

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERİN SİSMİK PERFORMANSINA
DÜŞEY YÜK TAŞIYAN İÇ ÇERÇEVELERİN KATKISI**

**AYLİN KAHRİMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**GEBZE
2022**

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERİN SİSMİK
PERFORMANSINA DÜŞEY YÜK TAŞIYAN İÇ
ÇERÇEVELERİN KATKISI**

**AYLİN KAHRİMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ**

GEBZE

2022

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**CONTRIBUTION OF GRAVITY FRAMES TO
SEISMIC PERFORMANCE OF SPECIAL
CONCENTRICALLY BRACED FRAMES**

AYLİN KAHRİMAN
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
**EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING
PROGRAM**

THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ

GEBZE

2022



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30/06/2022 tarih ve 2022/33 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 20/07/2022 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Aylın KAHRİMAN'ın tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Deprem ve Yapı Mühendisliği Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ

ÜYE

:PROF. DR. BİLGE DORAN

ÜYE

:DR. ÖĞR. ÜYESİ ONUR ŞEKER

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Çelik yapılarda en yaygın yatay yük taşıyıcı sistemler, Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevesi Sistemler ve rijit kolon kiriş birleşimli Moment Çerçevesi Sistemleri'dir. Bunun yanı sıra, çelik yapılarda yalnızca düşey yük etkileri altında boyutlandırılan taşıyıcı sistemler düşey yük çerçeveleri olarak adlandırılmaktadır. Geleneksel olarak çelik bina tasarımında, düşey yük çerçevelerinin yatay rijitlik ve dayanımları yapısal analizlerde göz ardı edilmektedir. Fakat, Northridge depremi sonrası Lui ve Astanceh-Asl [2000,2004] tarafından yapılan deneysel çalışmalar, çelik yapıların tasarım aşamasında moment etkilerini aktarmayacak şekilde mafsalı olarak idealleştirilen birleşimlerinin, bağlı buldukları kirişlerin plastik moment kapasitesinin göz ardı edilmeyecek bir bölümünü taşıma potansiyeline sahip olduklarını göstermiştir. Çelik yapılardaki kompozit döşeme etkisi de göz önünde bulundurulduğunda bu birleşimlerin, bağlanan kirişin plastik moment kapasitesinin %20-%40'ı arasında bir değeri dayanım olarak sunduğu ortaya konulmuştur. Bu katkıyı göz ardı etmek yapıların sismik performansının eksik değerlendirilmesine sebep olmaktadır.

Bu bilgiler ışığında tez çalışmasında, az ve orta katlı iki farklı yapı üç farklı durumda analiz edilmektedir. Ana sismik yük taşıyıcı sistem, Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeve Sistemi'dir. Birinci durumda geleneksel tasarım yapılarak boyutlandırılan yapıda Düşey Yük Çerçeveleri'nin katkısı göz ardı edilmekte, ikinci ve üçüncü durumda link elemanlar yardımıyla yarı rijit davranış sergileyen birleşim tanımlanmaktadır. Üçüncü durumda ikinci durumdan farklı olarak kompozit döşeme katkısı dahil edilmektedir. Bu üç durum için, yapının sismik yükler altındaki performansını inceleyerek doğrusal olmayan davranışını, zaman tanım alanında Artımsal Dinamik Analiz yöntemi kullanarak belirlemek ve düşey yük taşıyıcı sistemlerin yatay yük dayanımlarına dair verileri ortaya koyarak araştırmacılara yeni bir kavrayış kazandırmak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Merkezi Çaprazlı Çerçeve, Düşey Yük Taşıyıcı Çerçeve, Sismik Performans.

SUMMARY

The most common seismic Lateral Force Resisting Systems (LRFS) in steel structures are Concentrically Braced Frames (CBFs) and Special Moment Frames (SMFs). Structural frames that are designed only under vertical loads are called Gravity Frames (GFs). Traditionally, in the design of steel structures, the lateral stiffness and strength of GFs are ignored in analyses. However, some experimental studies, especially after the Northridge Earthquake, 1994 (Lui -Asl [2000,2004]), revealed that GFs have the potential to contribute to transfer the lateral loads.

