinde kritik perde duvar oranının mevcut binaların değerlendirilmesinde ele alınan temel parametrelerden olan görelî kat ötelemesi ile ilişkisi incelenen iki bina için bulunmuştur. 2007 Deprem Yönetmeliği'nde %2 görelî kat ötelemesi sınır değeri olarak belirlemiştir. Analizler sonrasında %2 görelî kat ötelemesini sağlayan perde oranı bu iki yapı için %1 olarak bulunmuştur. Bu ilişki kritik perde duvar oranına sahip olan binaların olabilecek depremlerde istenilen performansa ulaşım ulaşamayacağı hakkında bilgi verebilecektir. Çatı deplasmanı değerlendirilen iki yapıda yine %1 perde oranı kritik bir rakam olarak alınabilir. Fakat binaların sismik performansının değerlendirilmesinde temel parametre görelî kat ötelemesi alınmalıdır. İncelenen iki binada %1 ve üzeri perde oranına sahip yapılarda davranışının konsol eleman davranışına benzer davranış gözlenmiştir. Bu durum ele alındığında da %1 perde oranı kritik perde oranı olarak belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında sadece 2 bina ile belirlenen %1 perde oranı daha fazla bina üzerinde incelenerek daha da geliştirilmesi önerilmektedir (Avşar Ö., vd., 2013).

Betonarme binaların tepe deplasmanı değerlerinin, betonarme perde duvarların eklenmesinden önemli ölçüde etkilendiğini kanıtlamaktadır. Tepe deplasmanı artan perde duvar oranları ile azalır, ancak azalma oranı daha yüksek perde duvar oranları için daha düşüktür. %1.00 perde duvar oranına sahip tasarlanan ve mevcut binalar, %0.00 veya %0.50 perde duvar oranına sahip binalara kıyasla önemli ölçüde daha düşük tepe deplasmanına sahiptir. %1.50 perde duvar oranı sınırından sonra, perde duvarlarının eklenmesi tepe deplasman değerlerinin düşürülmesinde sadece küçük bir etkiye sahiptir. Mevcut ve tasarlanmış bazı betonarme binalar için, perde duvar oranı %0.50'den %1.00'e

çıkartıldığında çatı yer değıştirme değerlerinde önemli bir değışiklik yoktur. Analitik sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde, bu binalar için bile yapının sismik performansı değışen perde duvar oranlarından önemli ölçüde etkilenir. %0.50 perde duvar oranına sahip yapı elemanlarında, özellikle burulma düzensizlikleri olanlarda önemli ölçüde plastik deformasyonlar görülmektedir. Mevcut veya yeni tasarlanmış bir yapıda göçme mekanizmasının oluşmasına neden olabilecek plastik deformasyonları sınırlandırmak için en az %1.00 perde duvar oranı kullanılmalıdır. %1.50 veya daha fazla perde duvar oranlarına sahip binalar göz ardı edilebilir plastik deformasyonlara maruz kalır. Oldukça düşük beton ve donatı dayanımı ile inşa edilen mevcut binalar, şiddetli deprem yüklemesi altında plastik deformasyonları önlemek için yüksek perde duvar oranları kullanılarak daha fazla güçlendirmeyi gerektirmektedir. Bu nedenle, mevcut binaların malzeme dayanımı bu binaların güçlendirilmesi için gerekli perde duvar oranının seçiminde önemli bir faktördür (Günel, A. O., 2013).

Orta yükseklikteki betonarme yapıların sismik davranışına perde duvar alanı/tabana alanı oranının etkisini değerlendirmek için analitik bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla beş ve sekiz katlı ve her iki yönde %0.51 ile %2.17 arasında değışen perde duvar oranlarına sahip 24 orta katlı bina modeli üretilmiştir. Daha sonra bu bina modellerinin deprem yüklemesi altındaki davranışları doğrusal olmayan zaman alanı analizleri yapılarak incelenmiştir. Yapılan analizlerde bina modellerine yedi farklı yer hareketi kaydı uygulanmakta ve elde edilen verilerin ortalaması sismik performansın değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada dikkate alınan ve binaların genel sismik performansını etkileyen ana parametreler, çatı ve katlar arası sürüklenmeler ve taban kesme tepkisidir. Analitik sonuçlar, orta katlı binaların tasarımında sürüklenmeyi kontrol etmek için en az %1.00 perde duvar oranının sağlanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca perde duvar oranı %1.50'nin üzerine çıktığında sismik performansın iyileşmesinin o kadar önemli olmadığı görülmektedir. Perde duvar oranı arttıkça, gözlenen sürüklenme azalır; bununla birlikte bu oran %1.50'yi aştığında çatı ve maksimum katlar arası kayma değerlerinde azalma perde duvar oranının %0.50'nin üzerindeki bir değışiklik için kayma seviyelerindeki azalmaya kıyasla daha az belirgin hale gelir. 5 katlı binaların incelenmesi, perde duvar-çerçeve yapısının kaymasını kontrol etmek için tasarım sırasında perde duvar oranının en az %1.00'inin sağlanması gerektiğini göstermiştir.

Zemin kat perde duvarlarının taşıdığı taban kesme kuvvetinin yüzdesi perde duvar oranı %1.50'ye ulaşana kadar önemli ölçüde artar. Bununla birlikte, artış oranı %0.50 ile

2. KAYNAK ÖZETLERİ

%1.00 arasında perde duvar oranları arasında %1.00 ile %1.50 arasında olduğundan oldukça yüksektir. %1.00 perde duvar oranına sahip binalarda, zemin kat perde duvarları taban kesme kuvvetinin yaklaşık %80'ini taşır. Duvarların taşıdığı taban kesme kuvvetinin %1.50 ve %2.00 olan perde duvar oranları için %90'ın üzerinde olduğu; ancak bu artışın ötelenme performansına yansımaları önemli değildir (Burak, B. ve Çömlekoğlu, H. G., 2013).

Perde-çerçeve sistemlerinde perde duvar elemanlarında sismik deformasyon taleplerini ötelenme oranı, taban plastik dönmesi ve basınç gerilmesi açısından incelemek için parametrik bir çalışma yapılmıştır. Toplam perde alanının kat planı alanına oranı olarak tanımlanan perde oranı, perde-çerçeve sistemlerde değişken olarak tutulmuş ve perde tabanındaki sismik talep ile ilişkisi araştırılmıştır. Analiz edilen modellerin perde oranları %0.20-2.00 aralığındadır. 4, 8 ve 12 katlı perde-çerçeve modelleri oluşturulmuştur. Perde-çerçeve sistemlerde sismik davranışı, doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizi ve tasarım spektrumu uyumlu yer hareketi seti kullanılarak hesaplanmıştır. Perde duvarlar ASCE/SEI 41'de tanımlanan plastik dönme limitlerine göre değerlendirildiğinde perde duvar oranı %0.20-0.60 aralığında olan perde-çerçeve sistemlerinde perdelerin tasarım depreminden nadiren büyük bir hasar olmaksızın hayatta kalabildikleri görülmüştür. Tüm perde-çerçeve yapılarında hesaplanan beton basınç gerilmeleri tasarım için izin verilen sınırdan ($\epsilon_c = 0.0035$) çok daha yüksektir, bu nedenle perde uç bölgelerinde sınırlama gereklidir. %1.00'lik perde duvar oranı değerinin üzerindeki perde duvarlar için neredeyse tüm duvarlar can güvenliği performans kriterlerini sağlar. Çerçeve ve duvarların bağlantı ve enine kirişlerle bağlandığı ikili sistemlerin tasarımında, duvar elemanlarının aşırı hasar görmesini önlemek için minimum perde oranı değerinin %0.60'dan büyük olması önerilmektedir (Kazaz, I., 2016).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez kapsamında Erzurum ilinde betonarme taşıyıcı sistem ile yapılmış çok katlı bir bina inceleme altına alınmıştır. Araştırma neticesinde performansa dayalı tasarımda perde oranının yapısal hasarla olan ilişkisi irdelenmiştir. Bu bölümde bahsi geçen araştırmanın yapılacağı materyal olan çok katlı betonarme bina tüm detayları ile tanıtılmıştır. Buna ek olarak SeismoStruct2020 programında modelleme ve performansa dayalı tasarım hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. İncelenen Binanın Tanıtılması

Çalışma kapsamında incelenen bina; Erzurum ili Palandöken ilçesi Osmangazi Mahallesi 5925 ada 51 parselde 2018-2019 sezonunda imalatı yapılmış olup, Zemin+Bodrum+8 Normal toplamda 10 kattan oluşmaktadır.

Binada taşıyıcı sistem olarak Betonarme Çerçeve + Perde sistemi seçilmiş olup yapı kat kalıp planı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. 35 adet bağımsız bölümden oluşan yapının taban alanı 631 m² ve normal kat alanı 655 m² olarak tasarlanmıştır.

Binanın, tasarım ve projelendirilmesi 2018 yılında tamamlanmıştır. Bu nedenle bina 2018 yılında geçerli olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik–2007 (DBYBHY, 2007)’ye göre projelendirilmiştir. Projelendirme aşamasında yapılan zemin etüt çalışmalarının sonuçlarına ve bağlı kalınan Deprem Yönetmeliğine göre bina inşaatının bulunduğu saha II. Derece Deprem Bölgesi olup yapının oturacağı zeminin Z2 zemin sınıfı olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak zemin etüt çalışmalarında zemin yatak katsayısının 1500 t/m³, zemin emniyet gerilmesinin de 15 t/m² olduğu raporlanmıştır (DBYBHY, 2007).

Binadaki düşey yapısal taşıyıcı elemanlar ve doğrultular tüm katlarda süreklidir. Bununla beraber yatay taşıyıcı elemanlar olan kirişler bina boyunca 30x60 cm ve 25x60 cm en kesit boyutlarında olacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.1’de çalışma kapsamında analiz edilecek kolonların kesit ve lokasyon detayları görülmektedir.

Taşıyıcı elemanların betonarme yapısal analizleri sonucu, statik hesaplarda Ø12, Ø14 ve Ø16 çaplarında boyuna donatılar kullanılmıştır. Enine donatılar, kolon ve kirişler için Ø8 çapında olup normal açıklıklarda 10’ar cm aralıklarla imal edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenecek kolonların boyuna donatı oranları %1 ila %1.1 arasında değişiklik göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çizelge 3.1 Bina Genel Bilgileri (Sta4Cad,2018)

Kat Sayısı	Bodrum + Zemin + 8 Normal Kat
Kat Yüksekliği	3.50 m (B + Z) / 3.00 (N)
Bina Taban Alanı	631 m ²
Taşıyıcı Sistem	Betonarme perde-çerçeve sistem
Kullanım Amacı	Konut + Ticari
Beton Sınıfı	C25/30
Çelik Donatı Sınıfı	S420
Yapı Davranış Katsayısı	7 (R _x =R _y =7)
X Yönü Perde Oranı (α_x)	0.60
Y Yönü Perde Oranı (α_y)	0.43

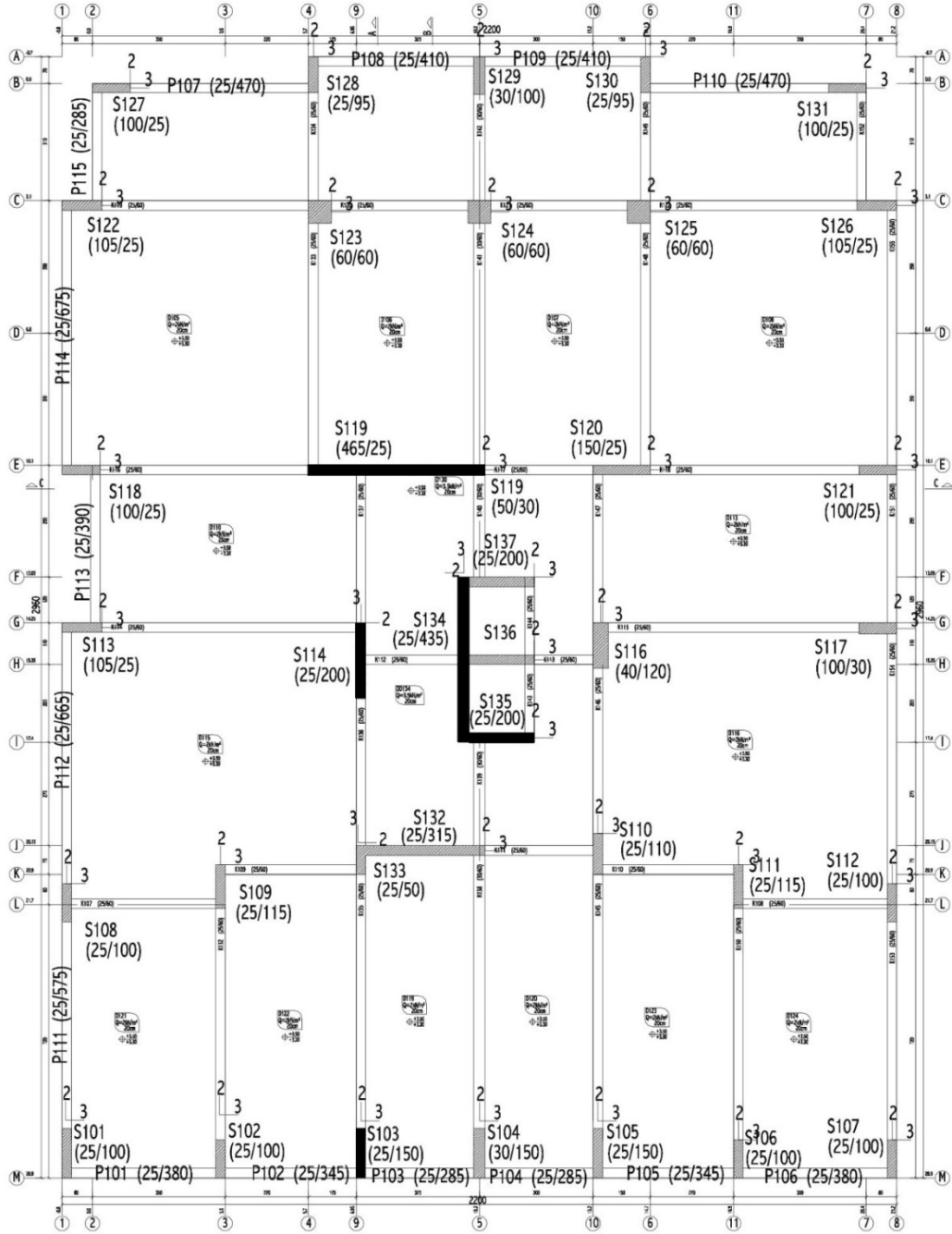
Daha öncede bildirildiği gibi çalışma kapsamında incelenen bina için projelendirilme aşamasında taşıyıcı sistem, betonarme çerçeve-perde olarak seçilmiştir. Yukarıda bina hakkında bilgilerin verildiği tabloda binadaki düşey taşıyıcı elemanlar içindeki perde oranları bilgisi de yönlerine göre verilmiştir. Orta yükseklikteki yapılarda, perde ve çerçeve sistemlerinin birlikte kullanıldığı durumlarda, perdelerin aşırı hasar görmemesi (kontrollü hasar sınırları içinde kalması) için perde alanının toplam döşeme alanına oranının %0.60'dan büyük olması gerektiği önerilmiştir (Kazaz, I., 2016). Tez çalışmasında incelenen yapı modelindeki perde oranlarının binada göçmelere engel olacağı ön görülmüştür. Tez çalışmasının kapsamını genişletmek ve perde oranlarının davranışına etkisini gözlemlemek adına mevcut binada bulunan perde oranlarını azaltarak 2 farklı model daha oluşturulmuştur. Bu modellerde bina alanları ve diğer özellikler sabit tutularak perdeler de belirli küçültülmelere gidilmiştir. Ana modele ek olarak oluşturulan farklı perde oranlarındaki modellerin bodrum kat planları Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te verilmiştir. Buna ek olarak tüm modellerdeki perde oranları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Oluşturulan Üç Modelin Perde Oranı Tablosu

	α_x (%)	α_y (%)
Model 1	0.6	0.43
Model 2	0.6	0.25
Model 3	0.35	0.1

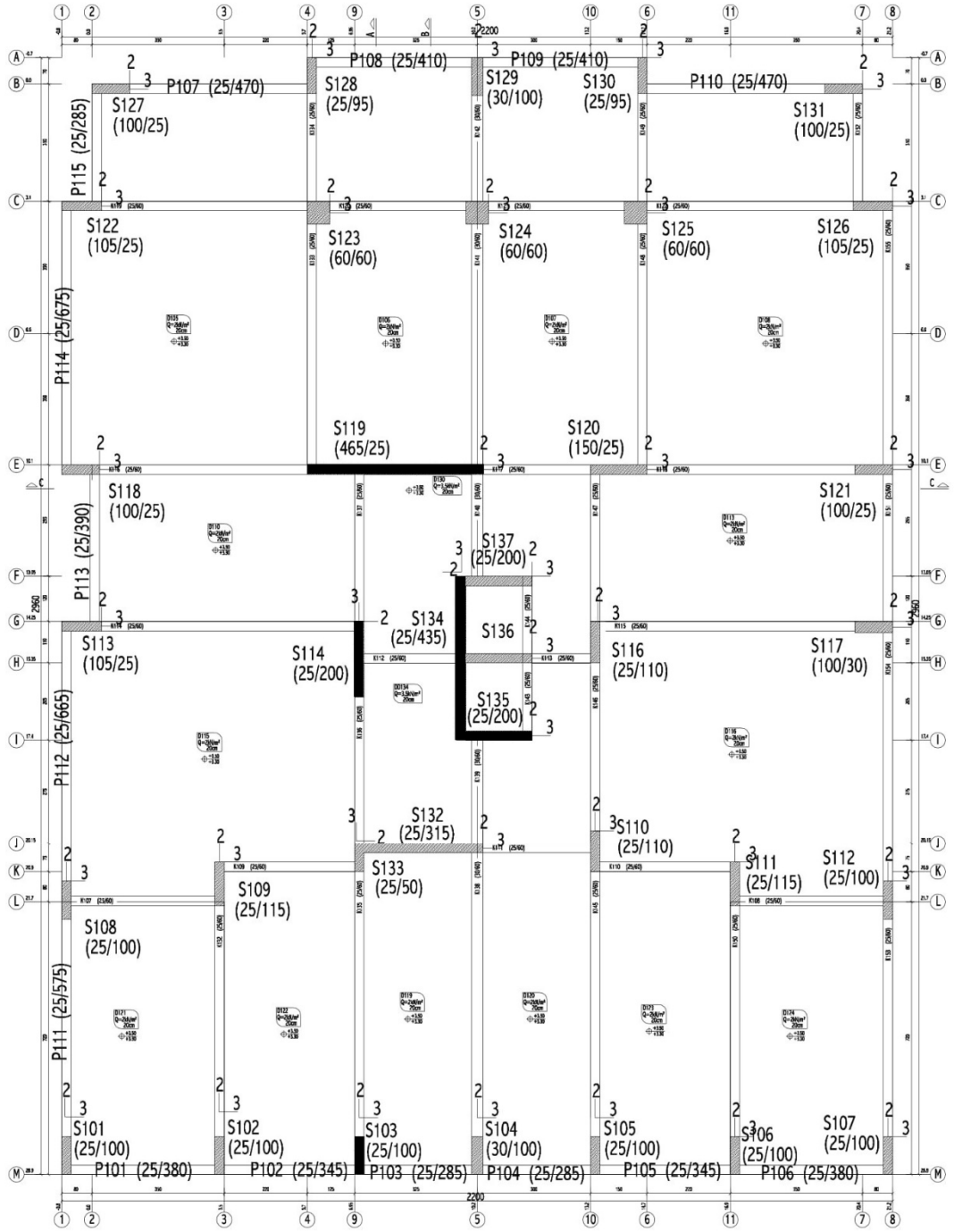
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapı, STA4CAD V.13.1 programında TS500 ve DBYBHY2007 standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Statik itme analizi ve doğrusal olmayan dinamik analizler, yapısal analiz programı SeismoStruct2020’de yapılmıştır.



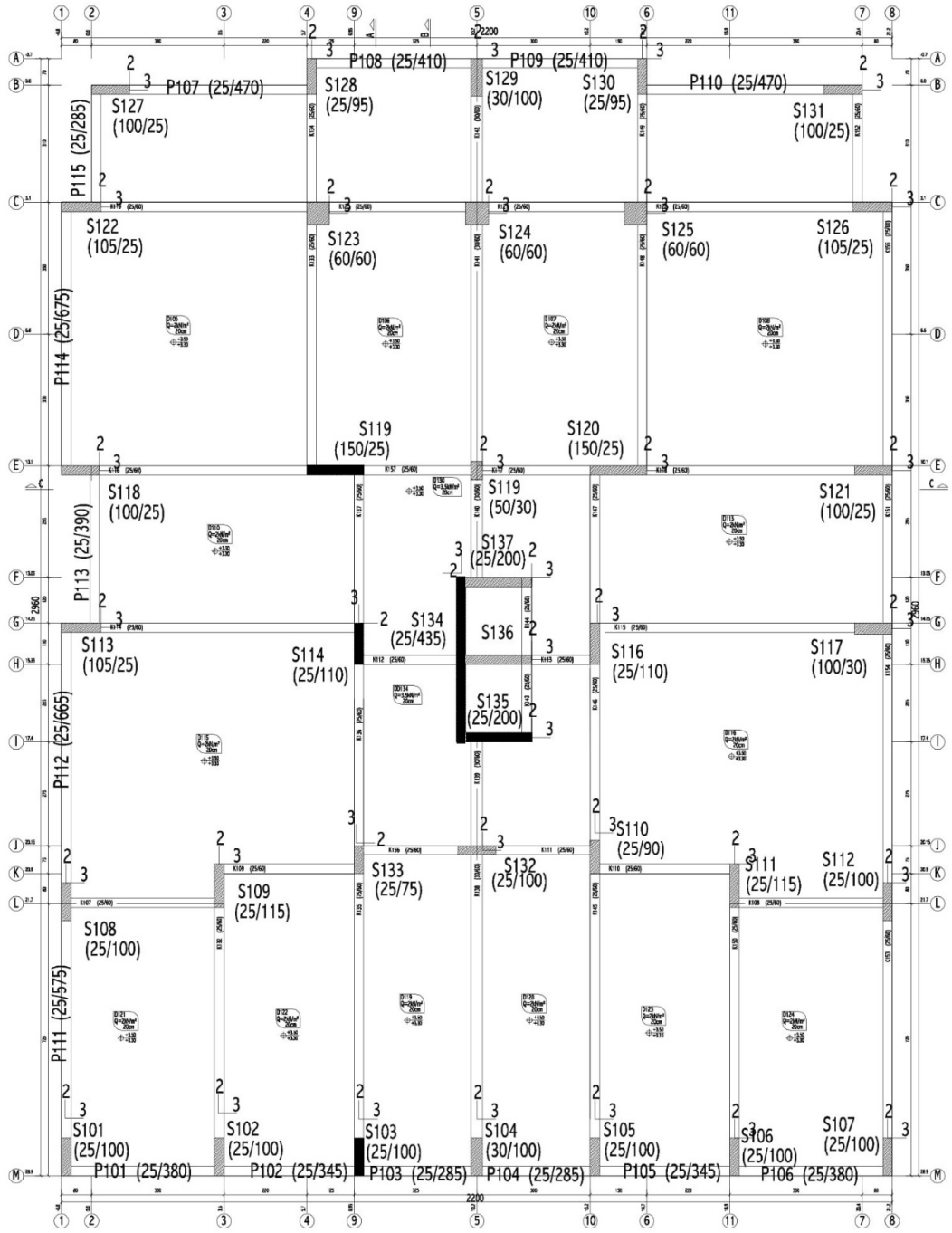
Şekil 3.1 Model 1 Bodrum Kat Planı

3. MATERYAL VE YÖNTEM



Şekil 3.2 Model 2 Bodrum Kat Planı

3. MATERYAL VE YÖNTEM



Şekil 3.3 Model 3 Bodrum Kat Planı

3.2. Sta4cad Tasarım Aşamaları

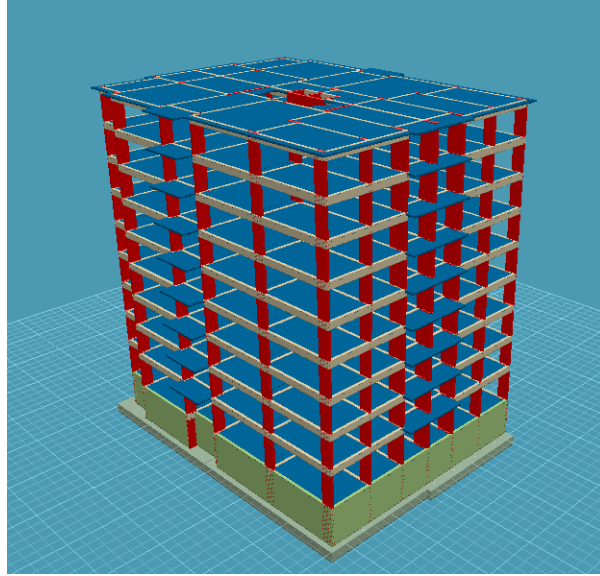
STA4-CAD programı; çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgâr ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır. Program; statik ve betonarme analizleri, standart ve yönetmelikleri esas alacak şekilde yapabilmektedir. Program, statik analizde rijit kat diyaframını dikkate almakta, her noktada 6 serbestlikli 3 boyutlu stiffness metodu ile kullanılmaktadır. Plan aplikasyon olarak grafiksel ortamda girilen yapı bilgileri, eş zamanlı olarak planda ve 3 boyutlu görüntüde işlenmektedir. Veri girişinde, akıllı menülerle; yük, boyut ve yönetmelikle ilgili bilgiler fare ile düzenlenebilmektedir. Program otomatik olarak yapısal 3D modelleme yapmakta, analiz opsiyonlarına göre bir defada çözmektedir. Çözüm sonrası tüm çizimler hazır duruma gelmektedir. Analiz sonrası; eleman optimizasyonu, maliyet analizleri ve deprem yönetmeliğinin tüm kontrolleri yapılabilmektedir. Betonarme kesit ve performans hesapları; TS500, DBYBHY2007, TBDY2018, ACI318 ve UBC97'ye uygun olarak yapılabilmektedir. Ayrıca SNIP, EUROCODE ve British Code yük kombinasyonları ve tasarım standartlarına uyumlu seçenekler bulunmaktadır. Yapı taşıma gücü, deprem, sehim ve düktilite kurallarına göre değerlendirilmektedir (Anonim, 2021).