Considering the composite action in GFs, the shear connections might reach up to 20-40% of the full plastic moment capacity of the connection.

In this study, the seismic response of two different buildings, low- and medium-rise, are analyzed for three different cases. The main LRFS is selected as CBFs. In the first case, contribution of the GFs is ignored. In the second and third cases, the semi-rigid behavior of the shear connections in the GFs is included in the numerical model. In the third case, the composite deck contribution is also taken into consideration. The nonlinear behavior of the buildings for all cases are investigated through nonlinear dynamic time history analysis and the results are presented.

Key Words: Concentrically Braced Frame, Gravity Frame, Seismic Performance.

TEŐEKKÖR

BaŐta yÖksek lisans eğitimimde yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen ve bu alıŐmanın oluŐmasının yolunu aan danıŐmanım Prof. Dr. BÖlent AKBAŞ'a, yardımları ve destekleri için İnaŐat YÖksek MÖhendisi Mustafa ZORLU'ya, değerli arkadaşlarım Nuri GİDER ve Minel BEKAR'a, eğitim hayatım boyunca beni hep destekleyen aileme ve sevgisi ile hep yanımda olarak bana en bÖyÖk desteği veren canım anneme en içten teŐekkÖrlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| ÖZET | v |
| SUMMARY | vi |
| TEŞEKKÜR | vii |
| İÇİNDEKİLER | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xv |
| TABLolar DİZİNİ | xxiv |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Tezin Kapsamı ve Amaçları | 2 |
| 1.2. Metodoloji | 2 |
| 1.3. Literatür Araştırması | 3 |
| 2. YAPI MODELLERİ | 8 |
| 2.1. Düzensizliklerin Kontrolü | 10 |
| 3. YAPISAL TASARIM | 11 |
| 3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri | 13 |
| 3.2. Yük Birleşimleri | 13 |
| 3.3. Malzeme | 15 |
| 3.4. Yük Analizi | 16 |
| 3.4.1. Sabit Yükler | 17 |
| 3.4.2. Hareketli Yükler | 17 |
| 3.5. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları | 17 |
| 3.6. Tasarım Kriterleri | 19 |
| 3.7. Doğrusal Hesap Metodunun Seçilmesi | 22 |
| 3.8. 4 Katlı Çapraz Çerçevesel Çelik Yapı Tasarımı | 23 |
| 3.9. 9 Katlı Çapraz Çerçevesel Çelik Yapı Tasarımı | 24 |
| 4. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ | 26 |
| 4.1. Doğrusal Olmayan Modeller | 27 |

| | |
|---|-----|
| 4.2. Çaprazlı Çerçeve Elemanları Birleşimlerinin Doğrusal Olmayan Modelleri | 27 |
| 4.3. Plastik Mafsal Tanımı | 29 |
| 4.4. Çerçevelerin Doğrusal Olmayan Modelleri | 36 |
| 4.4.1. Model 2 Link Elemanı Özelliklerinin Belirlenmesi | 37 |
| 4.4.2. Model 3 Link Elemanı Özelliklerinin Belirlenmesi | 40 |
| 4.5. Zaman Tanım Alanında Analize Dayalı Artımsal Dinamik Analiz | 44 |
| 4.5.1. Kocaeli Depremi | 53 |
| 4.5.1.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 53 |
| 4.5.1.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 58 |
| 4.5.2. El Centro Depremi | 61 |
| 4.5.2.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 61 |
| 4.5.2.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 65 |
| 4.5.3. Chuetsu Depremi | 69 |
| 4.5.3.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 69 |
| 4.5.3.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 73 |
| 4.5.4. Parkfield Depremi | 77 |
| 4.5.4.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 77 |
| 4.5.4.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 81 |
| 4.5.5. Loma Prieta Depremi | 85 |
| 4.5.5.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 85 |
| 4.5.5.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 89 |
| 4.5.6. New Zealand Depremi | 93 |
| 4.5.6.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 93 |
| 4.5.6.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 97 |
| 4.5.7. Iwate Depremi | 101 |
| 4.5.7.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 101 |
| 4.5.7.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 105 |
| 4.5.8. L'Aquila Depremi | 109 |
| 4.5.8.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 109 |
| 4.5.8.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 113 |
| 4.5.9. Ortalama Sonuçlar | 117 |
| 4.5.9.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 117 |
| 4.5.9.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar | 126 |
| 5. SONUÇLAR | 135 |

| | |
|------------------|-----|
| KAYNAKLAR | 138 |
| ÖZGEÇMİŞ | 140 |
| EKLER | 141 |
| Diğer Ekler (CD) | 141 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simgeler ve</u> | <u>Açıklamalar</u> |
|-----------------------|--|
| <u>Kısaltmalar</u> | |
| α | : YDKT için kuvvet düzeltme katsayısı |
| Ω_0 | : Dayanım fazlalığı katsayısı |
| Δ | : Plastik uzama/kısalma [m] |
| $\Delta F_{NE}^{(X)}$ | : N'inci kata etkiyen ek eşdeğer deprem yükü |
| $\Delta_i^{(X)}$ | : İki kat arasındaki yer değiştirme farkı [m] |
| Δy | : Akmaya karşılık gelen uzama/kısalma [m] |
| Λ_{hd} | : Süneklik düzeyi yüksek elemanlar için enkesit koşulu |
| Φ_n | : Dayanım katsayısı |
| $\delta_i^{(X)}$ | : Etkin görelî kat ötelemesi |
| Q | : Elemana etkiyen kuvvet [kN] |
| Q_y | : Elemanın beklenen akma dayanımı |
| θ | : Plastik dönme açısı |
| θ_y | : Akma dönme açısı |
| Θ | : Plastik dönme rijitliği |
| λ | : Yerel burkulma narinlik değeri |
| λ_p | : Kompakt elemanlar için narinlik sınır değeri |
| λ_r | : Kompakt olmayan elemanlar için narinlik sınır değeri |
| A_g | : Brüt kesit alanı [mm ²] |
| A_T | : Toplam etki alanı [m ²] |
| C_t | : Ampirik doğal titreşim periyodunu bulmada kullanılan katsayısı |
| C_{ET} | : Beklenen basınç dayanımı [kN] |
| C_{EPT} | : Beklenen burkulma sonrası basınç dayanımı [kN] |
| D | : Dayanım fazlalığı katsayısı |
| E | : Elastisite modülü [mm ³] |
| E | : Deprem kuvveti [kN] |
| $E_d^{(H)}$ | : Yatay deprem etkisi |
| $E_d^{(Z)}$ | : Düşey deprem etkisi |
| fd | : Tasarım dayanımı |
| fe | : Elastik dayanım talebi |

| | |
|----------------|--|
| f_y | : Binanın gerçek kapasitesi |
| F_1 | : 1 sn. periyot için yerel zemin etki katsayısı |
| F_{cr} | : Kritik burkulma boyu [MPa] |
| F_e | : Elastik burkulma gerilmesi [MPa] |
| $F_{IE}^{(X)}$ | : N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına dağıtılan kuvvet [kN] |
| F_s | : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı |
| F_u | : Karakteristik çekme dayanımı [MPa] |
| F_y | : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi [MPa] |
| g | : Yerçekimi ivmesi (m/s^2) |
| G | : Ölü yük [kN] |
| H_N | : Bina yüksekliği [m] |
| I | : Bina önem katsayısı |
| I | : Atalet momenti [mm^4] |
| i_x | : x eksenine göre atalet yarıçapı |
| i_y | : y eksenine göre atalet yarıçapı |
| k | : İki ucu mafsallı birleşim için etkin burkulma boyu katsayısı |
| K_{eff} | : Efektif rijitlik |
| K_{LL} | : Hareketli yük eleman faktörü |
| L_b | : Basınç başlığında yanal yer değiştirmenin ve enkesit burulmasının Önlendiği noktalar arasındaki eleman uzunluğu |
| L_c | : Eleman burkulma boyu (=KL) |
| L_o | : Azaltılmamış hareketli yük eleman faktörü |
| L_r | : Elastik olmayan yanal burulmalı burkulmada sınır uzunluk |
| m_t | : Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi (t) |
| M_c | : Mevcut eğilme momenti dayanımı [kNm] |
| M_p | : Plastik eğilme momenti [kNm] |
| M_r | : YDKT veya GKT yük birleşimleri için gerekli eğilme momenti dayanımı [kNm] |
| n | : Hareketli yük katılım katsayısı |
| N_i | : Fiktif yük [kN] |
| P_c | : Mevcut aksenal çekme veya basınç kuvveti dayanımı [kN] |
| P_n | : Karakteristik aksenal basınç kuvveti dayanımı [kN] |
| P_r | : YDKT veya GKT yük birleşimler için gerekli aksenal kuvvet dayanımı [kN] |