Çalışmada incelenen proje perde oranındaki ve azaltılmış perde oranlarındaki yapı modelleri, referans oluşturması için Sta4Cad ile modellendirilmiştir (Şekil 3.4). Modelleme esnasında girilen parametrelerin belirlenmesi için izlenen adımlar sıralanıp açıklanmıştır.

Deprem yapı davranış katsayısı incelenen binanın taşıyıcı sistemine ve bağlı bulunduğu deprem yönetmeliğine göre yüksek sünek yapılarda çerçeveli ve perdeli sistem olarak Şekil 3.5'te verildiği gibi tanımlanmıştır. Bu nedenle yapı davranış katsayısı her iki yönde de 7 olarak alınmıştır (DBYBHY, 2007).

Bina tasarımında kullanılan beton ve çelik malzemelere ait mekanik karakteristikler TS500 minimum kriterlerini sağlayacak şekilde seçilmiştir (TS500). Malzemelere ait mekanik özellikler Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM



Şekil 3.4 Sta4CAD Model Görüntüsü

YAPI GENEL BİLGİLERİ

Yapı Proje İsmi	
Kat Sayısı	10
Deprem Bölge Katsayısı Ao	0.3
Deprem Yapı Davranış Katsayısı Rx/Ry	7
Deprem Yapı Önem Katsayısı I	1
Spektrum Karakteristik Periyodu Ta/Tb	.15 / .4
Hareketli Yük Katsayısı n	0.3
Deprem Yüğü Alt Yüksekliği Hx/Hy (m)	3.5
Zemin Yatak Katsayısı Ko (t/m ³)	1500
Zemin Emniyet Gerilmesi (t/m ²)	15
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı Cz	1
Deprem Yüğü Eksantrisitesi	0.05
Modal Analiz Min. Yük Oranı β	0.9
Üst Kat no (TDY için)	10
Aplikasyon Kot Farkı (m)	0
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı	0.5

UserKey

PERFORMANS ANALİZ OPSİYONU

YENİ YAPI PROJESİ DEPREM STANDARDI: TDY2007 DIZAYN STANDARDI: TS500t

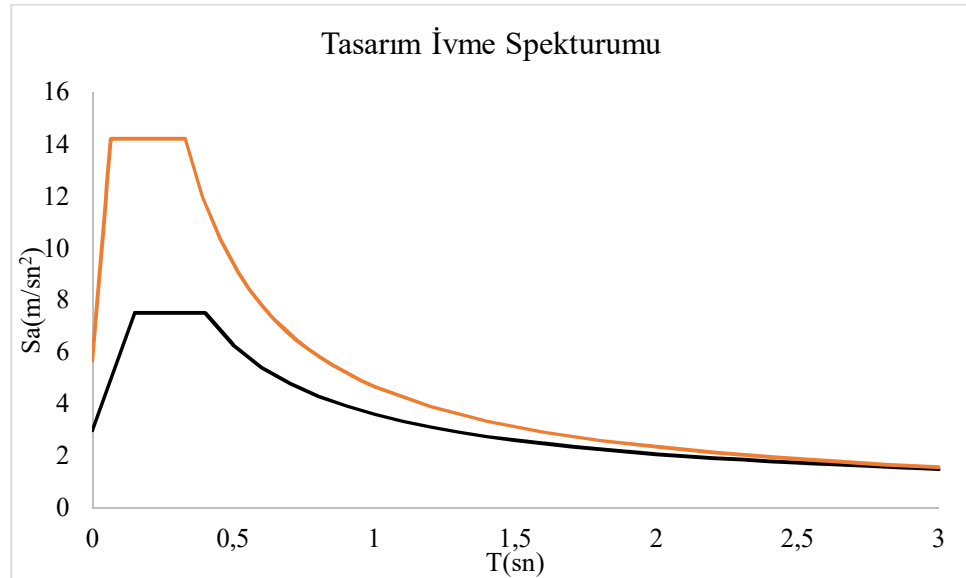
Şekil 3.5 Sta4CAD Yapı Temel Bilgileri Ekran Görüntüsü

Çizelge 3.3 Malzeme Karakteristik Özellikleri

Beton	C25/30	25 MPa
Donatı Çelik Sınıfı	S420	420a

3.2.1. Tasarım İvme Spektrumu

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, kuvvetli yer hareketi zorlaması altında bir yapıya etkiyecek olan deprem yüklerinin belirlenmesinde deprem yönetmeliklerinde tanımlanan tasarım spektrumları kullanılmaktadır. Bir başka deyişle tasarım spektrumları, yapıların depreme dayanıklı olarak dizayn edilmesinde, binaların doğal titreşim periyoduna göre deprem etkisi altında maruz kalacakları yatay veya düşey yükleri belirlemede kullanılırlar. Spektrum eğrisi (tepki spektrumu), farklı doğal titreşim periyoduna sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin, belirli bir sönüm oranı dikkate alınarak yer hareketi etkisi altında yapacakları en büyük davranış değerleri hesaplanarak elde edilir. Tasarım spektrumları ise bölgenin sismik özelliklerini ve zemin koşullarını dikkate alarak oluşabilecek maksimum deprem etkilerini göz önüne alabilmek için farklı yer hareketi ivme kayıtlarından hesaplanan tepki spektrumlarına düzgünleştirilmiş bir zarf eğrisi uydurulmasıyla elde edilmektedir. Bunun yanı sıra daha özel tasarım gerektiren durumlarda sismik tehlike analizi sonucundan da tasarım spektrumları elde edilebilmektedir (Kale, O., 2017). Erzurum şehir merkezi için ZB zemin sınıfı ve ikinci derece deprem bölgesine göre hesaplanan DBYBHY (2007) tasarım spektrumu Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6 Tasarım İvme Spektrumu

3.2.2. Modal Analiz Sonuçları

Modal analiz, inceleme altına alınan bir yapının dinamik davranış parametrelerinin belirlenmesi için kullanılan bir yöntem olarak adlandırılmaktadır. Bir yapının dinamik davranış parametreleri ise; doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranları olarak sıralanmaktadır (Celep, Z., 2014). Çizelge 3.4’te Sta4Cad ile hesaplanan yapı modal periyotları ve kütle katılım oranları verilmiştir. Çizelge 3.5 hesaplanan periyotların ve modların hangi yönde olduğunu özetlemektedir.

Çizelge 3.4 Model 1 Modal Kütle Kalıtım Oranı (Sta4Cad,2018)

E F F E C T I V E M O D A L M A S S P E R C E N T A G E S				
Mod	Period	[Ux]	[Uy]	[Rz]
1	1.041	35.425%	0.002%	35.742%
2	0.8915	0.108%	69.981%	0.236%
3	0.8533	34.233%	0.267%	37.059%
4	0.3004	2.545%	0.001%	7.506%
5	0.247	9.791%	0.419%	1.863%
6	0.2429	0.289%	13.442%	0.040%
7	0.1598	0.347%	0.001%	3.263%
8	0.1183	4.780%	0.023%	0.244%
9	0.1141	0.030%	5.246%	0.030%
10	0.1028	0.099%	0.051%	1.642%
Toplam		87.647%	89.433%	87.625%

Çizelge 3.5 Model 1 Sta4CAD Periyotlar (Sta4Cad,2018)

Mod	Yön	Periyot
1	b	1.041
2	y	0.891
3	b	0.853
4	b	0.300
5	x	0.247
6	y	0.242
7	b	0.159
8	x	0.118
9	y	0.114
10	b	0.102

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tasarım sonucunda yapının ağırlığı, periyotları, zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı olan toplam taban kesme kuvveti için DBYBHY 2007'ye göre her iki yönde kesme kuvveti hesabı yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Model 1 Sta4CAD Verilerine Göre Kesme Kuvvetleri (Sta4Cad,2018 ve DBYBHY 2007)

	T	T_a	T_b	A₀	I	S(T)	A(T)	R_a	W(kN)	V_t(kN)
X	1.041	0.15	0.40	0.30	1.00	1.20	0.36	7.00	90060.0	4636.0
Y	0.891	0.15	0.40	0.30	1.00	1.32	0.40	7.00	90060.0	5088.98

Tasarımdan gelen önemli perde ve kolonlara ait boyutları, donatıları ve donatı oranları Çizelge 3.7'de görüldüğü gibidir. Donatı oranlarına bakıldığı zaman elemanların neredeyse tamamı minimum donatı oranına göre donatı dağılımı yapıldığı görülmüştür. Bu durum bize yapılan değişikliklerde kolaylık sağlamak ve minimum donatı oranına göre düzenleme yapma imkânı tanımaktadır.

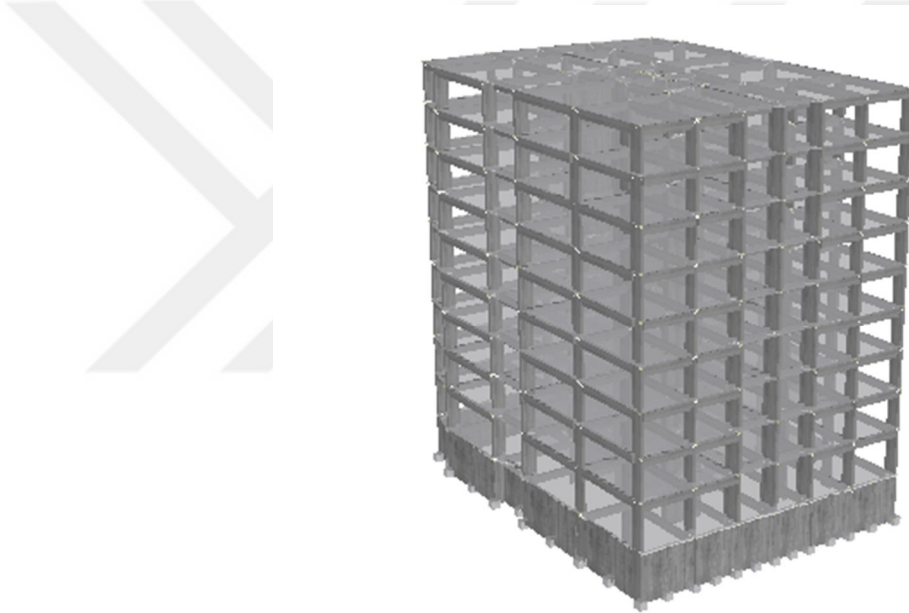
280 adet kolon ortalama donatı oranı $\rho=0.011$ olup, bu da bize kolonlarda minimum donatı kullanıldığını göstermektedir.

Çizelge 3.7 Elemanların Donatı Oranları

Eleman	En(cm)	Boy(cm)	Donatı	ρ
S103	25	150	22 ϕ 16	0.0118
S104	30	150	24 ϕ 16	0.0107
S105	25	150	22 ϕ 16	0.0118
S114	25	200	16 ϕ 14+8 ϕ 12	0.0067
S116	40	120	24 ϕ 16	0.0101
S119	25	465	32 ϕ 14+26 ϕ 12	0.0068
S120	25	150	10 ϕ 16+12 ϕ 14	0.0103
S124	60	60	20 ϕ 16	0.0112
S129	30	100	8 ϕ 14+10 ϕ 16	0.0108
S132	25	315	28 ϕ 12+14 ϕ 14	0.0068
S134	25	435	24 ϕ 12+30 ϕ 14	0.0067
S135	25	200	16 ϕ 12+10 ϕ 14	0.0067

3.3. SeismoStruct Modelleme Aşamaları

Doğrusal olmayan analizler için SeismoStruct 2020 programı kullanılmıştır. Modellemeye başlarken ilk olarak kullanılan malzemeler tanımlanır ve tüm eleman kesitleri ve donatıları programa girilir. Aynı donatıya sahip elemanlar tek seferde girilebilir. Yapının geometrisinin tanımlanması üç aşamalı bir işlemdir. İlk olarak, tüm yapısal ve yapısal olmayan düğümler tanımlanır, ardından eleman bağlantıları ve kaçıklıklar düzenlenir, en son olarak da gerekli düğüm noktalarına yapısal mesnet (sınır) şartları eklenmelidir. Rijit diyaframlarda eklenebilir. Analiz türüne göre bilgiler girilip analiz işlemi kısaca böyle yapılmaktadır. Şekil 3.7’de binanın SeismoStruct modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.7 SeismoStruct Bina Modeli (SeismoStruct, 2021)

3.3.1. Malzeme Tanımlama

3 çeşit malzeme (beton, çelik ve yapısal çelik) bulunmaktadır. Beton sınıfı C8/10-C100/115 arası, çelik sınıfı S220-S500 arası sınıflar hazır olarak bulunmaktadır. Ancak dışarıdan da malzeme tanımlanabilmektedir. İncelenen binada malzemeler kütüphaneden beton için C25/30 ve çelik için S420 olarak seçilmiştir.

3.3.2. Kesit Tanımlama

SeismoStruct içerisinde üç değişik kategoriye ayrılı (Kiriş-Kolon eleman tipleri; Bağlantı eleman tipleri; Kütle ve Sönümlenme eleman tipleri) olan on değişik eleman tipi mevcuttur (SeismoSoft, 2013)

- Elastik olmayan çerçeve elemanları --- infrmDB. infrmFB
- Plastik mafsal elemanları --- infrmFBPH
- Elastik çerçeve elemanları --- elfrm
- Elastik olmayan dolgu duvar elemanları--- infill
- Elastik olmayan kafes elemanları --- truss
- Bağlantı elemanları --- link
- Kütle elemanları --- lmass & dmass
- Sönümlenme elemanları --- dashpt

Bu eleman tipleri kullanılarak sınırsız sayıda farklı eleman sınıfı türetilir. Türetilen eleman sınıfları, sadece onarılmış/sağlam yapısal elemanların (kolonlar, kirişler, duvarlar, kolon-kiriş birleşimleri vb.) doğru modellenmesinin yanı sıra değişik sınır durumları (esnek temeller, sismik izolasyon, yapısal açılma/vurma vb.) da dikkate alınabilir. (SeismoSoft, 2013)

3.3.3. Plastik Mafsal Çerçeve Elemanı (infrmFBPH)

Bu eleman, infrmFB elemanının plastik mafsal benzeridir; yayılı inelastisiteyi kuvvete dayalı formülasyonla modeller, yalnız plastisiteyi sonlu bir uzunlukla sınırlandırır (Scott M.H., Fenves G.L., 2006).

Bu elemanın kullanımı analiz süresini kısalttığı (fiberlerin integrasyonu sadece iki uç kesitte yapılır) gibi plastik mafsal uzunluğu (ya da yayılı inelastisite uzunluğu) üzerinde tam bir kontrol de sağlar, bu durum da lokalizasyon problemlerinin üstesinden gelinmesine izin verir (Calabrese et al., 2010).

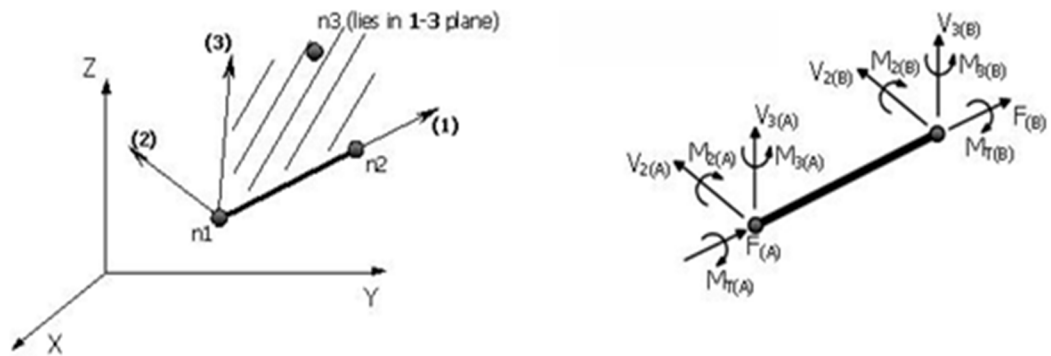
Elemanın uçlarında bulunan integrasyon kesitlerinde denge koşullarının sağlanabilmesi için kullanılan kesitte bulunan fiber (lif) sayısının tanımlanması gerekmektedir. Kesitte bulunan ideal fiber (lif) sayısı kesitteki gerilme-birim şekil değiştirme dağılımını modellemeye yetecek kadar fazla olmalıdır. Tabii ki bu yeterlilik

3. MATERYAL VE YÖNTEM

kesitin şekline, kesitte kullanılan malzeme özelliklerine ve elemanın inelastisite düzeyine bağlıdır. Kaba bir başlangıç değeri kesit başına 100 fiber (lif) elemanı olarak tanımlanabilirken, karmaşık ve yüksek derecede inelastisite gösteren kesitlerde bu sayının 200 ve üzerine çıkması da olağandır. Açıkça da anlaşılacağı üzere, bu sayının düzgün olarak ayarlanması yapılacak hassasiyet çalışmalarıyla mümkündür (SeismoSoft, 2013).

Plastik mafsal çerçeve elemanı tanımlarken plastik mafsal tanımlanması gerekmektedir. Plastik mafsallar yönetmeliğe göre hesaplanıp tanımlanmıştır. Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Ancak, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile aşağıdaki kısımlarda doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p) çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0.5 h$). $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekil değiştirmeler göz önüne alınmayacaktır (DBYBHY, 2007).

Elemanların lokal eksenleri X yönü için 1, Y yönü için 2 ve Z yönü için 3 yönünde Şekil 3.8'deki gibidir.

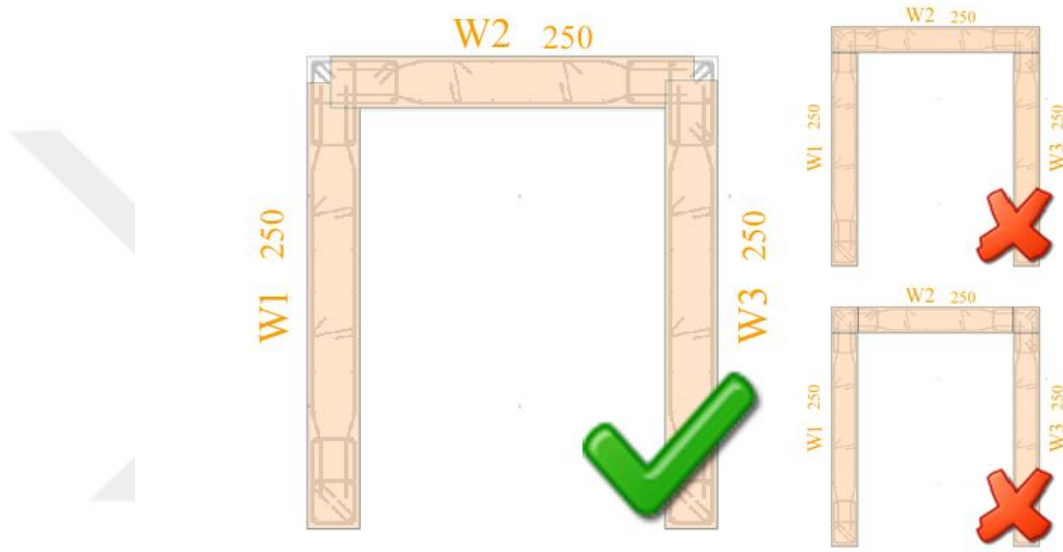


Şekil 3.8 Eleman Lokal Eksen Gösterimi (SeismoSoft, 2013)

3.3.4. SeismoStruct Perde Modelleme

Son araştırmalara göre (Beyer, K., Dazio, A., Priestley, M.J.N., 2008) düzlemsel olmayan perde duvar sistemlerini (rn. U Şekli veya Z Şekli duvarlar) düzlemsel alt bölümlere ayırmanın en iyi yolu köşeyi blmemek olduğunu belirtmişlerdir.

Aşağıdaki Şekilde gösterildiği gibi U Şekli bir perdenin modellenmesi için en iyi yol gösterilmiştir. Perde modellemeleri bu Şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.9 SeismoStruct Perde Modellemesi Gösterimi (SeismoSoft, 2013)

Bu Şekilde i köşe çubuğu hem ağa hem de flanş bölümüne atfedilirken, dış köşe çubuğu herhangi bir bölüme atanmamış ve toplam takviye alanı doğru bir Şekilde modellenmiştir.

3.3.5. SeismoStruct Yük Tanımlama

Kesitler tanımlanırken döşemelerden gelen yükler el ile girilmiştir. Bilindiği üzere döşemeler kirişlere üçgen ve yamuk Őeklinde yükleri iletmektedir fakat program böyle bir yüklemeye izin vermediği için düzgün yaylı yüke çevrilip öyle tanımlanmıştır. Döşeme yk hesabı ve programa girilen yükler izelge 3.8 ve 3.9'da verilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çizelge 3.8 Ölü Yük Hesabı

Döşeme	0.15 m x 24 kN/m ³	3.60 kN/m ²
Sıva	0.02 m x 20 kN/m ³	0.40 kN/m ²
Şap	0.05 m x 22 kN/m ³	1.10 kN/m ²
Kaplama	0.02 m x 30 kN/m ³	0.60 kN/m ²
	Σ=	5.70 kN/m²
Duvar Yükleri		
İç duvar	2.00 kN/m²	
Dış duvar	2.25 kN/m²	

Çizelge 3.9 Hareketli Yükler

Hareketli Yükler	
Döşemelerde	2.00 kN/m²
Merdiven ve Sahanlıkta	3.50 kN/m²

3.3.6. SeismoStruct Analiz Tipleri

SeismoStruct programında toplam 7 adet analiz tipi bulunmaktadır. Bu analiz tipleri içerisinde 3 adet analiz tipi bu tez kapsamında kullanılmıştır. Bunlar özdeğer analizi, statik itme analizi ve dinamik zaman-tanım alanı analizleridir.

3.3.6.1. Özdeğer Analizi

Yapının doğal frekans ve mod şekillerinin hesaplanmasında kullanılır (SeismoSoft, 2013).

3.3.6.2. Statik Analiz

Bu tip analiz genel olarak yapıya uygulanan ve genelde akma öncesi elastik davranışa yol açan kalıcı yükleri (örn. zati ağırlık, temel oturması) modellemekte kullanılır (SeismoSoft, 2013).

3.3.6.3. Statik İtme Analizi

Geleneksel (adaptif olmayan) itme analizi dinamik davranışı, oluşan deformasyonlar seviyeleri ile belirgin ölçüde etkilenmeyen yapıların yatay kapasitesini tahmin etmekte sıklıkla kullanılır (diğer bir deyişle, dinamik davranışı simüle etmesi gereken yatay yük şekli sabit olarak farz edilebilir) (SeismoSoft, 2013).

3.3.6.4. Statik Adaptif İtme Analizi

Adaptif itme analizi, yapının deformasyonu ve tanımlanan yer hareketinin frekans içeriğinin yapının dinamik davranış özelliklerine olan etkilerini tamamıyla dikkate alarak, yapının yatay kapasitelerini tahmin etmekte kullanılır (SeismoSoft, 2013).

3.3.6.5. Statik Zaman-Tanım Alanı Analizi

Bu analiz tipi genellikle değışik yükler ve yer değıştirme şablonları altında (örn. tekrarlı yükleme) yapıların statik modellenmesi için kullanılır (SeismoSoft, 2013).

3.3.6.6. Dinamik Zaman-Tanım Alanı Analizi

Dinamik analiz deprem yüklerine maruz kalmış bir yapının doğrusal olmayan inelastik davranışını tahmin etmekte yaygın olarak kullanılır (bittabi, elastik elemanlar ve düşük şiddetli tanımlı deprem hareketi söz konusu ise doğrusal elastik dinamik davranış da modellenebilir) (SeismoSoft, 2013).

3.3.6.7. Artımsal Dinamik Analizi

Artımsal dinamik analizde yapı bir seri artan şiddetli doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizine maruz kalır (örn. maksimum yer ivmesi artımsal bir şekilde düşük bir elastik davranış değıerinden daha önce tanımlanmış akma sonrası hedef limit durumunun sağlanmasına kadar ölçeklendirilir) (SeismoSoft, 2013).