| | |
|---------------------|---|
| Q | : Hareketli yük [kN] |
| Q _r | : Çatı katı hareketli yükü [kN] |
| r | : Yarıçap [mm] |
| R | : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı |
| R _a (T) | : Deprem yükü azaltma katsayısı |
| S ₁ | : 1 s periyot için harita spektral ivme katsayısı |
| S _{ae} (T) | : Yatay elastik tasarım spektral ivmesi |
| S _{AR} (T) | : Yatay deprem etkisi altında azaltılmış tasarım ivme spektrumu |
| S _{DS} | : Kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısı |
| S _{D1} | : 1 s periyot için tasarım spektral ivme katsayısı |
| S _s | : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı |
| t _f | : Başlık kalınlığı [mm] |
| t _w | : Gövde kalınlığı [mm] |
| T | : Doğal titreşim periyodu [s] |
| T _A | : Yatay elastik tasarım spektrumu köşe periyodu [s] |
| T _B | : Yatay elastik tasarım spektrumu köşe periyodu [s] |
| T _{ET} | : Beklenen çekme dayanımı [kN] |
| T _L | : Geçiş periyodu [s] |
| T _{PA} | : Ampirik hakim doğal titreşim periyodu [s] |
| V _{IE} | : Toplam eşdeğer taban kesme kuvveti [kN] |
| W _e | : Eğilme ekseninde etrafında elastik mukavemet momenti |
| W _p | : Eğilme ekseninde etrafında plastik mukavemet momenti |
| Y _i | : Her kat seviyesinde zemine etkiyen toplam düşey yük |
| AISC | : American Institute of Steel Construction |
| AFAD | : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı |
| ASCE | : American Society of Civil Engineering |
| BKS | : Bina tasarım sınıfı |
| BYS | : Bina yükseklik sınıfı |
| CG | : Can güvenliği performans düzeyi |
| DTS | : Deprem tasarım sınıfı |
| DGT | : Dayanıma göre tasarım |
| FEMA | : Federal Emergency Management Agency |
| GKT | : Güvenlik katsayıları ile tasarım |
| GÖ | : Göçme öncesi performans düzeyi |

HK : Hemen kullanım performans düzeyi
IBC : Ulusal Bina Yönetmeliği
ŞGDT : Şekil değiştirmeye göre tasarım
TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
YDKT : Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil No:</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 1.1: Moment dönme eğrileriyle birleşimlerin sınıflandırılması. | 2 |
| 1.2: İkinci durum için önerilen birleşim modeli. | 3 |
| 1.3: Artımsal dinamik analiz eğrisi. | 4 |
| 1.4: Model B ve C için önerilen birleşim modeli. | 5 |
| 1.5: Model B ve C için tanımlanan birleşimlerin moment eğrilik grafikleri. | 5 |
| 1.6: İki katlı Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeve Sistem için deney düzeneği ve yük geçmişi. | 6 |
| 1.7: Çapraz elemanın tekrarlı yükler altında davranışı. | 7 |
| 1.8: Çelik çaprazda meydana gelen hasarlar (a) global burkulma, (b) yerel burkulma, (c) kırılma başlangıcı, (d) çekme dayanımı kaybı. | 7 |
| 2.1: 4 katlı yapı için plan görünümü. | 8 |
| 2.2: 4 katlı yapı için elevasyon. | 9 |
| 2.3: 9 katlı yapı için plan görünümü. | 9 |
| 2.4: 9 katlı yapı için elevasyon. | 10 |
| 3.1: Türkiye deprem tehlikesi haritası. | 11 |
| 3.2: LRFD(YDTK) ve ASD(GKT)tasarım felsefelerinin karşılaştırılması. | 12 |
| 3.3: Dayanım-yer değiştirme grafiği. | 14 |
| 3.4: Yatay elastik tasarım spektrumu. | 18 |
| 3.5: 4 katlı yapı modeli. | 24 |
| 3.6: 9 katlı yapı modeli. | 26 |
| 4.1: Doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin karşılaştırılması. | 26 |
| 4.2: Genelleştirilmiş kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi. | 28 |
| 4.3: Çaprazda kritik bölge. | 30 |
| 4.4: Guse plakasında çapraz burkulması ile sağlanan uyumdan kaynaklı akma çizgisi. | 30 |
| 4.5: Plastik mafsalların örnek gösterimi. | 31 |
| 4.6: Kiriş için plastik mafsalsal tanımı. | 31 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.7: | Kiriş için plastik mafsal özellikleri. | 32 |
| 4.8: | Kolon için plastik mafsal tanımı. | 32 |
| 4.9: | Kolon için plastik mafsal özellikleri. | 33 |
| 4.10: | Çapraz için plastik mafsal tanımı. | 33 |
| 4.11: | Çapraz için plastik mafsal özellikleri. | 34 |
| 4.12: | Kolonda plastik mafsal atama. | 34 |
| 4.13: | 4 katlı yapı için plastik mafsal yerleri. | 35 |
| 4.14: | 9 katlı yapı için plastik mafsal yerleri. | 35 |
| 4.15: | Birleşim modeli tanımı (Model 2 ve Model 3). | 36 |
| 4.16: | İç çerçevelerde kolon kiriş için birleşim modeli (Model2 ve Model3). | 36 |
| 4.17: | Tipik yarı rijit kompozit birleşim detayı. | 37 |
| 4.18: | Model 2 HE320B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi. | 38 |
| 4.19: | Model 2 HE320B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS. | 38 |
| 4.20: | Model 2 HE340B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi. | 39 |
| 4.21: | Model 2 HE340B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS. | 40 |
| 4.22: | Model 3 HE320B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi. | 41 |
| 4.23: | Model 3 HE320B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS. | 41 |
| 4.24: | Model 3 HE340B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi. | 42 |
| 4.25: | Model 3 HE340B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS. | 43 |
| 4.26: | Plastik mafsal ve link elemanlarının tanımlandığı 4 katlı yapı için ETABS modeli. | 43 |
| 4.27: | Plastik mafsal ve link elemanlarının tanımlandığı 9 katlı yapı için ETABS modeli. | 44 |
| 4.28: | 4 katlı yapı model 1 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları. | 46 |
| 4.29: | 4 katlı yapı model 2 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları. | 47 |
| 4.30: | 4 katlı yapı model 3 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri | 47 |

| | | |
|-------|---|----|
| | tepki spektrumları. | |
| 4.31: | 9 katlı yapı model 2 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları. | 48 |
| 4.32: | 4 katlı yapı model 2 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları. | 48 |
| 4.33: | 9 katlı yapı model 3 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları. | 49 |
| 4.34: | Kocaeli depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 49 |
| 4.35: | El Centro depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 50 |
| 4.36: | Iwate depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 50 |
| 4.37: | Loma Prieta depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 50 |
| 4.38: | New Zealand depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 51 |
| 4.39: | Chuetsu depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 51 |
| 4.40: | Parkfield depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 51 |
| 4.41: | L'Aquila depremi yer hareketi ivme zaman grafiği. | 52 |
| 4.42: | 1999 Kocaeli depremi Zaman Tanım Alanında Analiz tanımı. | 53 |
| 4.43: | Kocaeli depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 55 |
| 4.44: | Kocaeli depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirme karşılaştırması. | 55 |
| 4.45: | Kocaeli depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 56 |
| 4.46: | Kocaeli depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 56 |
| 4.47: | Kocaeli depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 57 |
| 4.48: | Kocaeli depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 59 |
| 4.49: | Kocaeli depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirme karşılaştırması. | 59 |
| 4.50: | Kocaeli depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 60 |
| 4.51: | Kocaeli depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 60 |
| 4.52: | Kocaeli depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma | 61 |