3.3.6.8. SeismoStruct Modal Analiz Sonuçları

Kütle katılım oranı, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, bulunan birinci moda ait etkin kütlelerin toplam yapı kütlelerine oranı olarak ifade edilir. SeismoStruct programından elde edilen Model 1 modal periyotları ve kütle katılım oranları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 Model 1 için SeismoStruct ile hesaplanan Kütle Katılım Oranları

EFFECTIVE MODAL MASS PERCENTAGES							
Mod	Period	[U _x]	[U _y]	[U _z]	[R _x]	[R _y]	[R _z]
1	1.177716	22.91%	0.26%	0.00%	0.04%	6.69%	51.06%
2	1.012414	0.37%	72.08%	0.01%	16.61%	0.13%	0.00%
3	0.829688	48.42%	0.16%	0.00%	0.05%	16.18%	23.33%
4	0.359881	3.10%	0.05%	0.00%	0.17%	4.90%	7.10%
5	0.293327	0.06%	11.94%	0.02%	18.97%	0.13%	0.00%
6	0.238879	9.73%	0.03%	0.00%	0.05%	20.62%	2.58%
7	0.190263	0.87%	0.01%	0.00%	0.01%	1.07%	2.75%
8	0.143142	0.01%	4.63%	0.05%	2.50%	0.00%	0.00%
9	0.123586	0.10%	0.00%	12.73%	0.18%	4.99%	0.12%
10	0.120727	0.19%	0.00%	2.21%	0.03%	0.31%	1.50%
Toplam		85.76%	89.16%	15.02%	38.61%	55.02%	88.44%

Perde oranı betonarme bir binanın genel rijitliğini etkileyen bir faktördür. Bu nedenle binaların mod periyotları beklendiği gibi değişen perde duvar oranı ile değişmektedir. Çizelge 3.11'de değişen perde oranına bağlı olarak hesaplanan periyotlar ve modal periyotların perde duvar oranının azalması ile arttığı görülmektedir.

Çizelge 3.11 SeismoStruct ile hesaplanan Periyotlar

Mod	Model 1	Model 2	Model 3
1	1.177(b)	1.216(b)	1.36(b)
2	1.012(y)	1.035(y)	1.07(y)
3	0.829(x)	0.838(x)	0.962(x)
4	0.356(b)	0.369(b)	0.428(b)
5	0.293(y)	0.301(y)	0.313(y)
6	0.238(x)	0.241(x)	0.301(x)
7	0.19(b)	0.194(b)	0.235(b)
8	0.143(y)	0.147(y)	0.163(y)
9	0.123(x)	0.124(x)	0.155(x)
10	0.12(y)	0.123(y)	0.152(y)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Model 1 için SeismoStruct analizleri sonucunda yapının ağırlığı, periyotları, zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı olan toplam taban kesme kuvveti DBYBHY 2007'ye göre her iki yönde hesaplanmış ve Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Model 1 için SeismoStruct Kesme Kuvveti

	T	T _a	T _b	A ₀	I	S(T)	A(T)	R _a	W(kN)	V _i (kN)
X	1.18	0.15	0.40	0.30	1.00	1.05	0.32	7.00	99950.00	4516.20
Y	1.01	0.15	0.40	0.30	1.00	1.19	0.36	7.00	99950.00	5096.24

3.3.6.9. Sta4cad ve SeismoStruct Arasındaki Farklar

Yapı için tasarım aşamasında C25/30 beton sınıfı seçilmiştir. Sta4Cad ve SeismoStruct programlarında kullanılan malzemelerin elastik modülü Çizelge 3.13'de gösterildiği gibi ayrı değerler almaktadır. Bu durum analizlerde farklılıklar oluşturmaktadır. Çelik malzemesi olarak S420 seçimi yapılmıştır.

Çizelge 3.13 Sta4CAD ve SeismoStruct Malzeme Özelliklerin karşılaştırılması

Malzeme	Sta4Cad	SeismoStruct
Beton	C25/30	C25/30
Beton Elastik Modül	30000 MPa	26999 MPa
Çelik	S420	S420
Çelik Elastik Modül	2×10 ⁵ MPa	2×10 ⁵ MPa

Tasarım yapılan Sta4Cad ve analiz yapılan SeismoStruct programlarından alınan yapı periyotlarının karşılaştırılmasına göre iki farklı program arasında farklılıklar olabileceği Çizelge 3.14'de gösterildiği gibidir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çizelge 3.14 Model 1 için Sta4CAD ve SeismoStruct Periyotlarının karşılaştırılması

Mod	Sta4Cad	SeismoStruct
1	1.041(x.b)	1.177(b)
2	0.891(y)	1.012(y)
3	0.853(b)	0.829(x)
4	0.300(b)	0.359(b)
5	0.247(x)	0.293(y)
6	0.242(y)	0.238(x)
7	0.159(b)	0.190(b)
8	0.118(x)	0.143(y)
9	0.114(y)	0.123(x)
10	0.102(b)	0.120(b)

Periyotların farklı olmasının sebepleri 3 şekilde sıralanmıştır:

1- Sta4Cad programı elastik modülü TS500 standartlarına göre hesaplamaktadır fakat SeismoStruct bu modül için $E=4700*f_c^{0.5}$ almaktadır.

2- SeismoStruct programı döşemeden kirişlere aktarılan üçgen ve trapez yayılı yüklerin girilmesine müsaade etmemektedir. Bu nedenle üçgen ve trapez yükler Denklem 3.3.1 ve Denklem 3.3.2'deki gibi düzgün yayılı yüke dönüştürülerek etki ettirilmiştir.

$$\frac{1}{3} \times P_d \times l_k \quad (3.3.1)$$

$$\frac{1}{3} \times P_d \times l_k \times \left(1,5 - \frac{0,5}{m}\right) \quad (3.3.2)$$

3- Sta4Cad kolon kiriş birleşim bölgelerinde rijit bölge oluşturmakta ve bağlantılar, SeismoStruct'daki birleşim bölgelerine göre daha rijit olmaktadır. Bu yüzden Sta4Cad paket programında periyot daha az çıkabilmektedir.

3.4. Doğrusal Elastik Olamayan Analiz Yöntemleri

Mevcut bina stokunun ortaya çıkardığı sismik riskin belirlenmesi gelecek depremlere hazırlık bakımından acil bir konudur (Erberik, M.A., 2008). Kentlerin mevcut

bina stoklarının deprem risklerinin önceden tahmini, gerek afet planlaması ve gerekse deprem zararlarının azaltılması konusunda yapılması gerekenlerin belirlenmesi açısından çok önemli bir rol oynamaktadır (Tüzün, C. ve Aydınöglü, N., 2007). Mevcut binalarda oluşabilecek çeşitli hasar seviyeleri hakkında önceden bilgi sahibi olunması, olası ekonomik kayıpların da güvenilir bir şekilde tahmin edilebilmesi bakımından önemlidir. Ayrıca hasar görme olasılığı yüksek binaların belirlenmesi, bu binaların güçlendirilerek deprem performanslarının iyileştirilmesine ve böylece depreme dayanıklı binalar olarak geri kazanılmasına olanak sağlayacaktır (Uçar, T. ve Düzgün, M., 2013).

Mevcut binaların performansının belirlenmesinde kullanılan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinden artımsal itme analiz ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri üzerinde durulacaktır.

3.4.1. Statik İtme Analizi

Deprem etkisi altında mevcut binaların performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme yapılması için doğrusal elastik olmayan analizlere ihtiyaç duymaktayız. Bu analizlerin amacı sisteme aktarılan bir depremin etkisi altında sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ve gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Böylece, binaların büyük bir depreme maruz kaldıklarında elastik sınırların aşılması durumunda nasıl davrandıkları ve göçme mekanizmalarının nasıl olduğu daha açık bir şekilde anlaşılır. Doğrusal elastik yöntemle, yapının elastik kapasitesi görülebilir hatta ilk akmanın nerede olacağı da belirlenebilir ancak göçme mekanizmasının nasıl olacağı ve akma sırasında kuvvetlerin tekrardan diğer elemanlara nasıl dağılacağı tahmin edilemez.

Geleneksel (adaptif olmayan) itme analizi dinamik davranışı, oluşan deformasyonlar seviyeleri ile belirgin ölçüde etkilenmeyen yapıların yatay kapasitesini tahmin etmekte sıklıkla kullanılır (diğer bir deyişle, dinamik davranışı simüle etmesi gereken yatay yük şekli sabit olarak farzedilebilir). Uygulanan artımsal yük P , kullanıcı tarafından başlangıçta tanımlanan nominal yük dağılımı (P^0) ile orantılıdır: $P = \lambda(P^0)$, Yük faktörü λ ; program tarafından kullanıcı tanımlı limite veya sayısal bir hataya ulaşıncaya kadar otomatik olarak artırılır. Yük faktörünün artırımı için farklı stratejiler uygulanabilir. Şu anda, üç tip kontrol vardır: yük, davranış ve otomatik davranış. (SeismoSoft, 2013).

3.4.2. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz

Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz, belirli bir yer hareketinin zaman tanım alanındaki ivme kaydı ile yapıda meydana gelen elastik ötesi davranışı elde etmek için kullanılmaktadır (FEMA, 2005).

Doğrusal olmayan artımsal itme analizinin aksine bu yöntemle deprem sırasındaki yer değiştirme talepleri doğrudan elde edilebilmektedir. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz, depremin tersinir etkisini temsil edebildiği için doğrusal olmayan artımsal itme analizine göre daha doğru sonuçlar vermektedir (Li, Y.R., 1996).

Yatay yük olarak tanımlanan deprem etkisi, deprem yönetmeliklerinde ve günlük tasarımlarda genellikle eşdeğer statik bir kuvvet gibi düşünülmektedir. Fakat bu yaklaşım genelde hatalıdır. Depremi temsil etmek üzere alınan bu yatay kuvvetler gerçekteki deprem ivmelerinden doğan kuvvetin 1/4~1/8'i kadardır. Deprem hareketi, tersinir bir etkidir. Bu nedenle yapıyı sadece dayanım açısından güçlü yapmak, yapıyı tasarlamak için yeterli değildir. Yapının, deprem etkisiyle yapıda oluşan rölatif yer değiştirmeleri gerekli dayanım ile karşılayabilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir (Celep, Z., 2004; Doğançın, A., 2005).

Dinamik analiz deprem yüklerine maruz kalmış bir yapının doğrusal olmayan inelastik davranışını tahmin etmekte yaygın olarak kullanılır (bittabi, elastik elemanlar ve düşük şiddetli tanımlı deprem hareketi söz konusu ise doğrusal elastik dinamik davranış da modellenebilir). Hareket denklemlerinin direkt integrali, sayısal sönümlü-integral algoritması (Hilber, et al., 1977) veya bunun daha özel bir durumu olan, herkesçe bilinen Newmark tertibinin (Newmark, N.M., 1959) kullanılmasıyla alınır; optimum doğruluk ve verimlilik ise otomatik zaman adımının ayarlanması ile sağlanmaktadır.

Sismik etkilerin modellenmesi, mesnetlere ivme yük eğrilerinin (ivme kayıtları) tanımlanması ile sağlanır. Ayrıca, her mesnede farklı eğriler tanımlanabilmekte ve böylelikle eşzamanlı olmayan yer hareketlerinin temsiline izin verilmektedir.

Bunlara ek olarak, dinamik analiz ani vuruş yükleme durumları (örneğin patlama, darbe vb.) için de kullanılabilir. Bu durumlarda, mesnetlerde ivme zaman-tanım alanı yerine uygun düğüm noktalarına geçici yük tanımlanması için her hangi bir şekle sahip (dikdörtgen, üçgen, parabol gibi) ani vuruş yük fonksiyonları kullanılabilir.

3.4.3. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi

Tez kapsamında kullanılan yer hareketleri Kazaz (2020)'den alınmıştır. Kullanılan yer hareketlerinin ölçeklendirmesi TBDY 2018'e göre Erzurum şehir merkezi için DD2 deprem düzeyi ve ZC zemin sınıfına göre yapılmıştır. Tez kapsamında incelenen yapının tasarımı DBYBHY 2007 standartlarına göre, 2. derece deprem bölgesi ve Z2 zemin sınıfı için yapıldığı hatırlanmalıdır. Yani seçilen yer hareketi kayıtları tasarımda öngörülen deprem şiddetinden daha büyük değerler almaktadır.

Bu çalışmada, Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER Center.2020) kuvvetli yer hareketi veri bankasında bulunan deprem kayıtları kullanılmaktadır. Burada, dünyanın çeşitli yerlerinde aktif tektonik faaliyet gösteren bölgelerde meydana gelen 92 sığ kabuksal depremden alınan 4062 kayıt mevcuttur (Fahjan, Y.M., 2008).

Çalışmada kullanılan yer hareketleri gerçek yer hareketleridir. Gerçek deprem kayıtları, yer sarsıntısının doğası ve belli başlı özellikleri (genliği, süresi, faz özellikleri ve frekans muhteviyatı) hakkında sağlıklı bilgiler içerir. Ayrıca, kayıtları etkileyen kaynak, yayılım ortamı ve zemin gibi bütün faktörleri de yansıtır. Bu yüzden sahanın sismolojik parametrelerini de göz önünde bulundurarak bu tür kayıtların seçilmesi diğer alternatiflere göre büyük üstünlük sağlar (Bommer, J. J., et al., 2003).

Kullandığımız yer hareketleri Çizelge 3.15'de görüldüğü gibi 9 adettir ve özellikleri verilmektedir.

Gerçek deprem kayıtlarının genliğine yapılacak ölçekleme miktarları, çıkan hareketin kullanılacağı problemin türüne göre belirli limitleri aşmaması önerilir. Yapılan çalışmalarda yapıların doğrusal elastik analizlerinde üst limit olarak 4'ün kabul edilebileceği, fakat doğrusal elastik olmayan analizlerde ölçekleme katsayısı (α) 0.5 ile 2 arasında sınırlandırılması gerektiği belirtilmiştir. Sıvılaşma için ise 2'den büyük ölçekleme katsayısı (α) kullanılmaması tavsiye edilir (PEER Center, 2020 and Krinitzsky., E. L., et al., 1977).

D1-D7 1999 Norridge Depremi; 17 Ocak 1999 günü yerel saat ile 04.31'de ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki Los Angeles şehrini etkileyen depremin asıl dış merkezi Reseda'dadır. 10-20 saniye arası süren depremin büyüklüğü Richter ölçeğinde 6.7'dir (Anonim, 2021).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

D2 1979 Imperial Valley Depremi; 15 Ekim 1979 günü yerel saat ile 16.16'da Meksika-ABD sınırında meydana gelmiştir. 5-13 saniye arası süren depremin büyüklüğü Richter ölçeğinde 6.5'dir (Anonim, 2021).

D3 1995 Kobe Depremi; 17 Ocak 1995 tarihinde Japonya'nın Kobe kentinde meydana gelmiştir. Büyüklüğü Richter ölçeğinde 7.2'dir (Anonim, 2021).

D4-D6 1999 Kocaeli-Gölcük Depremi; 17 Ağustos 1999 sabahı yerel saat ile 03.02'de Kocaeli ilini Gölcük ilçesi merkezli meydana gelmiştir. Büyüklüğü Richter ölçeğinde 7.5'dir (Anonim, 2021).

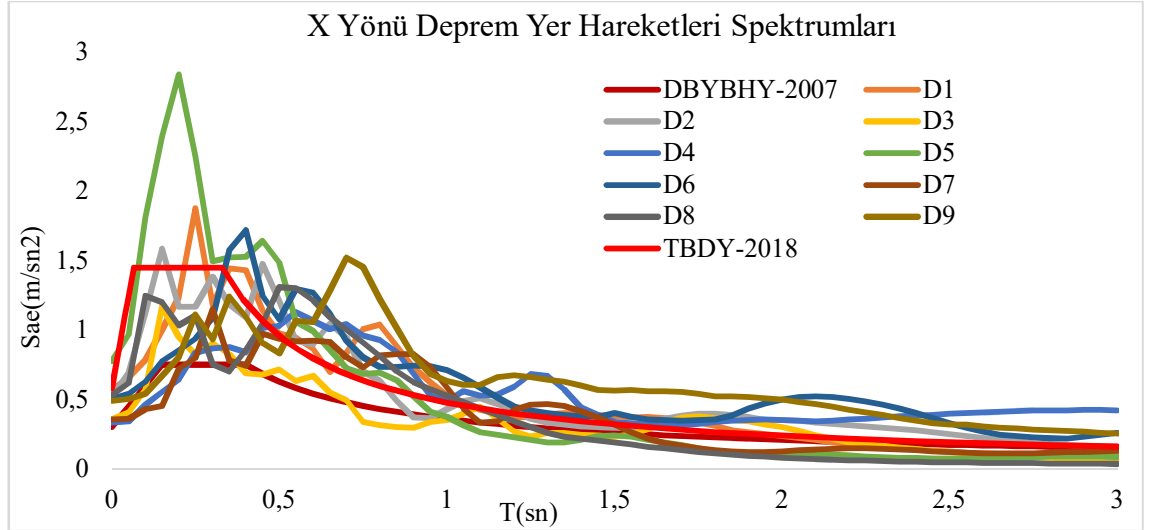
D5-D9 1989 Loma Prieta Depremi; 17 Ekim 1989 tarihinde ABD'nin Kaliforniya eyaletinde San Francisco körfezi bölgesinde 17.04'de meydana gelmiştir. Deprem 15 saniye süren depremin büyüklüğü Richter ölçeğinde 6.9'dur (Anonim, 2021).

D8 1987 Whittier Narrows Depremi; 1 Ekim 1987 tarihinde ABD'nin Kaliforniya eyaletinde depremin büyüklüğü Richter ölçeğinde 5.9'dur (Anonim, 2021).

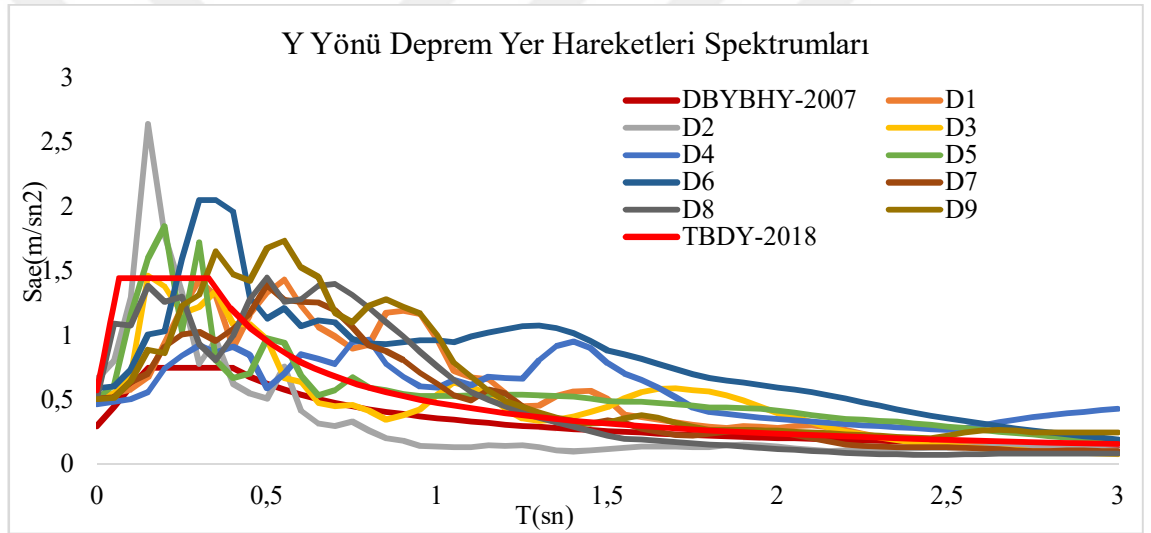
Şekil 3.10 ve 3.11 ölçeklenmiş yer hareketi kayıtlarının ivme spektrumlarını 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri tarafından aynı bölge için öngörülen tasarım spektrumları ile birlikte X ve Y yönü için ayrı ayrı çizdirmektedir.

Çizelge 3.15 Deprem Yer Hareketleri (Kazaz, I., 2020)

No	Deprem	Yıl	Mw	R	PGA	PGV	Y Yönü Ölçek Katsayısı
D1	Norridge	1994	6.7	25.4	557	51.8	1.00
D2	Imperial Valley	1979	6.5	16.2	309	32.7	1.62
D3	Kobe	1995	6.9	22.5	338	27.7	1.48
D4	Kocaeli	1999	7.6	22.7	342	62.2	1.46
D5	Loma Prieta	1989	6.9	6.3	360	44.7	1.39
D6	Kocaeli	1999	7.4	17.1	308	50.7	1.62
D7	Norridge	1994	6.7	10.6	424	50.9	1.18
D8	Whittier Narrows	1987	6.1	16.4	216	28.0	2.31
D9	Loma Prieta	1989	6.9	25.8	274	35.6	1.82



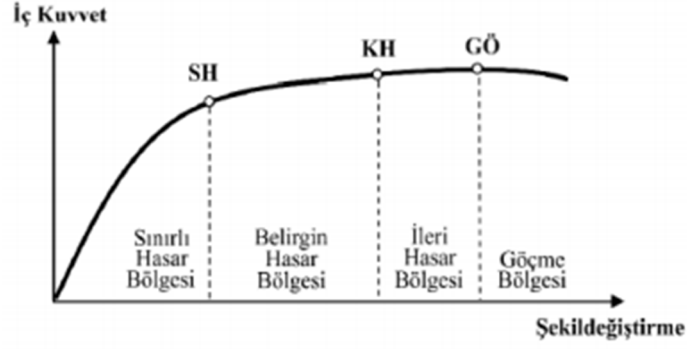
Şekil 3.10 X Yönü Deprem Yer Hareketleri Spektrumları



Şekil 3.11 Y Yönü Deprem Yer Hareketleri Spektrumları

3.5. Şekil Değiştirmelerin ve İç Kuvvetlerin Değerlendirilmesi

Şekil 3.12 de gösterildiği gibi TBDY(2018)'de sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumları ve bunların sınır değerleridir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir (TBDY, 2018).



Şekil 3.12 TBDY 2018'e Göre Hasar Sınırları Grafiği (TBDY, 2018)

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yüksek binalarda dâhil olmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu bölümde verilen yayılı plastik davranış modeline göre hesaplanan beton ve donatı çeliği toplam birim şekil değiştirmeleri $\epsilon_c^{(GÖ)}$ ve $\epsilon_s^{(GÖ)}$ için izin verilen sınırlar aşağıda tanımlanmıştır:

Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için beton birim kısalması:

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde:

$$\epsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (3.5.1)$$

Bu bağıntılardaki ilk terim sargısız betonun (kabuk betonu) birim kısalmasına karşı gelmektedir. ω_{we} etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını göstermektedir:

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh.min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.5.2)$$

Denk.(3.5.2)'de yer alan α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısını, $\rho_{sh.min}$ dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanını, f_{ywe} enine donatının ortalama(beklenen) akma dayanımını göstermektedir:

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (3.5.3)$$

Denk.(3.5.3)'de A_{sh} ve ρ_{sh} göz önüne alınan doğrultuda enine donatının alanını ve hacimsel oranını, b_k dik doğrultudaki çekirdek boyutunu (en dıştaki enine donatı eksenleri

3. MATERYAL VE YÖNTEM

arasındaki uzaklık), s enine donatı aralığını, b_o ve h_o sargı donatısı eksenlerinden ölçülen sargılı beton boyutlarını, a_i bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı göstermektedir (TBDY, 2018).

Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekil değiştirmesi:

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (3.5.4)$$

Burada ε_{su} çekme dayanımına karşı gelen birim uzamayı göstermektedir.

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 3.13 TBDY 2018'e Göre Çelik Özellikleri (TBDY, 2018)

Priestley vd. (2007) önerdiği yöntemle akma sınır değerleri hesaplanmıştır. Bu yöntemde kesit en dış liflerinde donatı çekme ve beton basınç birim şekil değiştirmelerinden çeliğin 0.0021 değerlerini aştığı nokta kesit için ilk akma noktası (ϕ_y', M_y') olarak belirlenir. İkinci nokta olarak kesit en dış lifinde donatı çekme ve beton basınç birim şekil değiştirmelerinden herhangi birinin ilk olarak 0.015 ve 0.004 değerine ulaştığı andaki eğilme momenti elde edilir. Akma eğrilik değeri hesaplanırken ikinci noktada elde ettiğimiz değerlerle Denklem 3.3.5'de görüldüğü gibi yakınsama yapılır ve global akma eğrilik değeri bulunur. Üçüncü nokta olarak çelik veya betonun ilk göçme sınır noktasına ulaştığı nokta göçme öncesi eğrilik ve moment sınırı olarak alınır.

$$\phi_y = \frac{M_y}{M_y'} \times \phi_y' \quad (3.5.5)$$

Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yüksek binalarda dahil olmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu bölümde verilen yığılı plastik davranış modeline göre hesaplanan plastik dönmeler için izin verilen sınır, kesite etkiyen aksenal kuvvet ve TBDY 2018 EK 5A'da verilen beton ve donatı çeliği modelleri dikkate alınarak yapılacak eğrilik analizi sonucunda Denk.(3.5.6) ile hesaplanacaktır (TBDY, 2018).