| | | |
|-------|---|----|
| | karşılaştırması. | |
| 4.53: | El Centro depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 62 |
| 4.54: | El Centro depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 63 |
| 4.55: | El Centro depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 63 |
| 4.56: | El Centro depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 64 |
| 4.57: | El Centro depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması.. | 65 |
| 4.58: | El Centro depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 66 |
| 4.59: | El Centro depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 67 |
| 4.60: | El Centro depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 67 |
| 4.61: | El Centro depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 68 |
| 4.62: | El Centro depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 69 |
| 4.63: | Chuetsu depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 70 |
| 4.64: | Chuetsu depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 71 |
| 4.65: | Chuetsu depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 71 |
| 4.66: | Chuetsu depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 72 |
| 4.67: | Chuetsu depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 73 |
| 4.68: | Chuetsu depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 74 |
| 4.69: | Chuetsu depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 75 |
| 4.70: | Chuetsu depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti | 75 |

| | | |
|-------|---|----|
| | karşılaştırması. | |
| 4.71: | Chuetsu depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 76 |
| 4.72: | Chuetsu depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 77 |
| 4.73: | Parkfield depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 78 |
| 4.74: | Parkfield depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 79 |
| 4.75: | Parkfield depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 79 |
| 4.76: | Parkfield depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 80 |
| 4.77: | Parkfield depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 81 |
| 4.78: | Parkfield depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 82 |
| 4.79: | Parkfield depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 83 |
| 4.80: | Parkfield depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 83 |
| 4.81: | Parkfield depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 84 |
| 4.82: | Parkfield depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 85 |
| 4.83: | Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 86 |
| 4.84: | Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 87 |
| 4.85: | Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 87 |
| 4.86: | Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 88 |
| 4.87: | Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 89 |
| 4.88: | Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı | 90 |

| | | |
|--------|---|-----|
| | karşılaştırması. | |
| 4.89: | Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 91 |
| 4.90: | Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 91 |
| 4.91: | Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 92 |
| 4.92: | Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 93 |
| 4.93: | New Zealand depremi 4 katlı yapı için goreli kat otelemesi oranı karşılaştırması. | 94 |
| 4.94: | New Zealand depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 95 |
| 4.95: | New Zealand depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırma. | 95 |
| 4.96: | New Zealand depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 96 |
| 4.97: | New Zealand depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 97 |
| 4.98: | New Zealand depremi 9 katlı yapı için goreli kat otelemesi oranı karşılaştırması. | 98 |
| 4.99: | New Zealand depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 99 |
| 4.100: | New Zealand depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 99 |
| 4.101: | New Zealand depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 100 |
| 4.102: | New Zealand depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 101 |
| 4.103: | Iwate depremi 4 katlı yapı için goreli kat otelemesi oranı karşılaştırması. | 102 |
| 4.104: | Iwate depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 103 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.105: | Iwate depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 103 |
| 4.106: | Iwate depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 104 |
| 4.107: | Iwate depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 105 |
| 4.108: | Iwate depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 106 |
| 4.109: | Iwate depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 107 |
| 4.110: | Iwate depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 107 |
| 4.111: | Iwate depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 108 |
| 4.112: | Iwate depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 109 |
| 4.113: | L'Aquila depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 110 |
| 4.114: | L'Aquila depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 111 |
| 4.115: | L'Aquila depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 111 |
| 4.116: | L'Aquila depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 112 |
| 4.117: | L'Aquila depremi 4 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 113 |
| 4.118: | L'Aquila depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması. | 114 |
| 4.119: | L'Aquila depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması. | 115 |
| 4.120: | L'Aquila depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması. | 115 |
| 4.121: | L'Aquila depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması. | 116 |
| 4.122: | L'Aquila depremi 9 katlı yapı için plastik mafsallaşma karşılaştırması. | 117 |
| 4.123: | 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı. | 118 |
| 4.124: | 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı. | 118 |
| 4.125: | 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama görelî kat | 119 |