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (3.5.6)$$

Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu bölümde verilen hesap yöntemleri ile hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirmeler $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(KH)}$ ile plastik dönme $\theta_p^{(KH)}$ sınırları Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için değerlere bağlı olarak Denk. 3.5.7’de tanımlanmıştır.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(GÖ)} \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (3.5.7a)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (3.5.7b)$$

Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu bölümde verilen hesap yöntemleri ile hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirmeler $\varepsilon_c^{(SH)}$ ve $\varepsilon_s^{(SH)}$ Denk.(3.5.8a)’da tanımlanmıştır (TBDY, 2018).

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0025 \quad (3.5.8a)$$

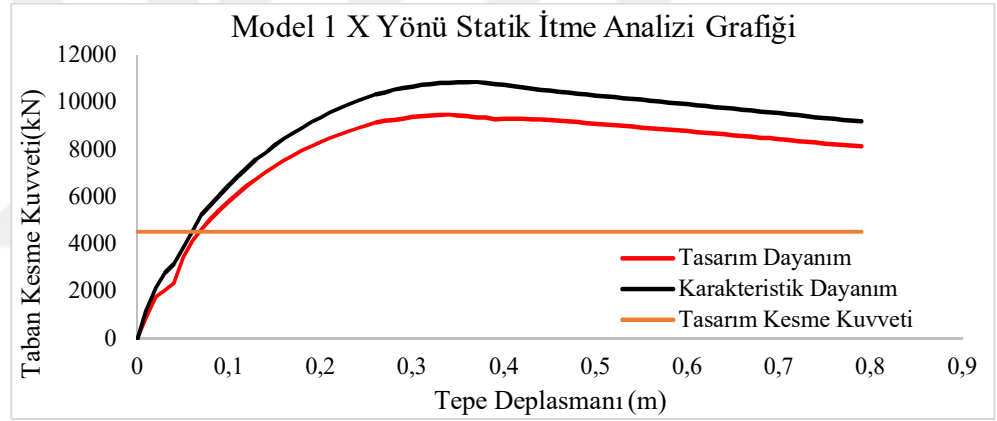
Etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta SH performans düzeyi için taşıyıcı sistemde plastik mafsal oluşumuna izin verilmeyecektir (TBDY, 2018).

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (3.5.8b)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

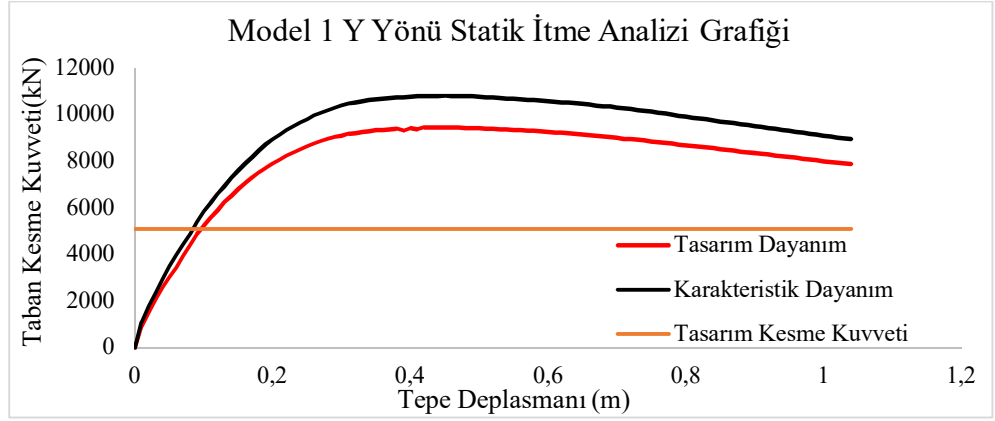
4.1. Statik İtme Analizi Sonuçları

Tez çalışması kapsamında, X ve Y yönünde DBYBDY 2007 tasarım kesme kuvvetlerine göre dayanım fazlalıklarının görmek amacıyla malzemelerin karakteristik ve tasarım dayanımları alınarak dört adet itme analizi yapılmıştır. İtme eğrileri Şekil 4.1 ve 4.2’de sunulmuştur. Malzemelerin karakteristik dayanıma göre maksimum taban kesme kuvveti 10870 kN ve malzemelerin tasarım dayanıma göre maksimum taban kesme kuvveti 9478 kN’dur. Buna göre malzeme dayanımına bağlı dayanım fazlalığı katsayısı 1.14 olarak hesaplanmıştır. DBYBDY 2007’ye göre X yönünde tasarım taban kesme kuvveti 4516.2 kN’dur. Bu durumda X yönünde iki kat dayanım fazlalığı olduğunu göstermektedir.



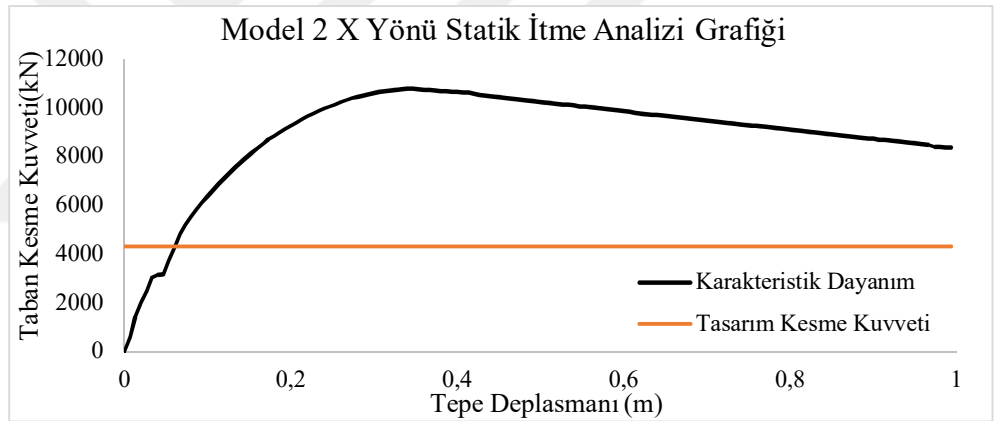
Şekil 4.1 Model 1 X Yönü Statik İtme Analizi Grafiği

Y yönünde malzemelerin karakteristik dayanıma göre maksimum taban kesme kuvveti 10789 kN ve malzemelerin tasarım dayanıma göre maksimum taban kesme kuvveti 9437 kN’dur. Buna göre malzeme dayanım fazlalılığı kat sayısı =1.143 olarak hesaplanmıştır.

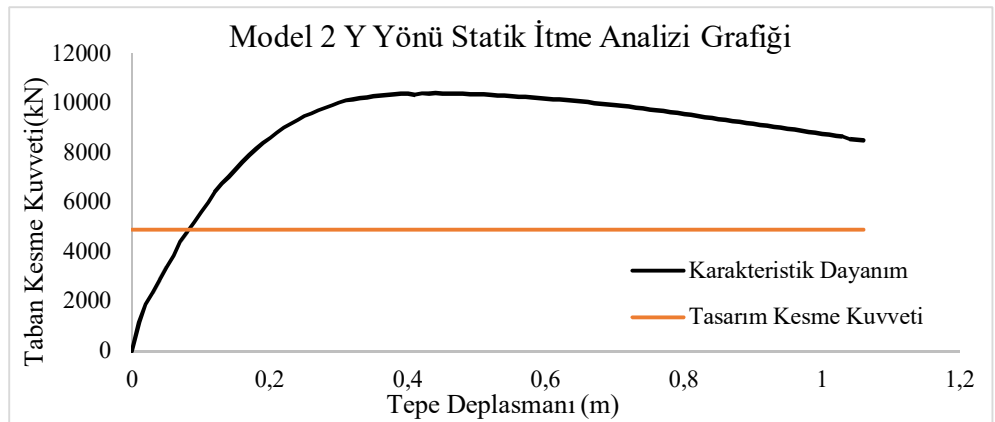


Şekil 4.2 Model 1 Y Yönü Statik İtme Analizi Grafiği

Y yönü tasarım taban kesme kuvveti 5096 kN'dur. Bu da yaklaşık iki kat dayanım fazlalığı olduğunu göstermektedir. Malzemelerin karakteristik ve tasarım dayanımlarına göre malzeme dayanım fazlalığı katsayıları X ve Y yönü için sırasıyla 1.14 ve 1.143 olarak elde edilmiştir.



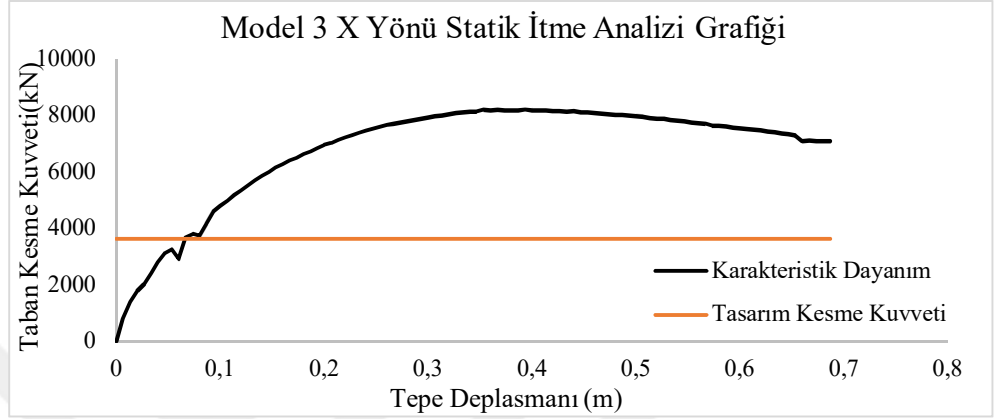
Şekil 4.3 Model 2 X Yönü Statik İtme Analizi Grafiği



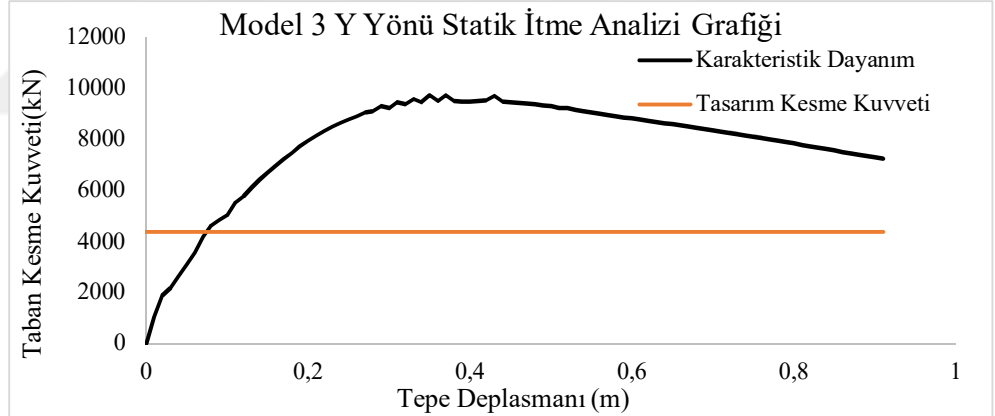
Şekil 4.4 Model 2 Y Yönü Statik İtme Analizi Grafiği

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Model 2 için yapılan statik itme analizi sonuçlarına göre; X yönünde malzemelerin karakteristik dayanıma göre maksimum taban kesme kuvveti 10773 kN ve X yönü tasarım kesme kuvveti 4313 kN'dur. Y yönünde maksimum taban kesme kuvveti 10410 kN ve tasarım kesme kuvveti 4900 kN'dur. 2 kat dayanım fazlalığı Model 2 içinde oluşmuştur.



Şekil 4.5 Model 3 X Yönü Statik İtme Analizi Grafiği



Şekil 4.6 Model 3 Y Yönü Statik İtme Analizi Grafiği

Model 3 için yapılan statik itme analizi sonuçlarına göre; X yönünde malzemelerin karakteristik dayanıma göre maksimum taban kesme kuvveti 8215 kN ve X yönü tasarım kesme kuvveti 3625 kN'dur. Y yönünde maksimum taban kesme kuvveti 9722 kN ve tasarım kesme kuvveti 4371 kN'dur. 2 kat dayanım fazlalığı Model 2 içinde oluşmuştur. Model 3'de yaklaşık 2 kat dayanım fazlalığı katsayısı olmasına rağmen elemanlar göçme hasar sınırlarını aşmakta ve Model 3'ün hasar gördüğü görülmüştür.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çizelge 4.1 Kesme Kuvveti Yüzdesi

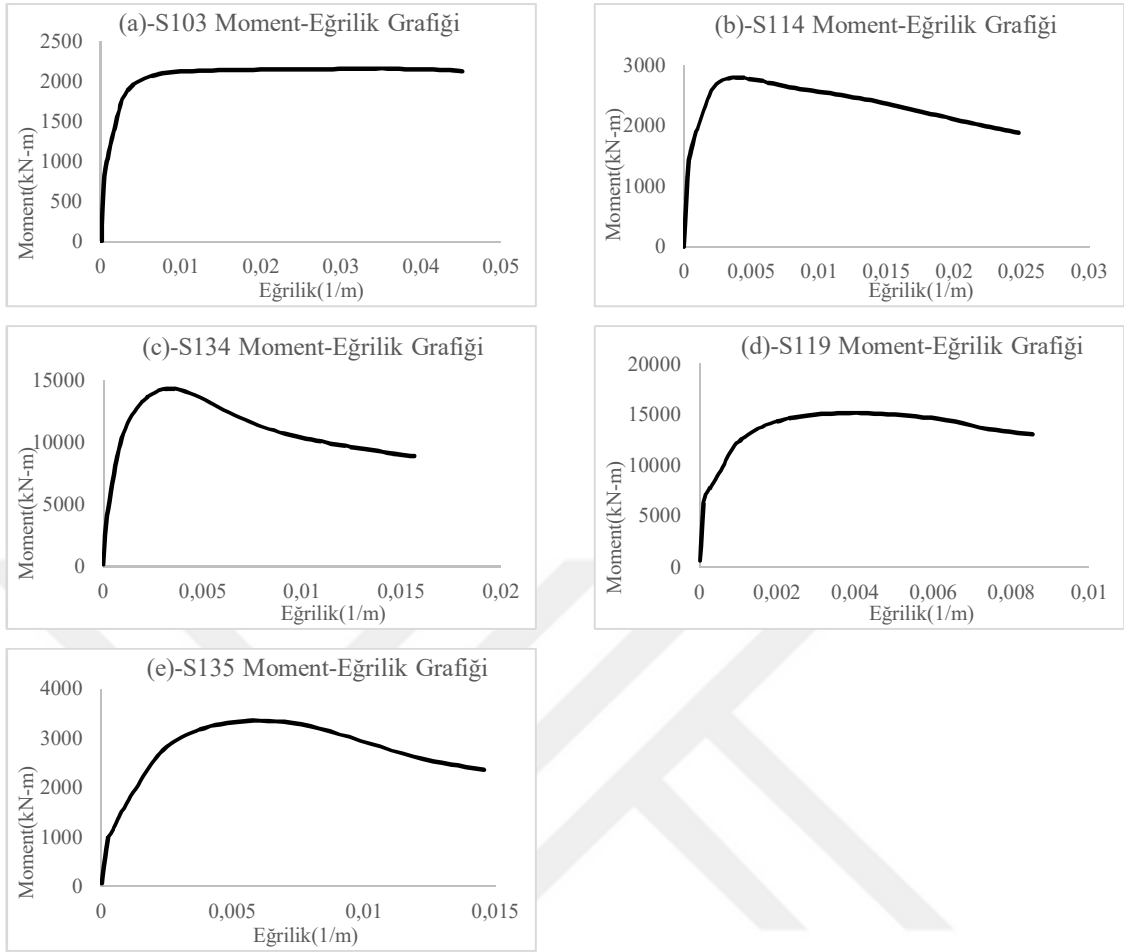
	Model 1 Analiz	Model 1 Tasarım	Model 2 Analiz	Model 2 Tasarım	Model 3 Analiz	Model 3 Tasarım
S103	3,70	4,89	2,27	2,90	1,95	4,34
S114	5,93	7,82	6,24	3,58	4,90	10,91
S134	17,26	22,78	20,17	25,72	10,80	24,02
S119	16,56	21,96	16,70	25,35	6,57	9,78
S135	5,15	6,83	5,19	7,88	5,60	8,33

Çizelge 4.1’de bazı elemanların statik itme analizi sonuçlarına göre kesme kuvveti yüzdeleri verilmiştir. Model 1’de X yönünde 6 adet perde ve Y yönünde 5 adet perde bulunmaktadır bunların bazıları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Model 1 analiz verilerine göre X yönü için perdelerin tamamı için kesme kuvveti oranı %52,89 ile kesme kuvvetinin yarısından fazlasını 6 adet perde karşılamaktadır. Model 1 Y yönü ise %33 oranında kesme kuvvetinin 5 adet perde karşılamaktadır. Perde boyutlarının azaldığı Model 3’de ise sonuçlar: X yönü için perdelerin tamamı için kesme kuvveti oranı %31,28 ile kesme kuvvetinin üçte birini 5 adet perde karşılamaktadır. Model 1 Y yönü ise %10,8 oranında kesme kuvvetinin 1 adet perde karşılamaktadır.

4.2. Statik İtme Analizi Moment-Eğrilik Grafikleri

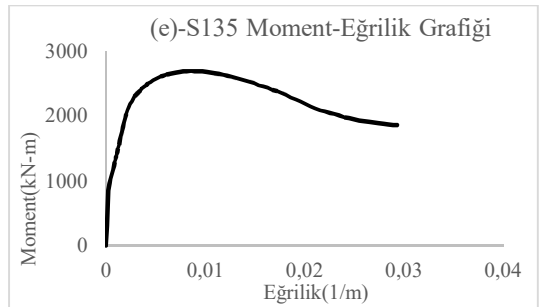
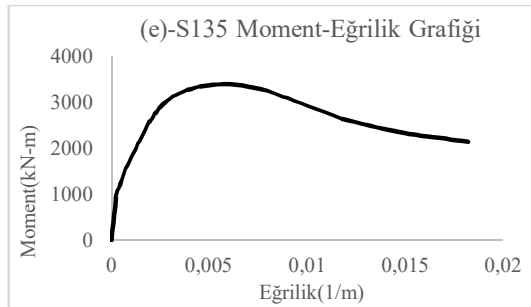
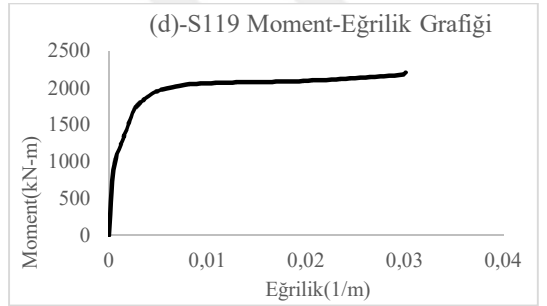
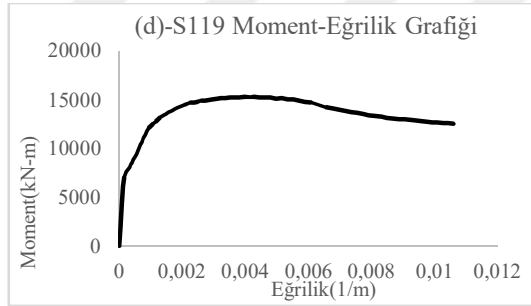
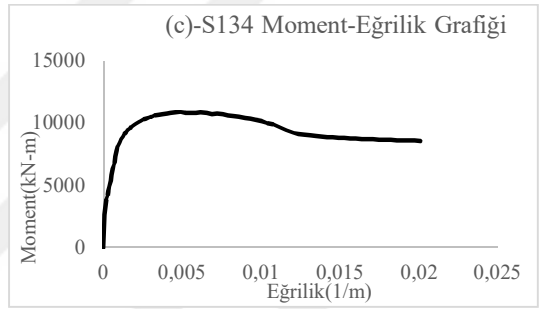
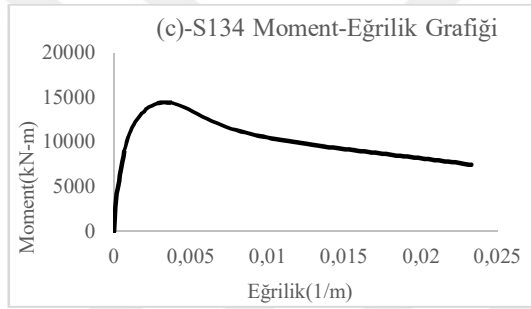
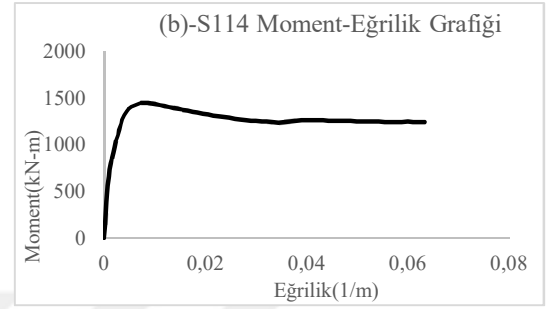
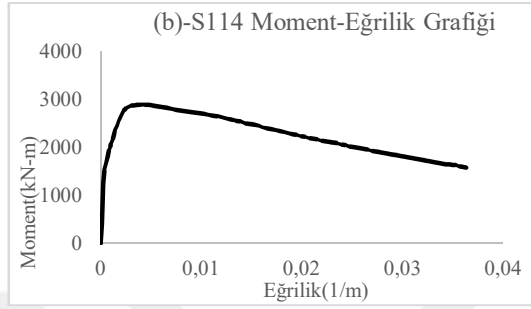
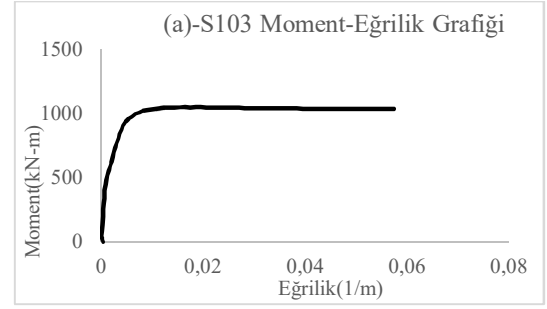
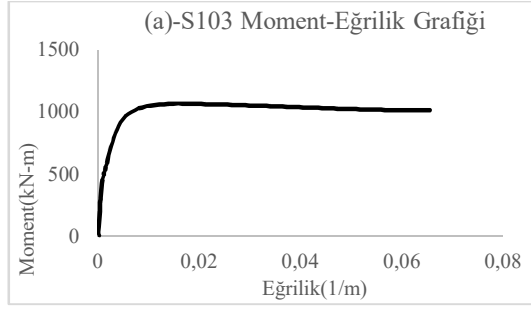
Betonarme elemanların tasarımını yapan kişiler için davranışın bilinmesi ve bu davranışı etkileyen parametrelerin etkisinin anlaşılması son derece önemlidir. Betonarme elemanın davranışı genel olarak moment-eğrilik ilişkisinden izlenilebilir (Ersoy, U., 1998). Bu çalışma kapsamında üzerinden özellikle durulacak beş düşey yapı elemanının (perdeler ve kolon) farklı modellerdeki moment-eğrilik grafikleri Şekil 4.7-4.9’da verilmiştir. Moment-eğrilik grafikleri elemanların kapasitelerini göstermektedir. Moment-eğrilik ilişkisi ayrıca dönme hasar sınırlarını belirlemede kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA



Şekil 4.7 Model 1 Moment-Eğrilik Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA



Şekil 4.8 Model 2 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.9 Model 3 Moment-Dönme Grafikleri

4.3. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Sonuçları

4.3.1. Tepe Deplasmanı ve Taban Kesme Kuvveti Sonuçları

Zaman tanım alanında dinamik analizler Model 1 için daha önce belirtilen dokuz adet yer hareketi altında yapılmıştır. Model 1’de alınan hasar değerlerine göre D4, D6 ve D9 yer hareketleri yapıda büyük hasar oluşturabileceği öngörülmüştür. Buradan hareketle Model 1’e ek olarak perde oranlarını azaltılmış farklı iki model daha hazırlanmıştır ve bu modeller aynı yer hareketleri üzerinde analiz yapılarak hasar durumları belirlenmiştir.

Dinamik analizleri yapılan modellerin X ve Y yönlerinde tepe deplasmanları ve bu yönlerdeki taban kesme kuvvetleri Model 1 ve Model 3 için Çizelge 4.2-4.3’de verilmiştir. Bu sonuçlar Model 1 için 9 yer hareketi, Model 3 için 3 yer hareketi altında verilmiştir. Model 2 ve 3 analizlerinde Model 1 için en büyük hasarı veren üç yer hareketi (D4, D6 ve D9) kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 Model 1 Tepe Deplasmanı-Taban Kesme Kuvveti Tablosu

	Δ_{tx}	Δ_{ty}	Δ_{maks}/H	Δ_{maksy}/H	$V_{tx}(kN)$	$V_{ty}(kN)$
D1	0.23	0.255	0.0074	0.0082	11725	13726
D2	0.21	0.11	0.0067	0.0035	13862	111465
D3	0.12	0.281	0.0038	0.009	9218	13604
D4	0.376	0.481	0.0121	0.0155	13150	16400
D5	0.13	0.5	0.13	0.016	13000	16000
D6	0.44	0.537	0.014	0.0173	13520	15155
D7	0.195	0.234	0.0063	0.0075	9244	15069
D8	0.13	0.155	0.0042	0.005	12336	13620
D9	0.335	0.256	0.01	0.0082	15580	16630

Yapıda kolon ve perdelerin yerleşiminden dolayı X yönünde bulunan tepe deplasmanları, Y yönüne göre daha az olduğu ve X yönündeki taban kesme kuvvetlerinin Y yönüne göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3 Model 3 Tepe Deplasmanı-Taban Kesme Kuvveti Tablosu

	Δ_{tx}	Δ_{ty}	Δ_{maks}/H	Δ_{maksy}/H	$V_{tx}(kN)$	$V_{ty}(kN)$
D4	0.467	0.579	0.015	0.0186	12580	15178
D6	0.401	0.478	0.013	0.0154	13001	16455
D9	0.351	0.262	0.011	0.0084	14833	16099

Perde oranlarının artması ile yapının tepe deplasmanı azalır ve taban kesme kuvveti artar (Günel, A. O., 2013).

4.3.2. Şekil Değiştirme Sonuçları

Çizelge 4.4’de sunulan Model 1 analiz sonuçları kapsamında, D4 yer hareketinde göçme sınırını sadece S103 perdesi aşmıştır ve diğer dört düşey taşıyıcı eleman kontrollü hasar sınırlarında kalmıştır. Sekiz yer hareketinde yapılan analiz sonuçlarına göre ise göçme hasar sınırlarını aşan düşey taşıyıcı eleman bulunmamaktadır. Bu da Model 1’de beton birim şekil değiştirmelerinin yeterli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4 Model 1 Beton Birim Şekil Değiştirme Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D1	0.003	0.0020	0.0017	0.0019	0.001
D2	0.0021	0.0014	0.0011	0.0021	0.0021
D3	0.0041	0.002	0.0023	0.0018	0.0013
D4	0.014	0.013	0.013	0.0084	0.0042
D5	0.005	0.003	0.006	0.0012	0.001
D6	0.0094	0.004	0.007	0.004	0.0033
D7	0.0022	0.0013	0.0016	0.0017	0.0009
D8	0.002	0.0015	0.0016	0.001	0.0014
D9	0.006	0.0026	0.0025	0.005	0.0021
$\epsilon_c^{(GÖ)}$	0.01	0.015	0.018	0.01	0.015
$\epsilon_c^{(KH)}$	0.0075	0.01125	0.0135	0.0075	0.1125
$\epsilon_c^{(SH)}$	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025

Çizelge 4.5’te sunulan Model 1 analiz sonuçları kapsamında, çelik birim şekil değiştirmelerinde göçme hasar sınırını aşan eleman bulunmamaktadır. D4 yer hareketinde sadece üç düşey taşıyıcı eleman kontrollü hasar sınırını aşmıştır. Model 1 için dokuz yer hareketi üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre, çelik ve beton birim şekil değiştirme değerlerinin göçme hasar sınırlarını aşmadığını söyleyebiliriz.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çizelge 4.5 Model 1 Çelik Birim Şekil Değiştirme Değerleri

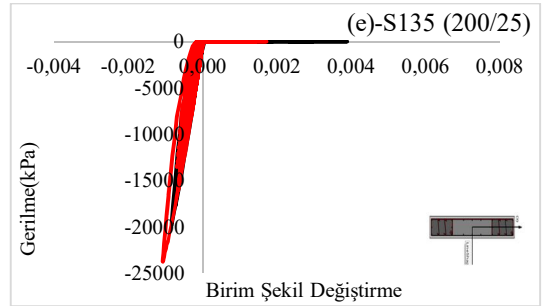
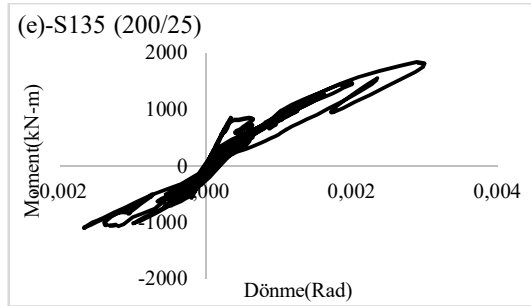
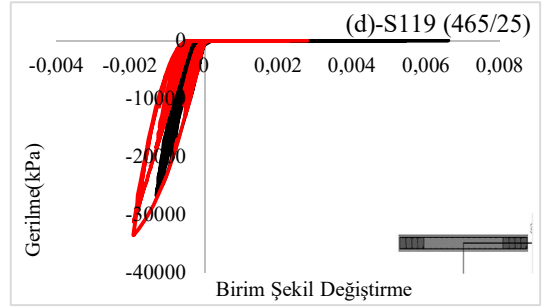
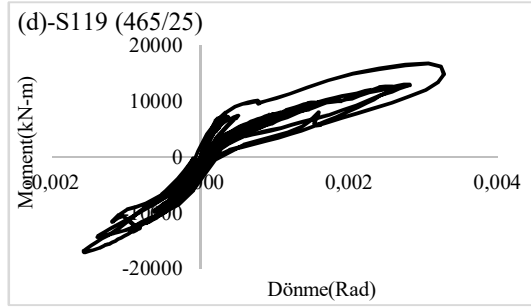
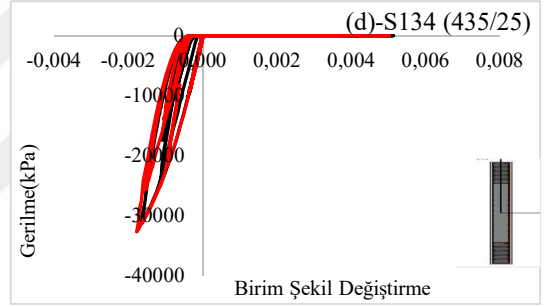
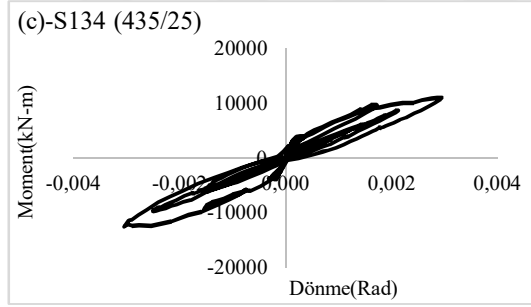
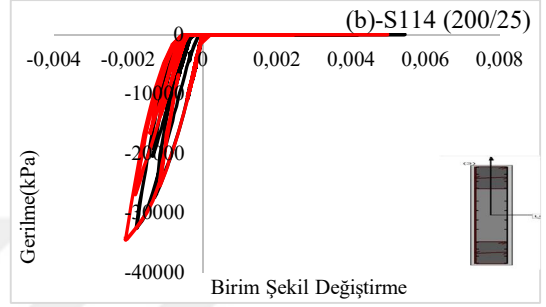
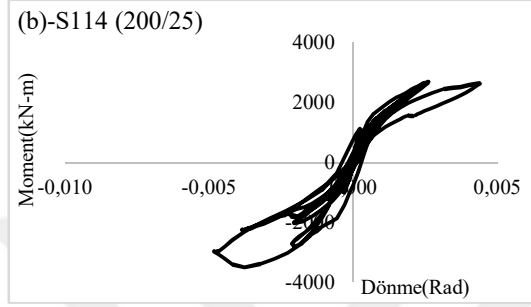
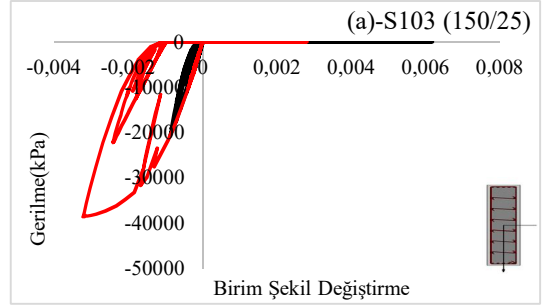
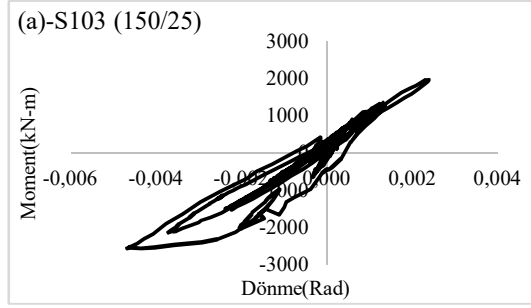
	S103	S114	S134	S119	S135
D1	0.0061	0.0054	0.0051	0.0066	0.0039
D2	0.0059	0.0038	0.0035	0.0048	0.005
D3	0.0067	0.0052	0.007	0.005	0.0032
D4	0.0307	0.022	0.027	0.017	0.030
D5	0.02	0.016	0.015	0.003	0.006
D6	0.021	0.019	0.019	0.017	0.012
D7	0.003	0.003	0.0038	0.0046	0.0025
D8	0.0054	0.0036	0.0036	0.0025	0.0019
D9	0.0074	0.0058	0.0075	0.012	0.016
$\epsilon_s^{(G\ddot{O})}$	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
$\epsilon_s^{(KH)}$	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
$\epsilon_s^{(SH)}$	0.0075	0.0075	0.0075	0.0075	0.0075

Çizelge 4.6’te Model 1 analiz sonuçları kapsamında düşey taşıyıcı elemanlarda dönme açıları verilmiştir. Dönme açısı için D4, D6 ve D9 yer hareketlerinde beş düşey taşıyıcı eleman göçme hasar sınırlarını aşmıştır. Dönme açısı üzerinden yapılan değerlendirme daha fazla sayıda elemanın göçme duruman geçtiği görülmektedir. Şekil 4.10-4.27’de her bir elemanın beton ve çelik birim şekildeğiştirme-gerilme ve moment-dönme açısı ilişkisi farklı deprem senaryoları için sunulmuştur.

Çizelge 4.6 Model 1 Dönme Açısı Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D1	0.0045	0.007	0.007	0.007	0.007
D2	0.012	0.006	0.005	0.005	0.004
D3	0.01	0.005	0.004	0.007	0.01
D4	0.041	0.021	0.018	0.023	0.024
D5	0.01	0.012	0.01	0.014	0.017
D6	0.022	0.015	0.012	0.016	0.018
D7	0.005	0.005	0.004	0.005	0.006
D8	0.004	0.0034	0.003	0.005	0.004
D9	0.029	0.013	0.012	0.009	0.011
$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	0.0092	0.0108	0.0065	0.0046	0.0088
$\theta_p^{(KH)}$	0.0069	0.0078	0.0048	0.00345	0.0066
$\theta_p^{(SH)}$	0	0	0	0	0

Model 1 (D1) Northridge Grafikler

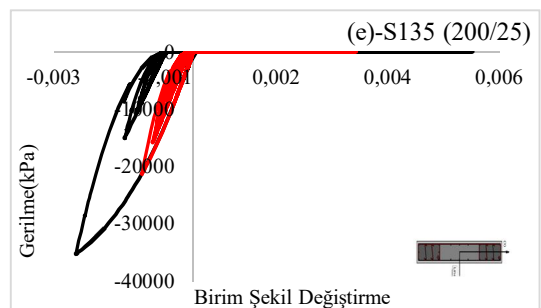
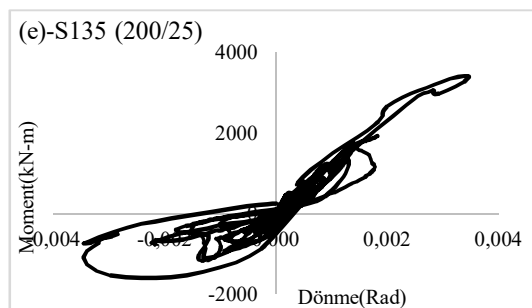
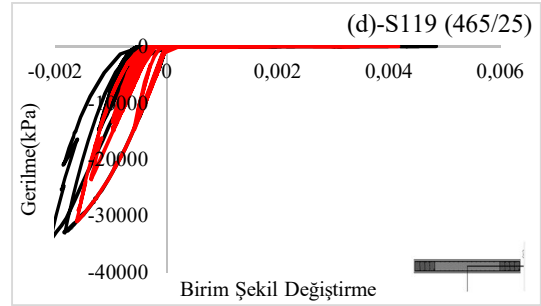
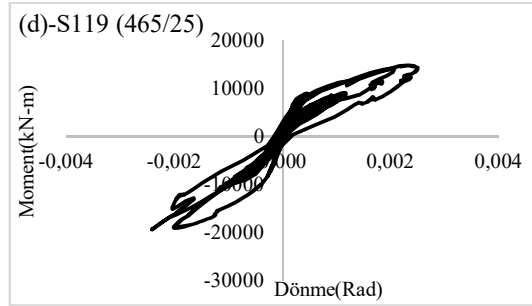
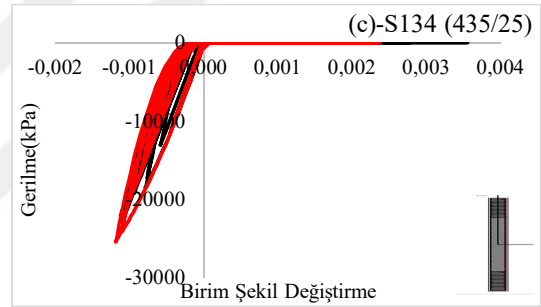
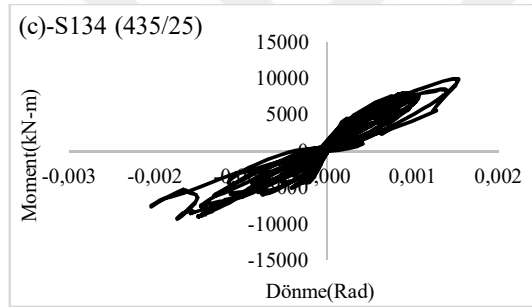
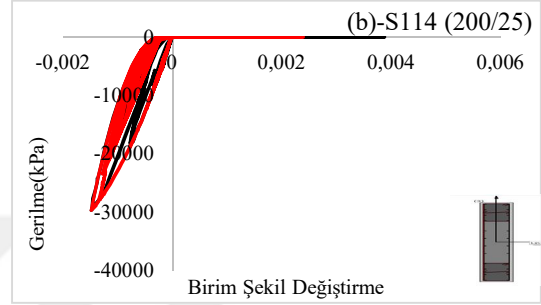
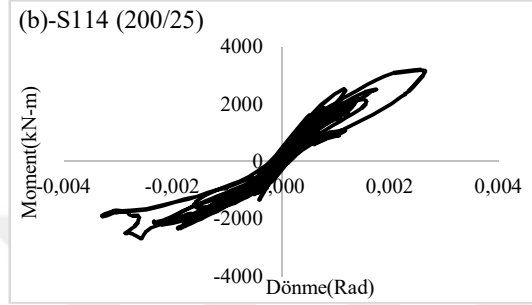
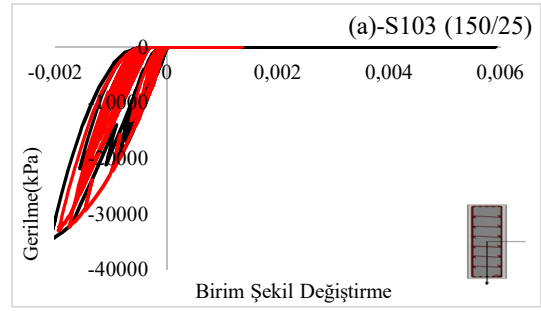
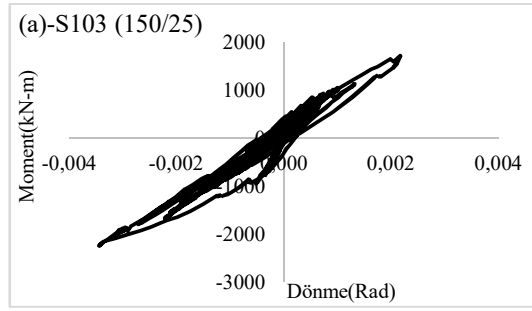


Şekil 4.10 Model 1 D1 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.11 Model 1 D1 σ - ϵ Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

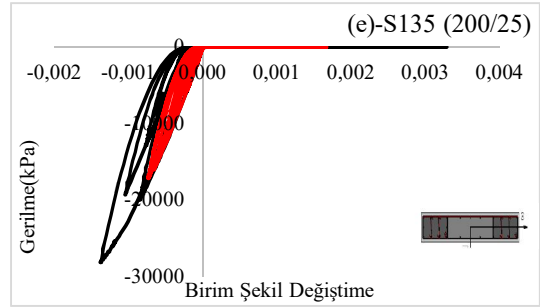
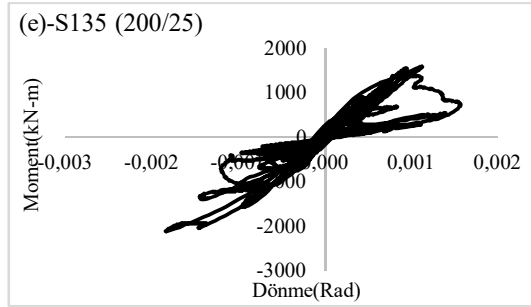
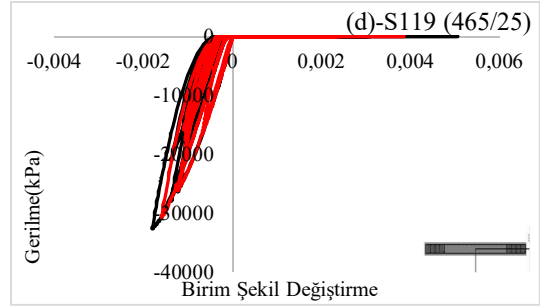
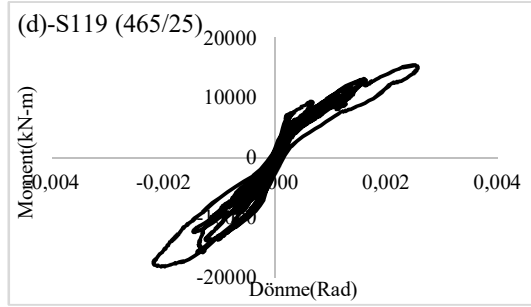
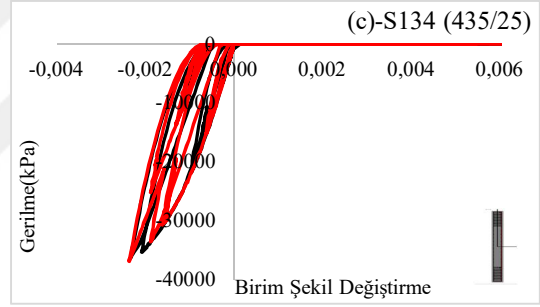
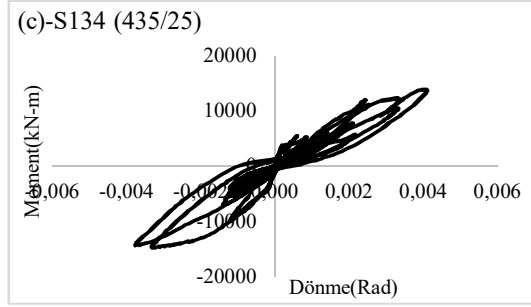
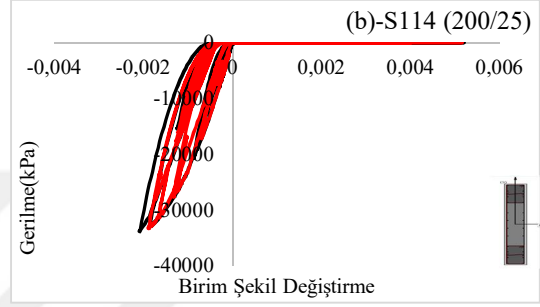
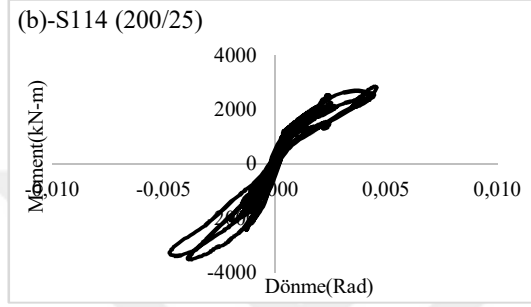
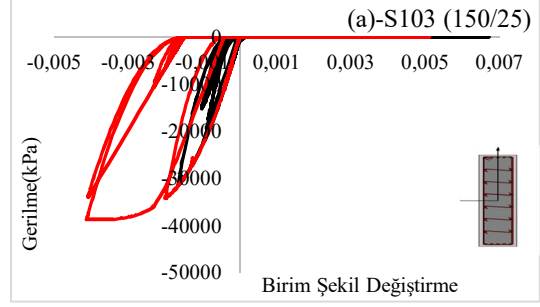
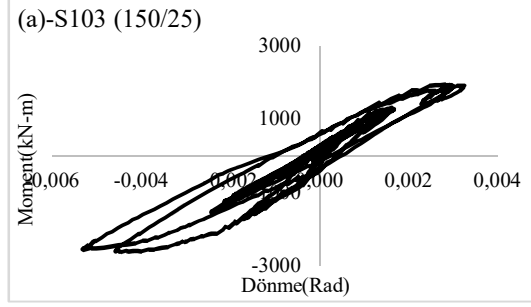
Model 1 (D2) Imperial Valley Grafikler



Şekil 4.12 Model 1 D2 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.13 Model 1 D2 σ - ϵ Grafikleri

Model 1 (D3) Kobe Kakogawa Grafikler

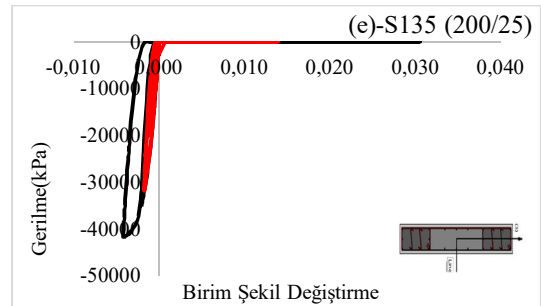
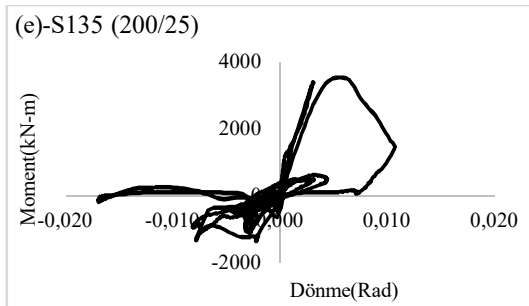
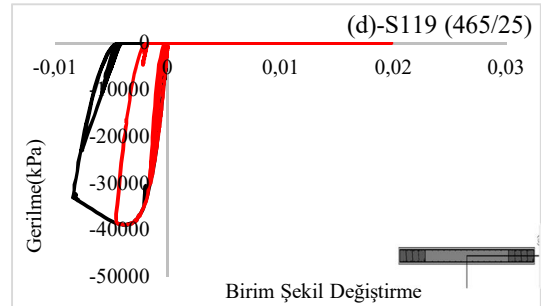
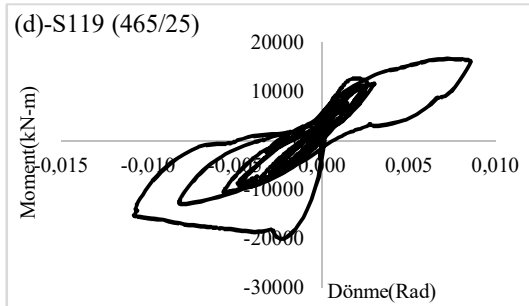
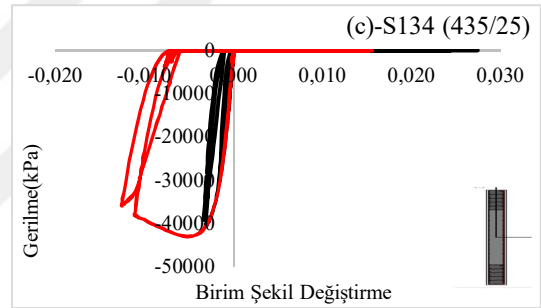
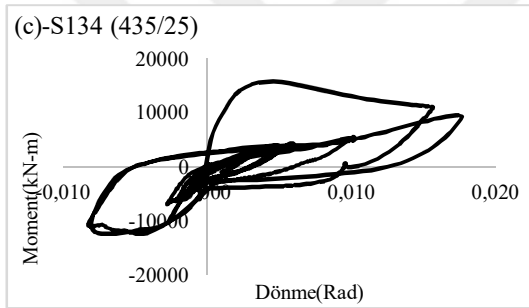
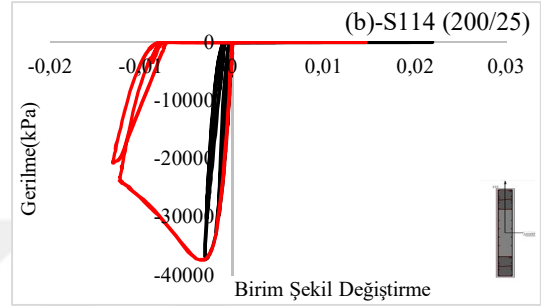
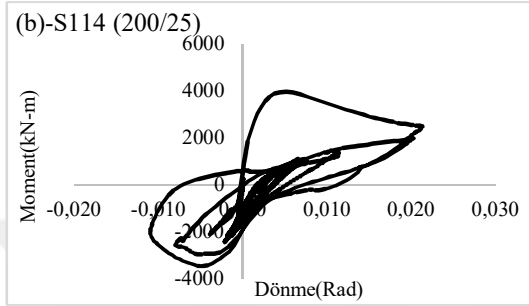
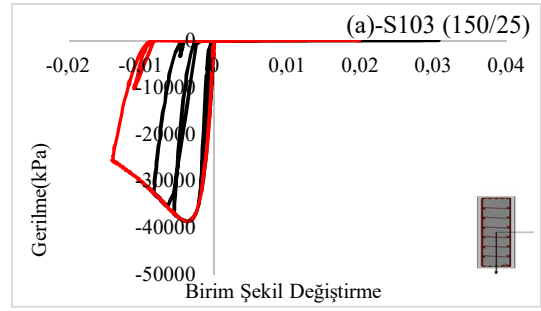
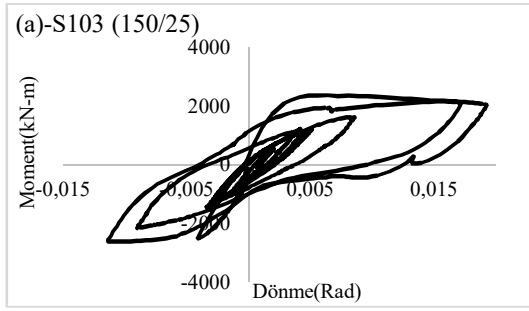


Şekil 4.14 Model 1 D3 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.15 Model 1 D3 σ - ϵ Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

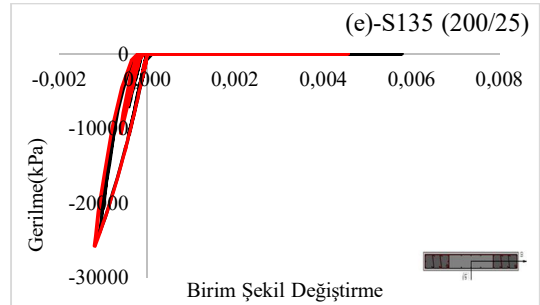
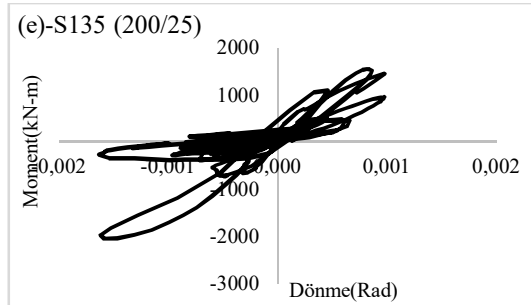
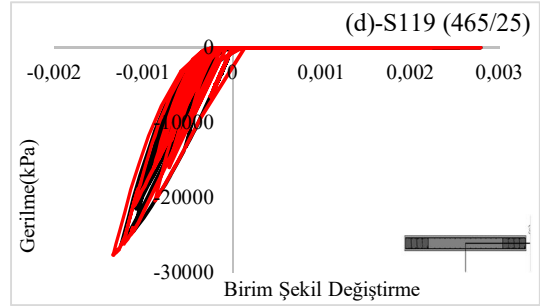
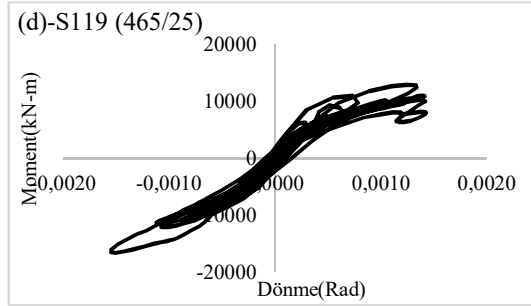
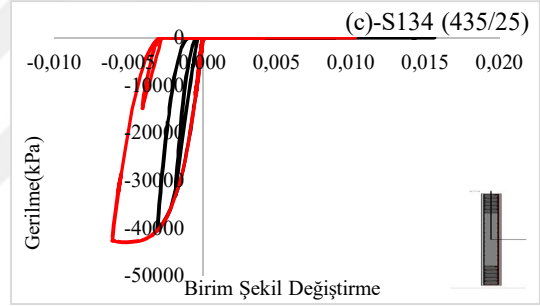
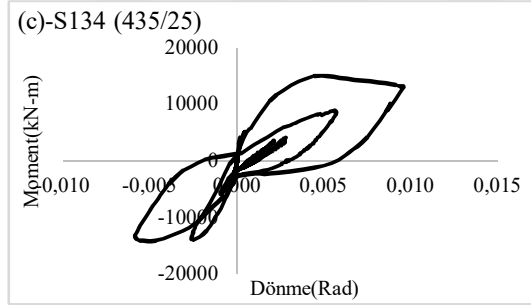
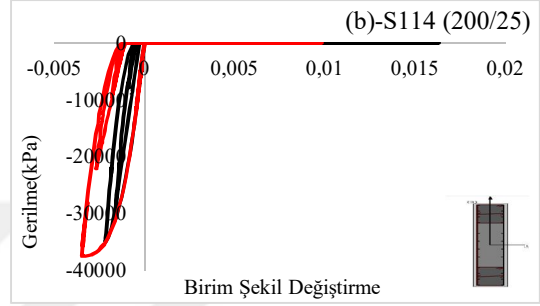
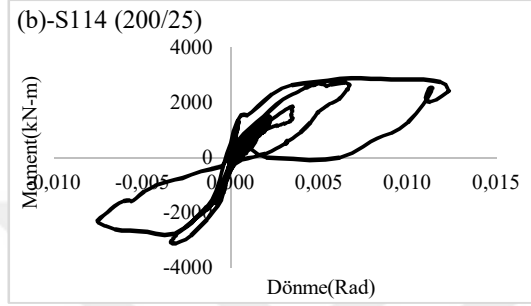
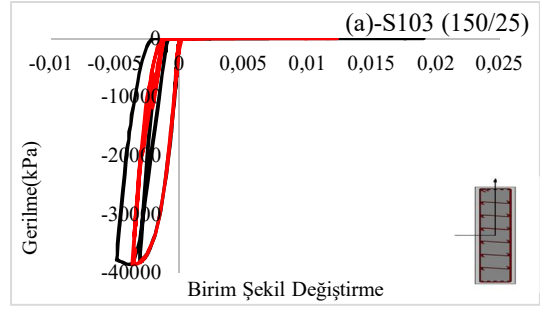
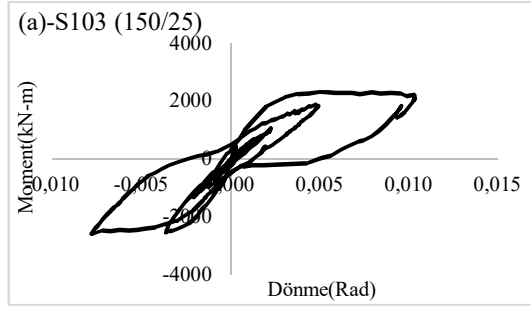
Model 1 (D4) Kocaeli Yarımca Grafikler



Şekil 4.16 Model 1 D4 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.17 Model 1 D4 σ - ϵ Grafikleri

Model 1 (D5) Loma Prieta Grafikler

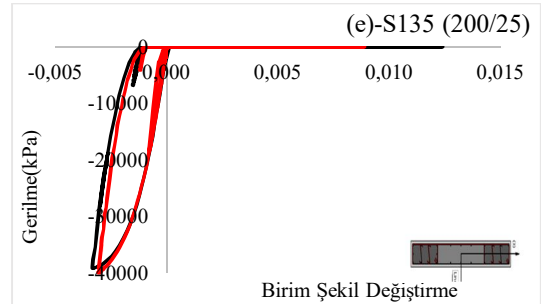
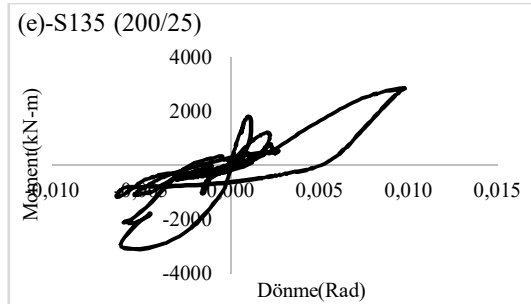
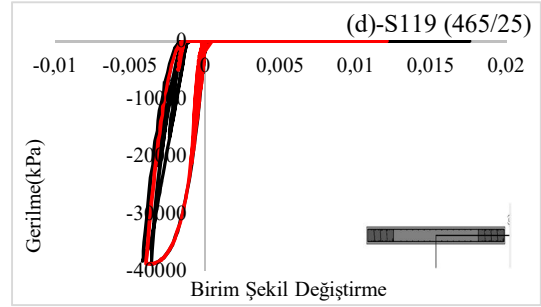
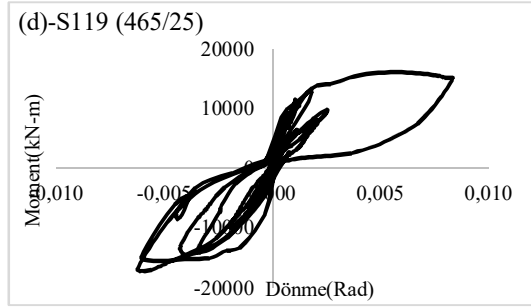
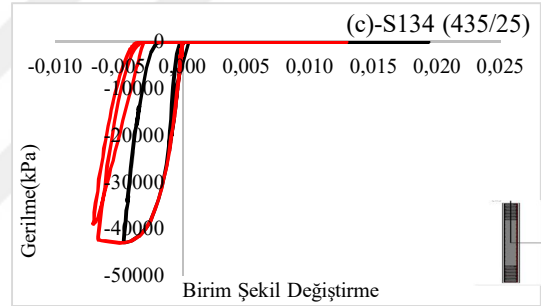
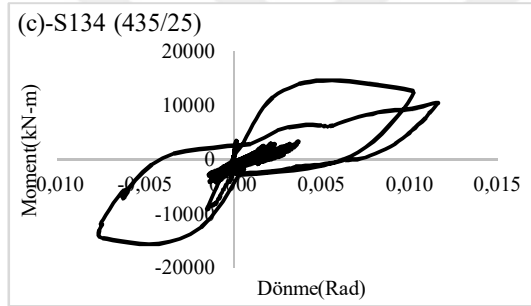
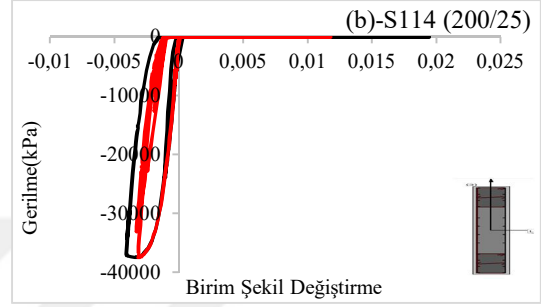
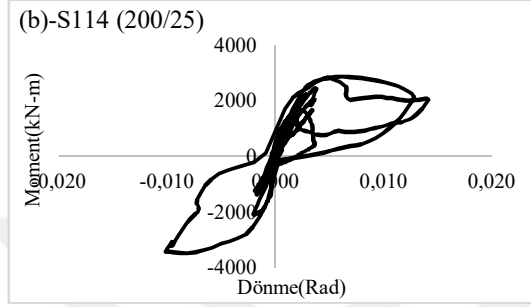
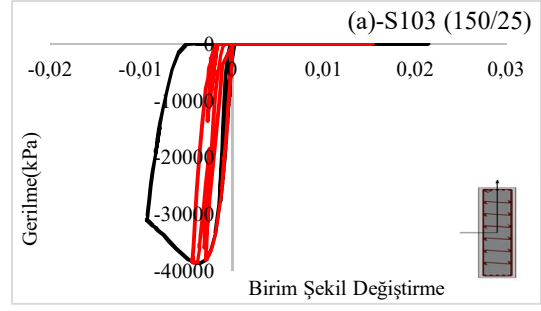
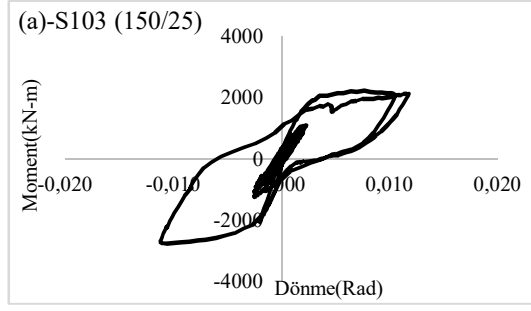


Şekil 4.18 Model 1 D5 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.19 Model 1 D5 σ - ϵ Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

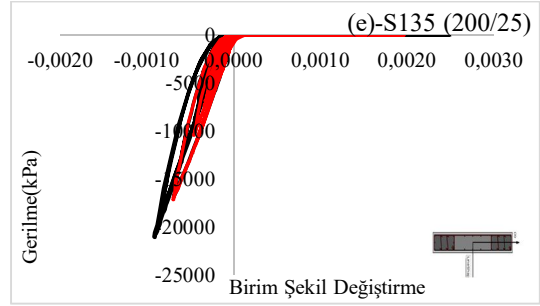
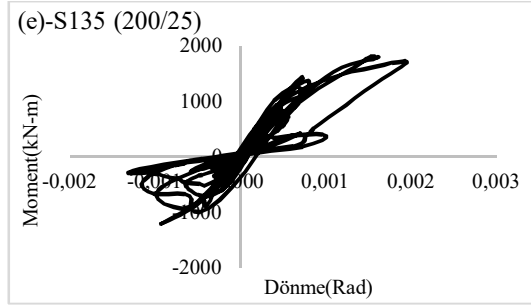
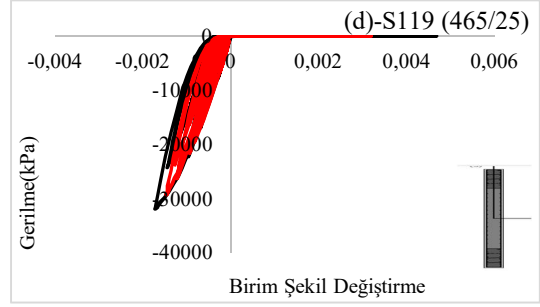
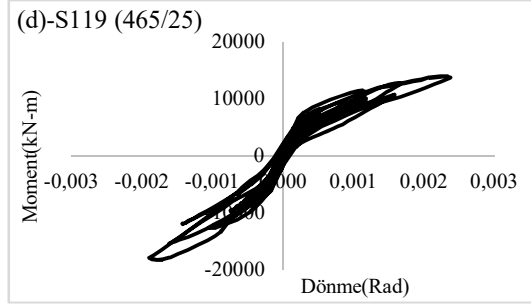
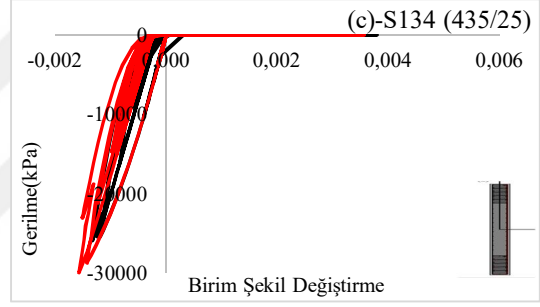
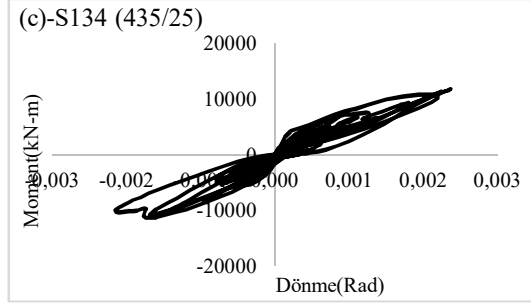
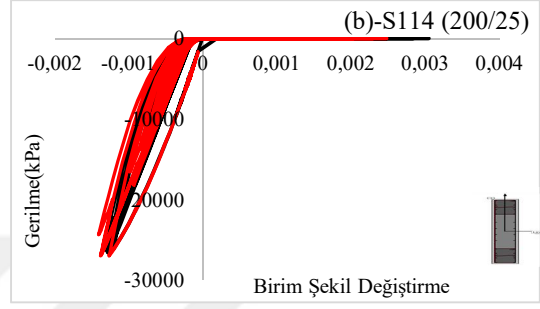
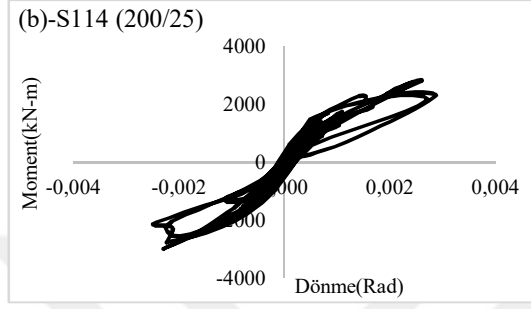
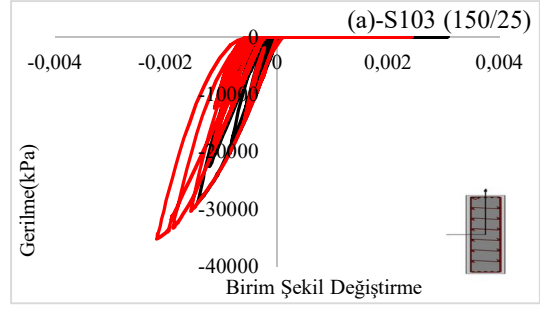
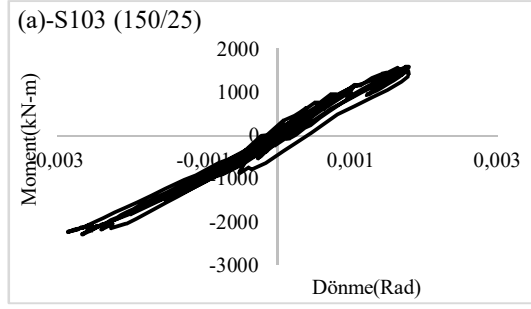
Model 1 (D6) Kocaeli Düzce Grafikler



Şekil 4.20 Model 1 D6 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.21 Model 1 D6 σ - ϵ Grafikleri

Model 1 (D7) Nortridge Grafikler

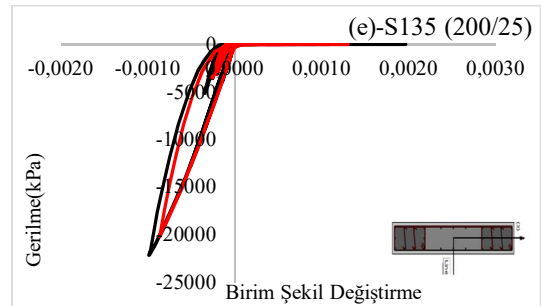
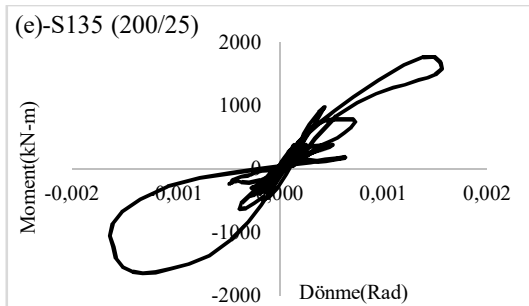
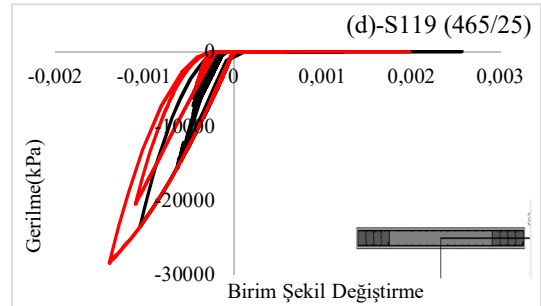
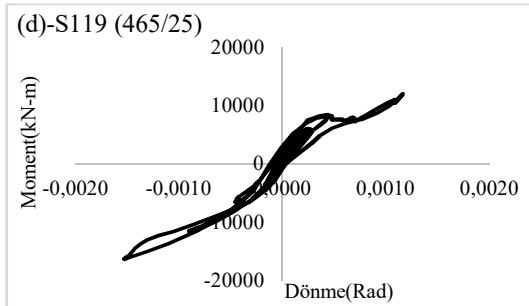
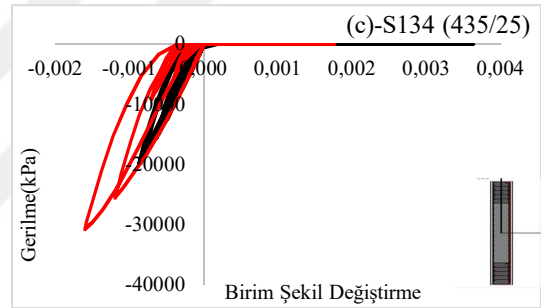
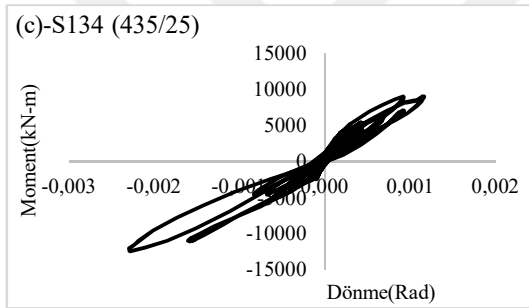
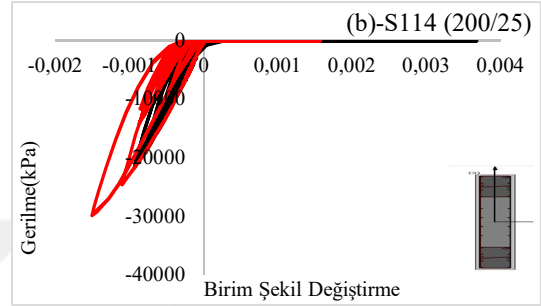
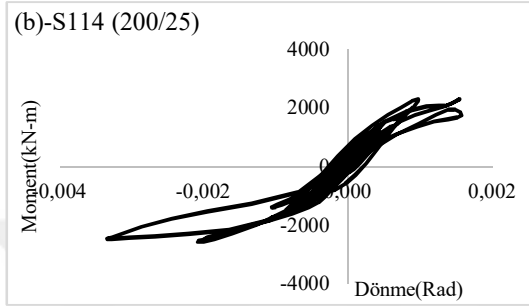
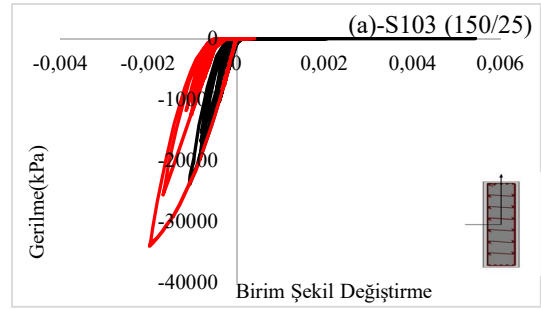
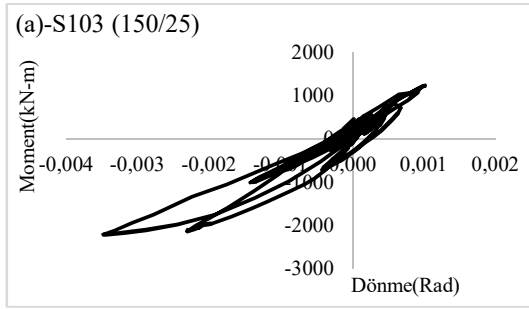


Şekil 4.22 Model 1 D7 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.23 Model 1 D7 σ - ϵ Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Model 1 (D8) Whittier Narrows Grafikler

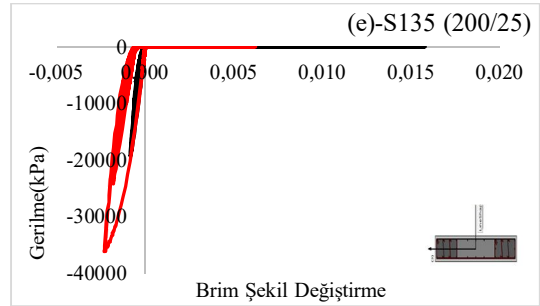
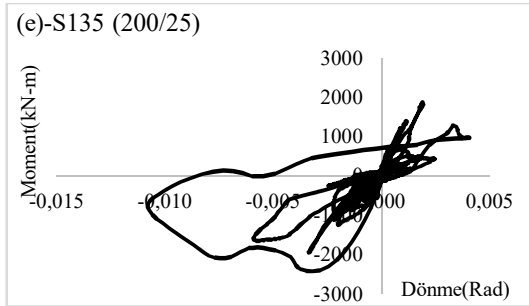
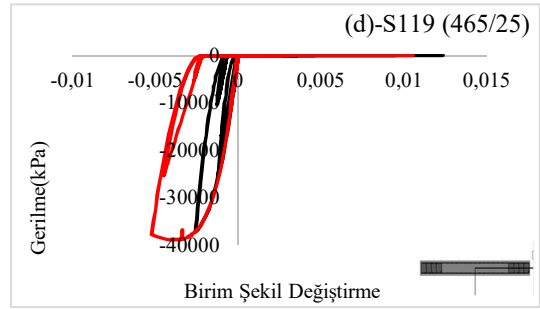
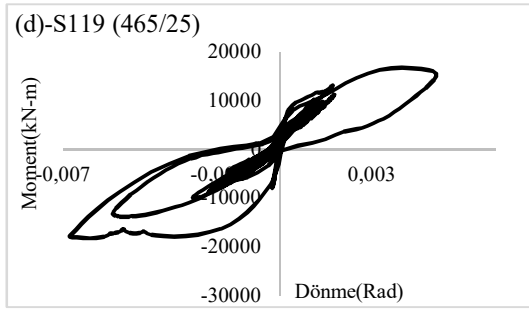
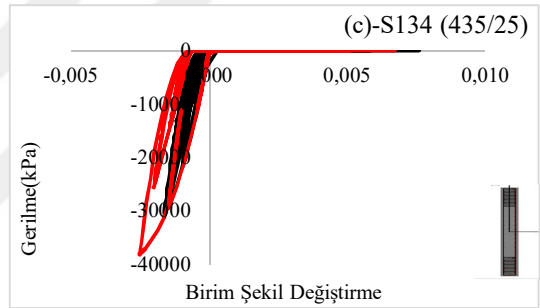
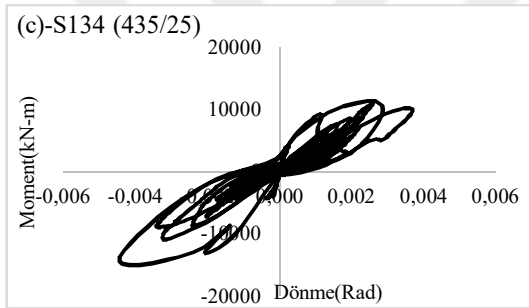
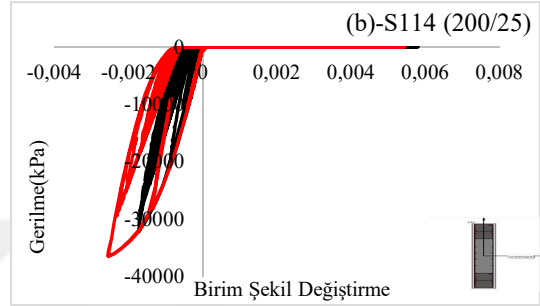
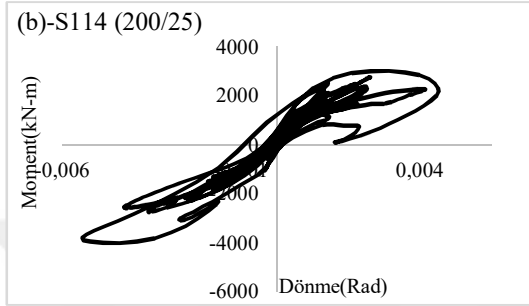
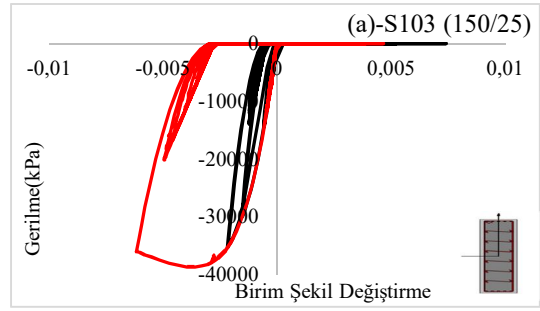
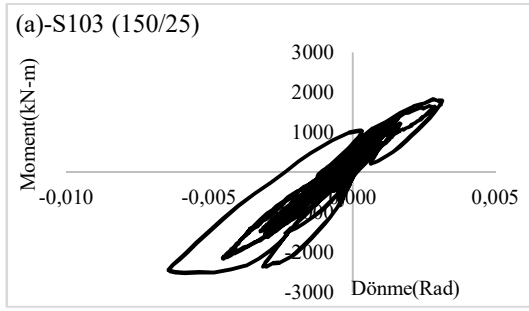


Şekil 4.24 Model 1 D8 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.25 Model 1 D8 σ - ϵ Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Model 1 (D9) Loma Prieta Grafikler



Şekil 4.26 Model 1 D9 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.27 Model 1 D9 σ - ϵ Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çizelge 4.7’de sunulan Model 2 analiz sonuçları kapsamında üç yer hareketi için elde edilen beton birim şekil değiştirme değerlerinde göçme hasar sınırlarını aşan düşey taşıyıcı eleman bulunmamaktadır.

Çizelge 4.7 Model 2 Beton Birim Şekil Değiştirme Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D4	0.013	0.015	0.015	0.009	0.005
D6	0.009	0.004	0.008	0.004	0.004
D9	0.0061	0.003	0.003	0.006	0.002
$\epsilon_c^{(G\ddot{O})}$	0.018	0.015	0.018	0.01	0.015
$\epsilon_c^{(KH)}$	0.0135	0.01125	0.0135	0.0075	0.1125
$\epsilon_c^{(SH)}$	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025

Çizelge 4.8’de sunulan Model 2 analiz sonuçları kapsamında elde edilen çelik birim şekil değiştirme değerlerinde göçme sınırını tek S134 perdesi aşmıştır.

Çizelge 4.8 Model 2 Çelik Birim Şekil Değiştirme Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D4	0.018	0.024	0.032	0.022	0.031
D6	0.011	0.02	0.02	0.019	0.013
D9	0.004	0.007	0.003	0.006	0.002
$\epsilon_s^{(G\ddot{O})}$	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
$\epsilon_s^{(KH)}$	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
$\epsilon_s^{(SH)}$	0.0075	0.0075	0.0075	0.0075	0.0075

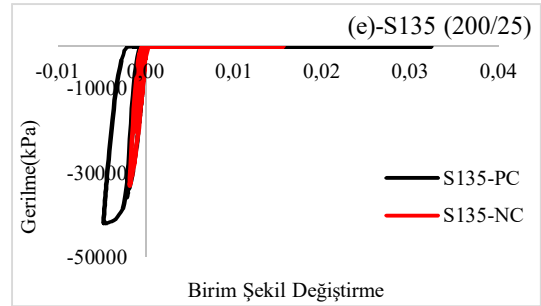
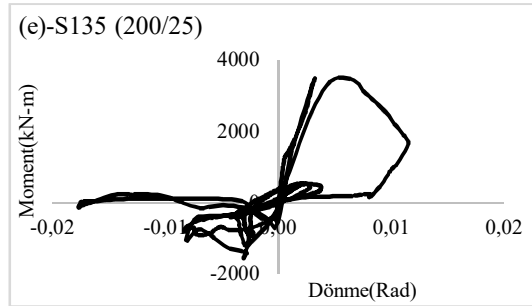
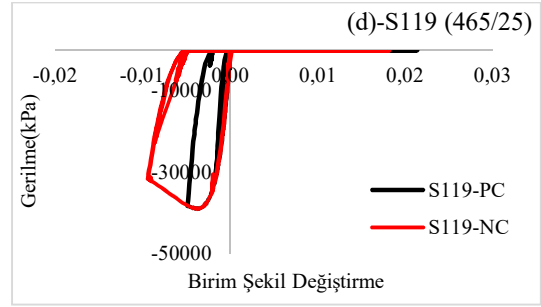
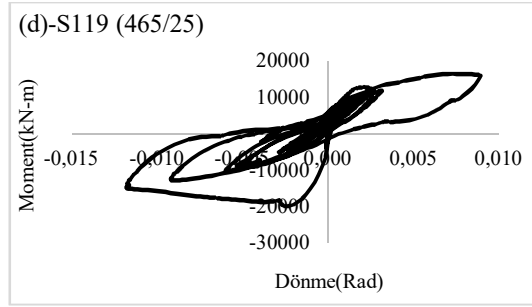
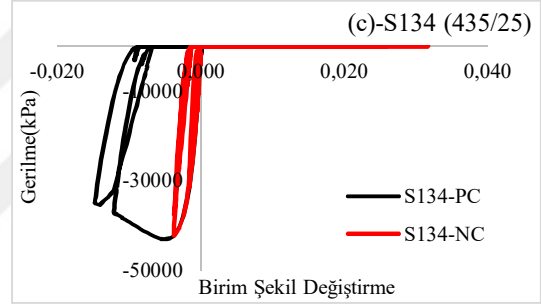
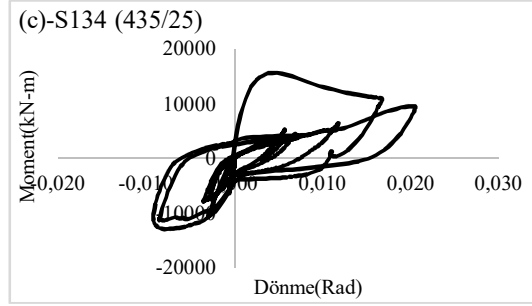
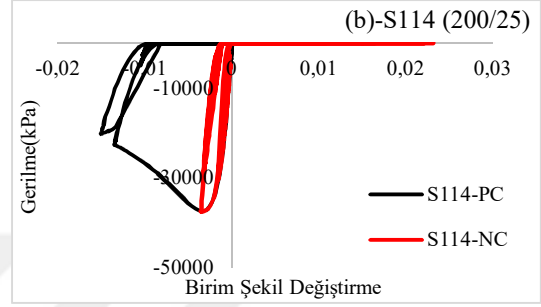
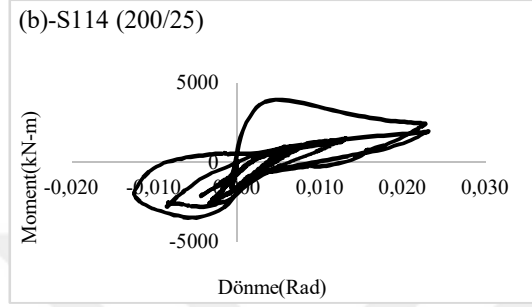
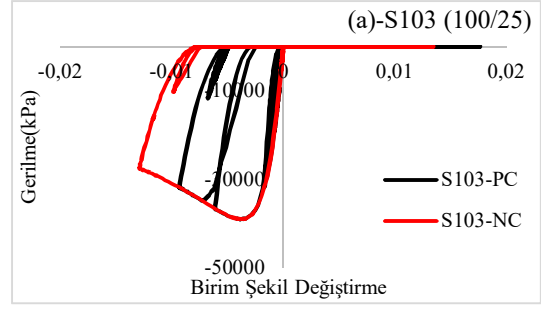
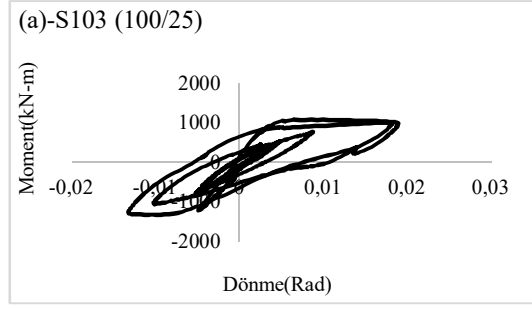
Çizelge 4.9 de verilen Model 2 analiz sonuçları kapsamında, dönme için göçme hasar sınırları D4 ve D9 yer hareketlerinde beş düşey taşıyıcı elemanda aşılmıştır.

Çizelge 4.9 Model 2 Dönme Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D4	0.019	0.023	0.021	0.012	0.018
D6	0.011	0.015	0.012	0.009	0.011
D9	0.007	0.006	0.005	0.007	0.011
$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	0.0147	0.0103	0.0066	0.0057	0.009
$\theta_p^{(KH)}$	0.011025	0.007725	0.00495	0.004275	0.00675
$\theta_p^{(SH)}$	0	0	0	0	0

Şekil 4.28-4.38’e Model 2 için her bir eleman beton ve çelik birim şekildeğiştirme-gerilme ve moment-dönme açısı ilişkisi farklı deprem hareketleri için sunulmuştur.

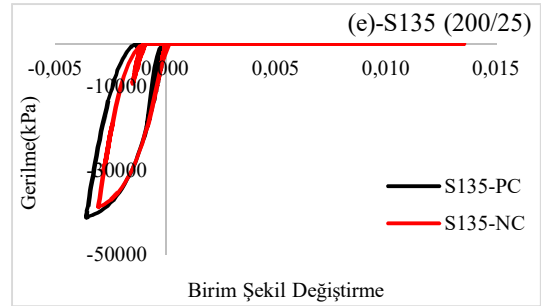
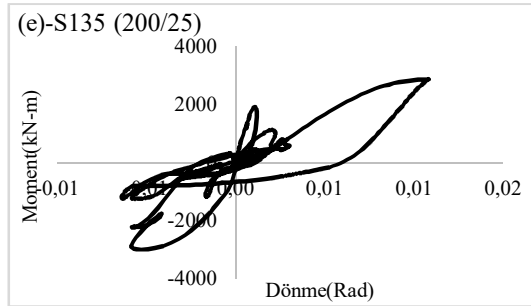
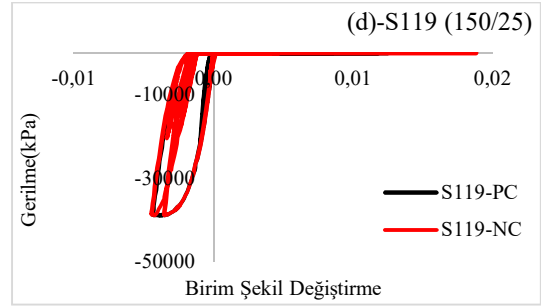
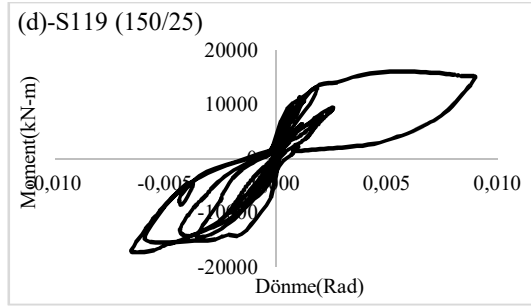
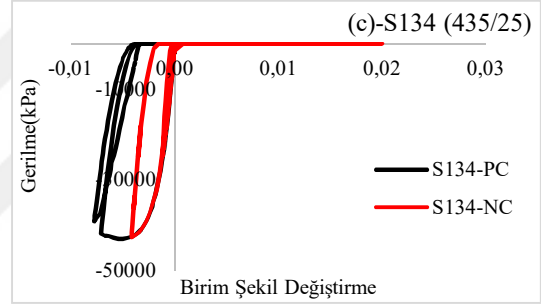
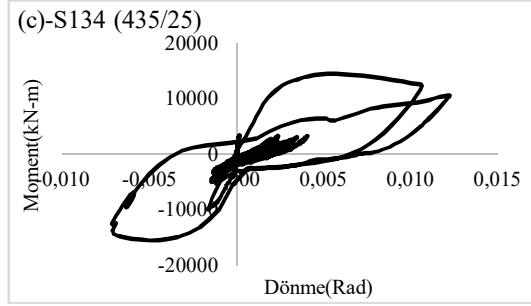
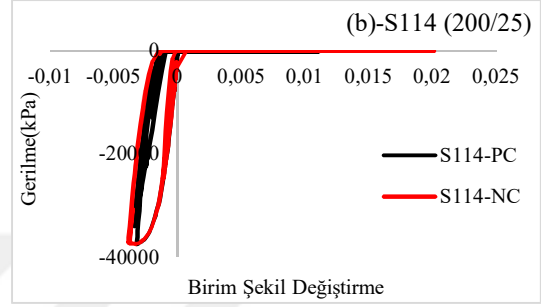
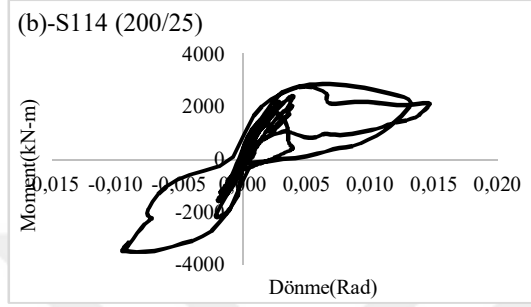
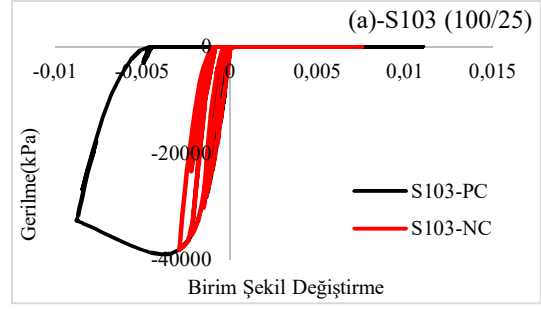
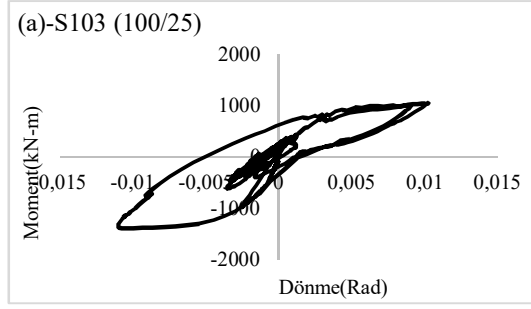
Model 2 Kocaeli Yarımca Grafikler



Şekil 4.28 Model 2 D4 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.29 Model 2 D4 σ - ϵ Grafikleri

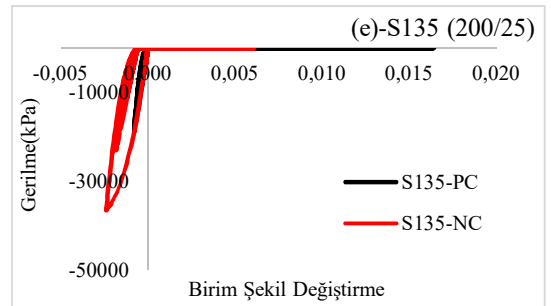
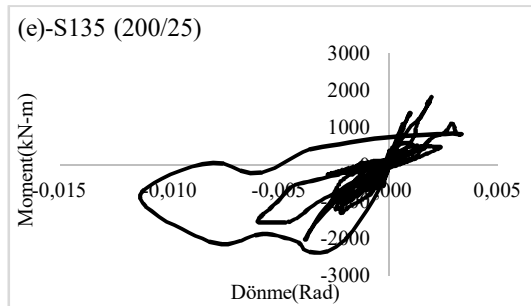
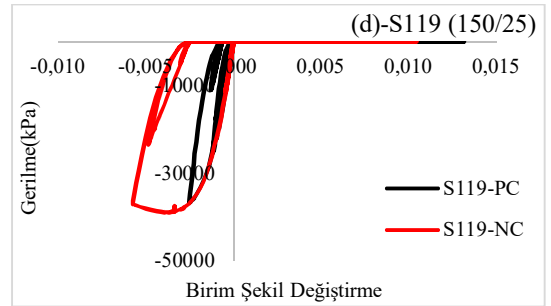
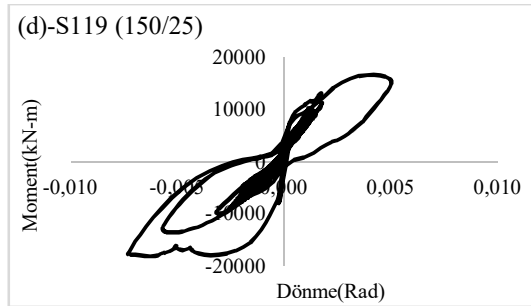
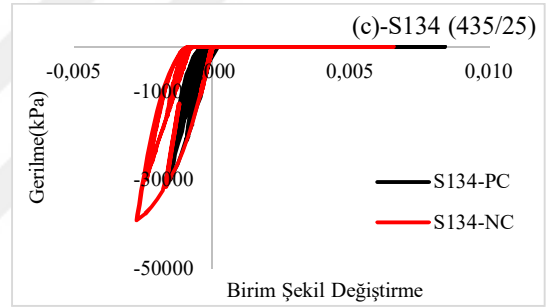
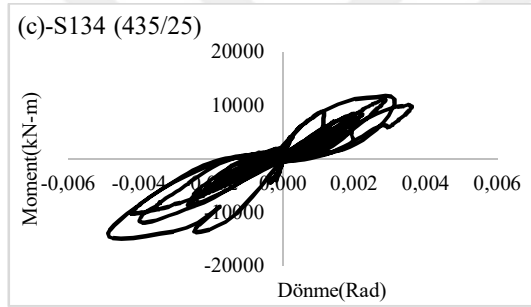
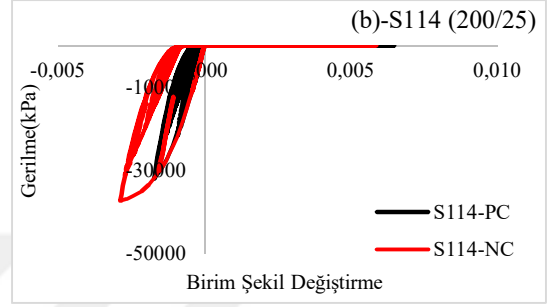
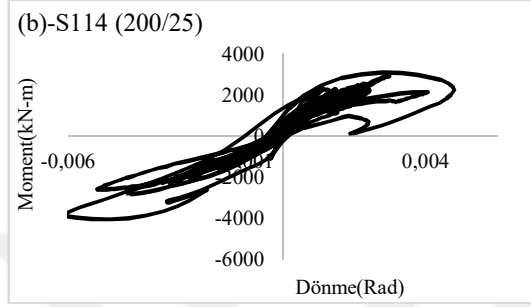
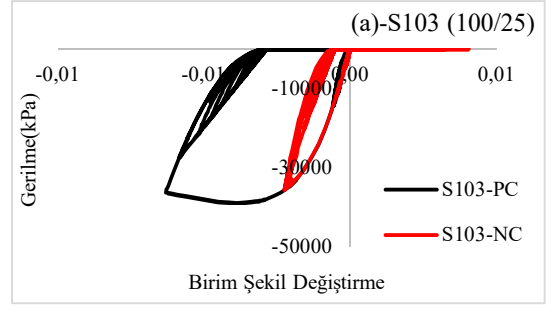
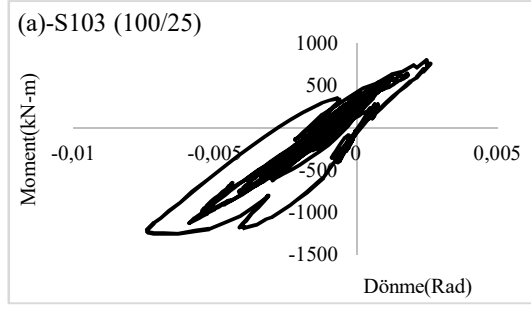
Model 2 (D6) Kocaeli Düzce Grafikler



Şekil 4.30 Model 2 D6 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.31 Model 2 D6 σ - ϵ Grafikleri

Model 2 (D9)Lomapieta Grafikler



Şekil 4.32 Model 2 D9 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.33 Model 2 D9 σ - ϵ Grafikleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Model 3 analiz sonuçları kapsamında, D4 ve D6 yer hareketlerinde bulunan tüm düşey taşıyıcı elemanlarda göçme hasar sınırları aşılmıştır (Çizelge 4.10). Bu durum Model 3’de bulunan perde oranlarının yapı için yetersiz olmaya başladığını göstermektedir.

Çizelge 4.10 Model 3 Beton Birim Şekil Değiştirme Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D4	0.044	0.045	0.011	0.028	0.048
D6	0.018	0.019	0.005	0.014	0.027
D9	0.013	0.013	0.003	0.020	0.01
$\epsilon_c^{(GO)}$	0.018	0.018	0.018	0.018	0.015
$\epsilon_c^{(KH)}$	0.0135	0.0135	0.0135	0.0135	0.1125
$\epsilon_c^{(SH)}$	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025

Model 3 analiz sonuçları kapsamında, D4 yer hareketinde çelik birim şekil değiştirmeleri dört düşey taşıyıcı elemenda göçme hasar sınırlarını aşıldığı, D6 ve D9 yer hareketlerinde ise düşey taşıyıcı elemanlarda hasar sınırları kontrollü hasar sınır seviyelerinde olduğu Çizelge 4.11’de görülmektedir.

Çizelge 4.11 Model 3 Çelik Birim Şekil Değiştirme Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D4	0.035	0.029	0.028	0.039	0.065
D6	0.016	0.025	0.021	0.036	0.048
D9	0.01	0.013	0.014	0.025	0.033
$\epsilon_s^{(GO)}$	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
$\epsilon_s^{(KH)}$	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
$\epsilon_s^{(SH)}$	0.0075	0.0075	0.0075	0.0075	0.0075

Çizelge 4.12’de Model 3 analiz sonuçları kapsamında, üç yer hareketi içinde tüm düşey taşıyıcı elemanlarda göçme hasar sınırlarının aşıldığı gözlemlenmiştir.

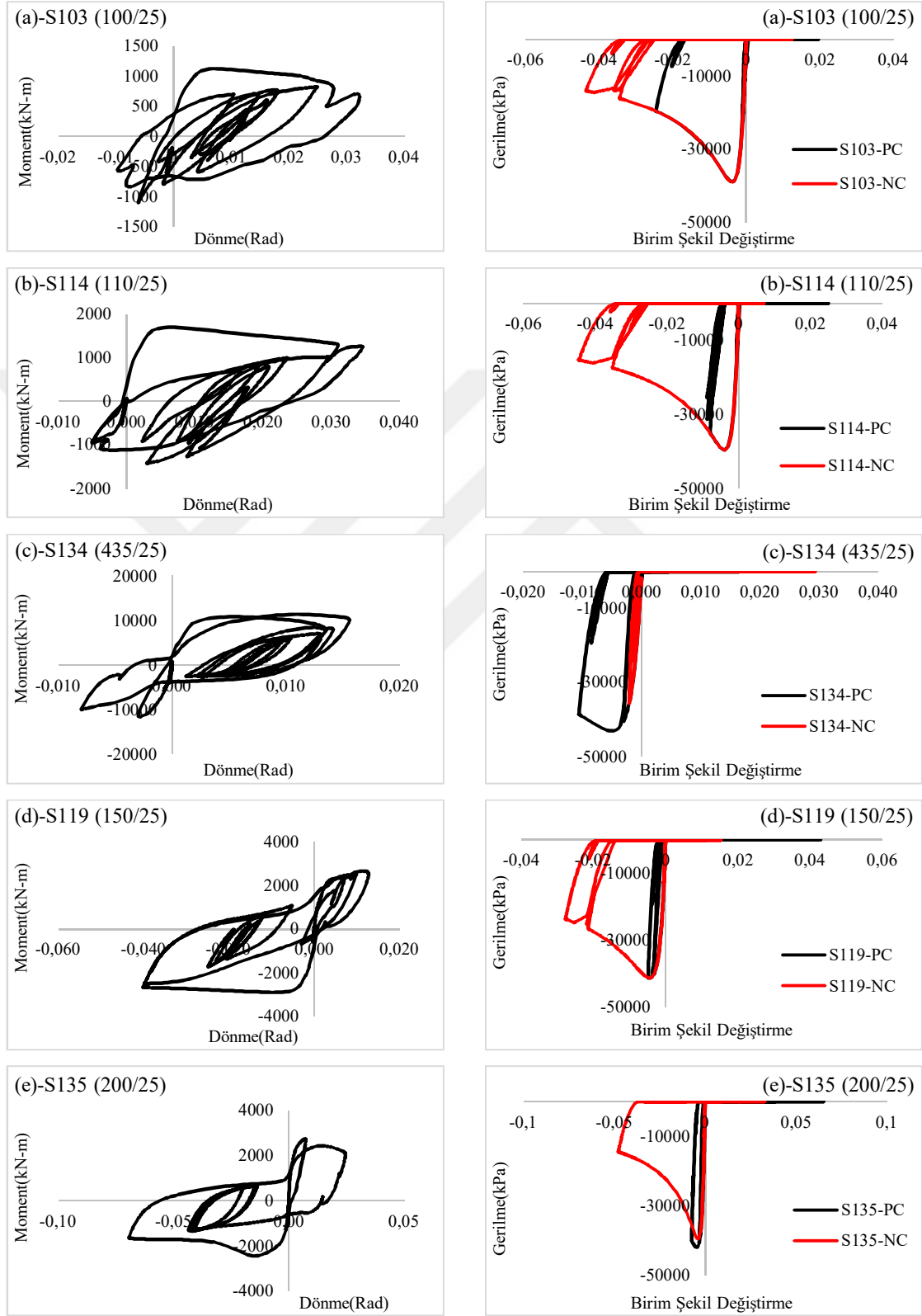
Çizelge 4.12 Model 3 Dönme Değerleri

	S103	S114	S134	S119	S135
D4	0.032	0.035	0.016	0.04	0.069
D6	0.018	0.023	0.012	0.033	0.047
D9	0.052	0.015	0.0075	0.0261	0.026
$\theta_p^{(GO)}$	0.0148	0.0136	0.0056	0.012	0.0123
$\theta_p^{(KH)}$	0.0111	0.0102	0.0042	0.009	0.009225
$\theta_p^{(SH)}$	0	0	0	0	0

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Şekil 4.34-4.39'da Model 3 için her bir eleman beton ve çelik birim şekil değiştirme-gerilme ve moment-dönme açısı ilişkisi farklı deprem hareketleri için sunulmuştur.

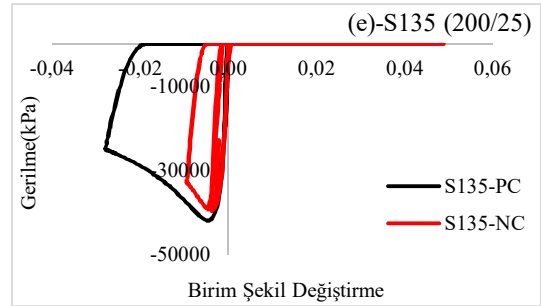
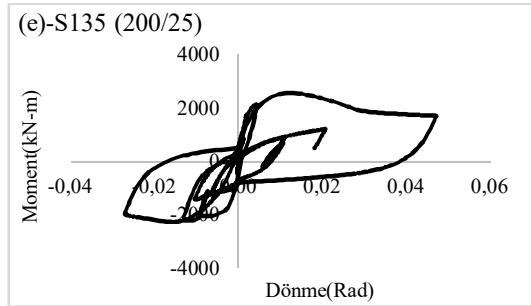
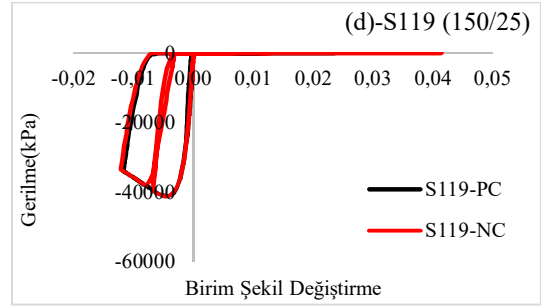
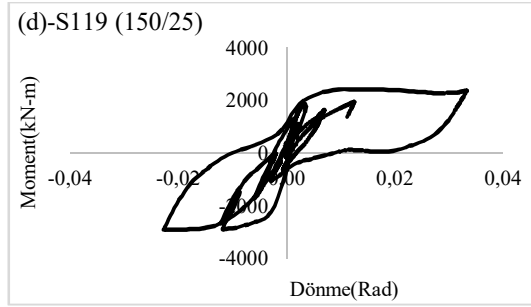
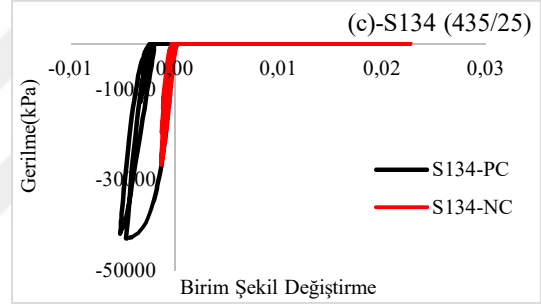
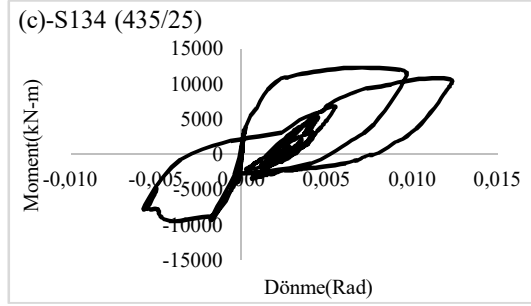
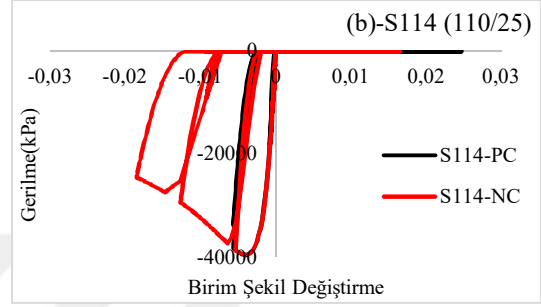
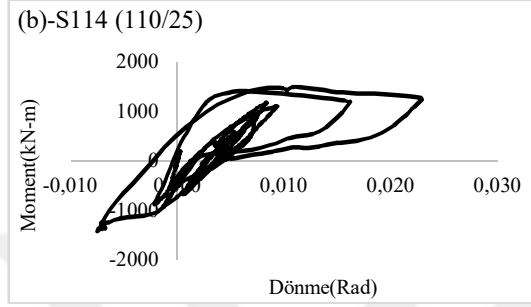
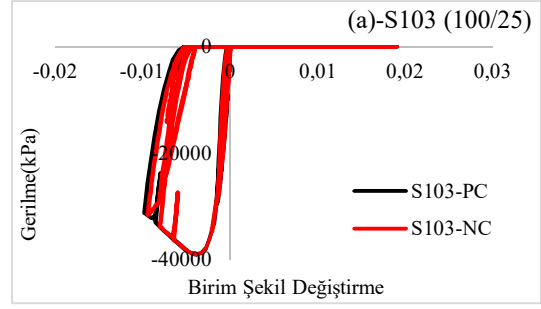
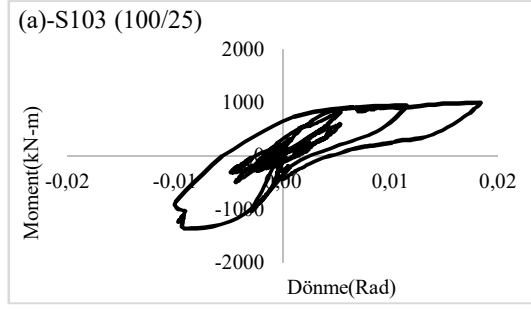
Model 3 (D4) Kocaeli Yarımca Grafikler



Şekil 4.34 Model 3 D4 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.35 Model 3 D4 σ - ϵ Grafikleri

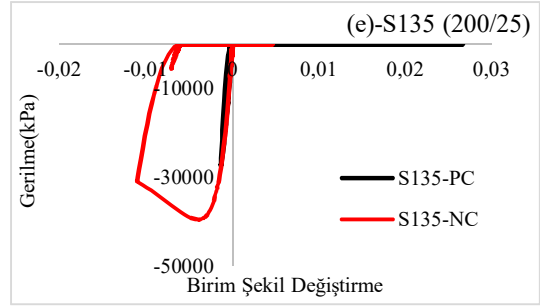
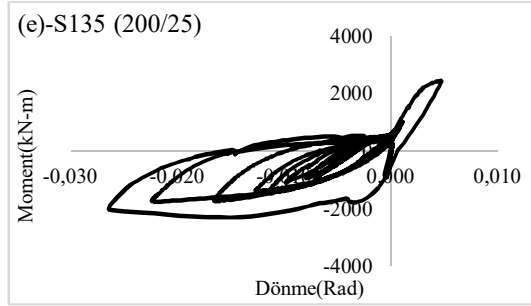
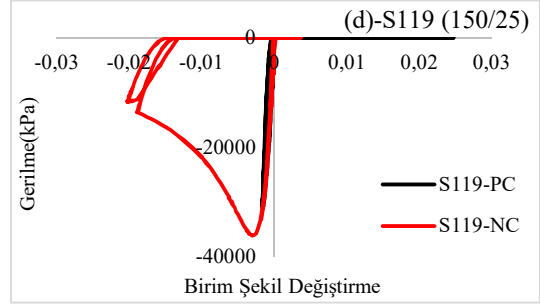
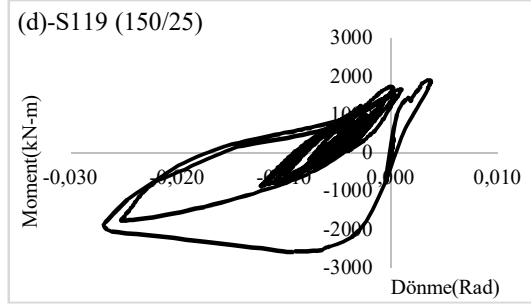
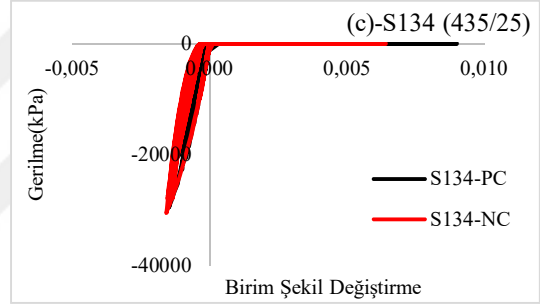
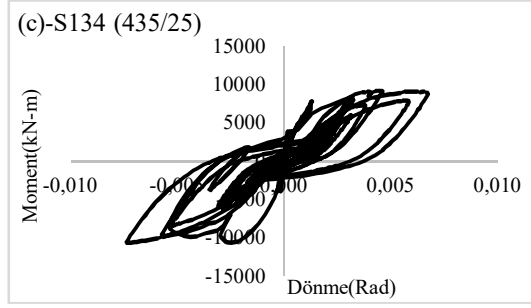
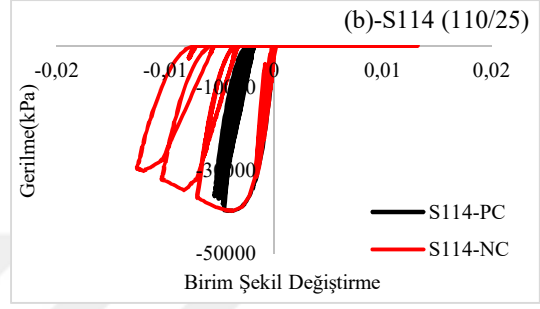
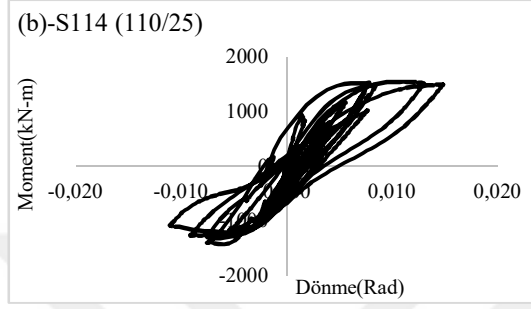
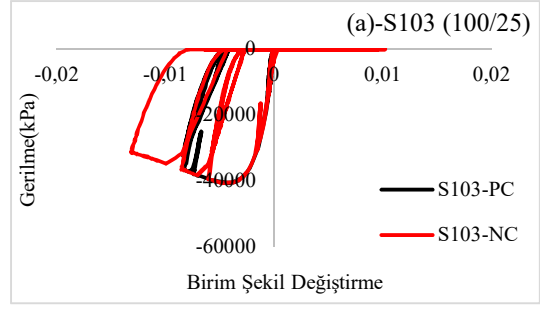
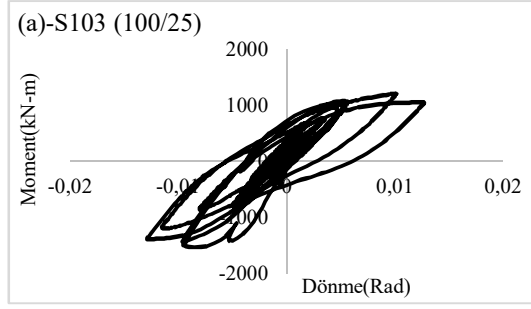
Model 3 (D6) Kocaeli Düzce Grafikler



Şekil 4.36 Model 3 D6 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.37 Model 3 D6 σ - ϵ Grafikleri

Model 3 (D9) Lomapieta Grafikler



Şekil 4.38 Model 3 D9 Moment-Dönme Grafikleri

Şekil 4.39 Model 3 D9 σ - ϵ Grafikleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında Erzurum ilinde 2018 yılında yapımı tamamlanan ve TBDY 2007 standartlarına göre tasarımı yapılmış olan 10 katlı bir yapının perde oranlarının yapılan dinamik ve statik analizlerle yeterliliği kontrol edilmiştir. Perde oranları azaltılarak oluşturulan iki farklı modelde en fazla hasarın olduğu 3 yer hareketinde tekrarlanarak sonuçlar elde edilmiştir. Araştırma sonucunda varılan sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

Tez üzerinde yapılan perde oranlarını azaltarak oluşturarak yaptığımız 3 modelin modal analiz sonuçlarına göre; perde oranı azaldıkça yapı periyotlarında artış olduğu gözlemlenmiştir.

Statik itme analizi sonuçlarına göre; Model 1 için malzemelerin karakteristik ve tasarım dayanımlarına göre her 2 yönde yapılan analiz sonuçlarına göre Xyönünde 1.14 ve Yy yönünde 1,143 malzeme dayanım fazlalığı hesaplanmıştır. 3 model için yapılan analizler sonucunda hesaplanan taban kesme kuvveti/tasarım kesme kuvveti oranları yaklaşık olarak 2 kat dayanım fazlalığı olduğunu göstermiştir. Model 3'de 2 kat dayanım fazlalığı olmasına rağmen düşey taşıyıcı elemanlar göçme hasar sınırlarını aşmıştır. Buda dayanım fazlalığının olması hasarı etkilememektedir sonucuna varılır.

Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz sonuçlarına göre; Yapılan analizlerde Model 1'deki sonuçlara göre %0.6 perde oranı yapılar için güvenli bölgede kaldığı sonucuna varılmıştır.

3 model üzerinde yapılan dinamik analiz sonucuna göre; Perde oranlarının azalması ile tepe deplasmanı artar ve taban kesme kuvveti azalır.

Yapı da bulunan kolonların ebatlarının büyüklüğü yapısal hasarın az olmasında önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.

Tez üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre; perde oranı %0.4'ün altına düşürüldüğünde yapıda göçme hasar sınırlarını aştığı ve %0.60'nın altında perde duvar oranı kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

E tipi modellenen perdelerde bulunan perde dönme göçme sınırını aştığı fakat diğer hasar sınırların da güvenli kısımda kaldığı gözlemlenmiştir. Model 3 kapsamında elemanların hasar sınırlarını aştığı fakat E perdenin uzun kısmında hasar oluşmaması araştırılması gerekli bir husustur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma dokuz farklı yer hareketi altında ve tek zemin sınıfında yapılmıştır. Farklı zemin sınıfları ve farklı yer hareketleri ile betonarme binaların sismik performansı üzerindeki etkisini kontrol edilmesi tavsiye edilir.

Ülkemiz mevzuatlarında betonarme binaların imalatlarındaki “Yapı Denetim” kontrol mekanizmalarının nihai bina kabul aşamalarından birisinin de dinamik davranış parametrelerinin kontrolü olması önerilebilir.

Ülkemizde yoğun olarak yürütülen kentsel dönüşüm uygulamaların da doğrusal olmayan analizlerin kullanılması ile yapı stokunda iş görebilir binaların işlevlerini tamamlamaları veya devam etmeleri sağlanabilir.



KAYNAKLAR

- Anonim, 2021. Pacific Earthquake Engineering Research (Peer) Center, Web sitesi: <http://Peer.Berkeley.Edu/Smcat>, Erişim Tarihi: 20.11.2020.
- Anonim, 2021. Web Sitesi: <https://Deprem.Afad.Gov.Tr/Tarihtebuay?İd=41>, Erişim Tarihi: 27.06.2021.
- Anonim, 2021. Web Sitesi: <http://www.sta4.net/staproperty.aspx>, Erişim Tarihi: 27.06.2021.
- Anonim, 2021. Web Sitesi: <https://tr.wikipedia.org>, Erişim Tarihi: 27.06.2021.
- Atalay, İ. 1989. Türkiye Coğrafyası. Yeniçay Basın, Yayın Sanayi, Ankara.
- Atımtay, E. 2000. Çerçevesel ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Temel Kavramlar Ve Hesap Yöntemleri, Ankara.
- Aka, İ., Keskinel, F., Çılı, F., Çelik, O. C. 2001. Betonarme, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Aktan, S. ve Kıraç, N. 2010. Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:XXIII, Sayı:1.
- Atımtay, E. 2001. Çerçevesel Ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Temel Kavramlar Ve Hesap Yöntemleri, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Bayülke, N. 2001. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, Tmmob İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:27, İzmir.
- Beyer, K., Dazio, A., Priestley, M.J.N. 2008. Inelastic Wide-Column Models For U-Shaped Reinforced Concrete Wall, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12, No. 1, Pp. 1-33.
- Bommer, J. J., Acevedo, A. B., Douglas, J. 2003. The Selection and Scaling of Real Earthquake Accelerograms For Use In Seismic Design and Assessment, Proceedings of Acı International Conference On Seismic Bridge Design and Retrofit, American Concrete Institute.
- Burak, B. ve Çömlekoğlu, H.G. 2013. Effect of Shear Wall Area To Floor Area Ratio On The Seismic Behavior of Reinforced Concrete Buildings.
- Calabrese, A., Almeida, J.P., Pinho, R. 2010. Numerical Issues In Distributed Inelasticity Modelling of Rc Frame Elements For Seismic Analysis, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 14, Special Issue 1, Pp. 38-68.

Celep, Z. ve Kumbasar, N. 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.

Celep, Z. ve Kumbasar, N. 2005. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Erberik, M.A. 2008. Fragility-Based Assessment of Typical Mid-Rise and Low-Rise Rc Buildings In Turkey, Engineering Structures, 30, 5, 1360-1374, 2008.

Ersoy, U. 1998. Betonarme Kiriş Ve Kolonların Moment Kapasitelerinin Saptanması, Teknik Dergi, 9 (4), 1781-1997.

Fema 440, 2005. Recommended Provisions For The Development of Seismic Regulations For New Buildings and Other Structures, Washington Abd.

Fintel, M. 1991. Shearwalls An Answer For Seismic Resistance, Concrete International.

Ghobarah ve Youssef, 1999; Bayülke, 2001; Kwak ve Kim, 2001; Atımtay, E.: "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar İçin Yönetmelik Esasları", (2001) Ankara. Celep Ve Kumbasar, 2004; Celep ve Kumbasar, 2005; Tekel, 2006; Doğangün, 2007.

Gülkan, P. L., Utkuğ, D. 2003. Minimum Design Criteria For Earthquake Safety of School Buildings, Türkiye Mühendislik Haberleri, 425(3), 13-22.

Günel, A.O. 2013. Influence of Shear Wall Area To Floor Area Ratio On The Seismic Performance Of Existing Reinforced Concrete Buildings, Middle East Technical University.

Hilber H.M., Hughes T.J.R., Taylor R.L. 1977. Improved Numerical Dissipation For Time İntegration Algorithms In Structural Dynamics, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 5, No. 3, Pp. 283-292.

Kale, O. 2017. Tasarım Spektrumu Parametreleri İçin Olasılıksal Sismik Tehlike Analizlerine Bağlı Bir Çalışma, İmo Teknik Dergi, 2017 8077-8103, Yazı 488.

Kasap, H., Mert, N., Sevim, E., Şeber, B. 2015. Perdeli-Çerçevesel Taşıyıcı Sistemli Binalarda Taşıyıcı Sistem Seçiminin Yapı Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Apjes Iı-I, 3(1), 48-55.

Kazaz, I. 2016. Seismic deformation demands on rectangular structural walls in frame wall systems, Department of Civil Engineering, Erzurum Technical University, 25050 Erzurum, Turkey.

Krinitzsky, E. L. and Chang F. K. 1977. Specifying Peak Motions For Design Earthquakes, State-of-The-Art For Assessing Earthquake Hazards In The United States, Report 7, Miscellaneous Paper S-73-1, Us Army Corps Of Engineers.

Li, Y.R. 1996. Non-Linear Time History and Pushover Analyses For Seismic Design And Evaluation, Doktora Tezi, University of Texas, Austin, Tx, A.B.D.

Mazars, J., Kotronis, P., Davenne, L. 2002. A New Modelling Strategy For The Behaviour of Shear Walls Under Dynamic Loading, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Cilt 31, Sayı 4, S. 937-954.

Newmark, N.M. 1959. A Method of Computation For Structural Dynamics, Journal of The Engineering Mechanics Division, Asce, Vol, 85, No, Em3, Pp, 67-94.

Avşar, Ö., Yurdakul, Ö., Tunaboyu, O. 2013. Betonarme Perde Duvar Oranının Binaların Sismik Performansına Etkisi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay.

Öztürk, T. 2005. Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı, İstanbul, İmo İstanbul Şubesi İlkbahar-Yaz Dönemi Meslekiçi Eğitim Kursları.

Priestley, M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J. 2007. Displacement-based seismic design of structures, IUSS Press, Pavia, Italy.

Scott M.H. and Fenves G.L. 2006. Plastic Hinge İntegration Methods For Force-Based Beam-Column Elements, Asce Journal of Structural Engineering, Vol. 132, No. 2, Pp. 244-252.

Seismosoft, 2013. SeismoStruct v6.5 – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures, available from <http://www.seismosoft.com>.

Seismosoft, 2021. SeismoStruct 2020 – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures, available from <http://www.seismosoft.com>.

Sta4Cad, 2018. Sta4Cad v13.1 Structural Analysis for Computer Aided Design.

Şahin, H., Alyamaç, K., Erdoğan, A. 2013. Perdeli Çerçeveli Yapılarda Zemin Sınıfı Ve Kat Adedi Dikkate Alınarak Gerekli Perde Oranının Tespiti. Sdu International Technologic Science, 74-86.

Tekel, H. 2006. Betonarme Yapılarda %1 Oranında Perde Kullanımının Değerlendirilmesi Türkiye Mühendislik Haberleri / Sayı: 444-445 - 2006/4-5.

Ts 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TÜİK, Ekonomik Göstergeler 2012. Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK Matbaası, ISBN 978-975-195632-3 Ankara.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), 2018. T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Tüzün, C. ve Aydınöğlu, N. 2007. Gerçek Binaların Doğrusal Olmayan Analizlerinden Hasargörebilirlik İlişkilerinin Elde Edilmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İtü, İstanbul.

Fahjan Y.M. 2008. Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, İMO Teknik Dergi, 2008 4423-4444, Yazı 292İmo Teknik Dergi, 2008 4423-4444, Yazı 292.