| | |
|--|-----|
| ötelemesi oranı. | |
| 4.126: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama görelî kat ötelemesi oranı. | 119 |
| 4.127: 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi. | 120 |
| 4.128: 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi. | 120 |
| 4.129: 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi. | 121 |
| 4.130: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama tepe yer değiştirmesi. | 121 |
| 4.131: 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti. | 122 |
| 4.132: 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti. | 122 |
| 4.133: 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti. | 123 |
| 4.134: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama taban kesme kuvveti. | 123 |
| 4.135: 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi. | 124 |
| 4.136: 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi. | 124 |
| 4.137: 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi. | 125 |
| 4.138: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama kapasite eğrisi. | 125 |
| 4.139: 9 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı. | 126 |
| 4.140: 9 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı. | 127 |
| 4.141: 9 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı. | 127 |
| 4.142: 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama görelî kat ötelemesi oranı. | 128 |
| 4.143: 9 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi. | 128 |
| 4.144: 9 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi. | 129 |
| 4.145: 9 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi. | 129 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.146: | 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama tepe yer değiştirmesi. | 130 |
| 4.147: | 9 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti. | 130 |
| 4.148: | 9 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti. | 131 |
| 4.149: | 9 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti. | 131 |
| 4.150: | 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama taban kesme kuvveti. | 132 |
| 4.151: | 9 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi. | 132 |
| 4.152: | 9 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi. | 133 |
| 4.153: | 9 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi. | 133 |
| 4.154: | 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama kapasite eğrisi. | 134 |

TABLÖLAR DİZİNİ

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1: | Ry ve Rt katsayıları. | 16 |
| 3.2: | Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları. | 16 |
| 3.3: | Sabit yük. | 17 |
| 3.4: | Harita spektral ivme katsayıları. | 18 |
| 3.5: | Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları. | 20 |
| 3.6: | Deprem tasarım sınıfları. | 20 |
| 3.7: | Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları. | 21 |
| 3.8: | Hareketli yük kütle katılım katsayıları. | 21 |
| 3.9: | Bina Yükseklik Sınıfı. | 22 |
| 3.10: | Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar. | 23 |
| 3.11: | 4 katlı yapı model kesitleri. | 23 |
| 3.12: | 9 katlı yapı model kesitleri. | 24 |
| 4.1: | Kolon ve kiriş için modelleme parametreleri ve kabul kriterleri. | 28 |
| 4.2: | Çaprazlar için modelleme parametreleri ve kabul kriterleri. | 29 |
| 4.3: | Hakim periyotları. | 45 |
| 4.4: | Deprem kayıtları. | 45 |
| 4.5: | Kocaeli depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 54 |
| 4.6: | Kocaeli depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 58 |
| 4.7: | El Centro depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 62 |
| 4.8: | El Centro depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 66 |
| 4.9: | Chuetsu depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 70 |
| 4.10: | Chuetsu depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 74 |
| 4.11: | Parkfield depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 78 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.12: | Parkfield depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 82 |
| 4.13: | Loma Prieta depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 86 |
| 4.14: | Loma Prieta depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 90 |
| 4.15: | New Zealand depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 94 |
| 4.16: | New Zealand depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 98 |
| 4.17: | Iwate depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 102 |
| 4.18: | Iwate depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 106 |
| 4.19: | L'Aquila depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 110 |
| 4.20: | L'Aquila depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri. | 114 |
| 5.1: | Hakim periyotları karşılaştırılması. | 135 |
| 5.2: | Görelî kat öteleme oranları karşılaştırılması. | 136 |
| 5.3: | Tepe yer değiştirmesi karşılaştırılması. | 136 |
| 5.4: | Taban kesme kuvveti karşılaştırılması. | 136 |

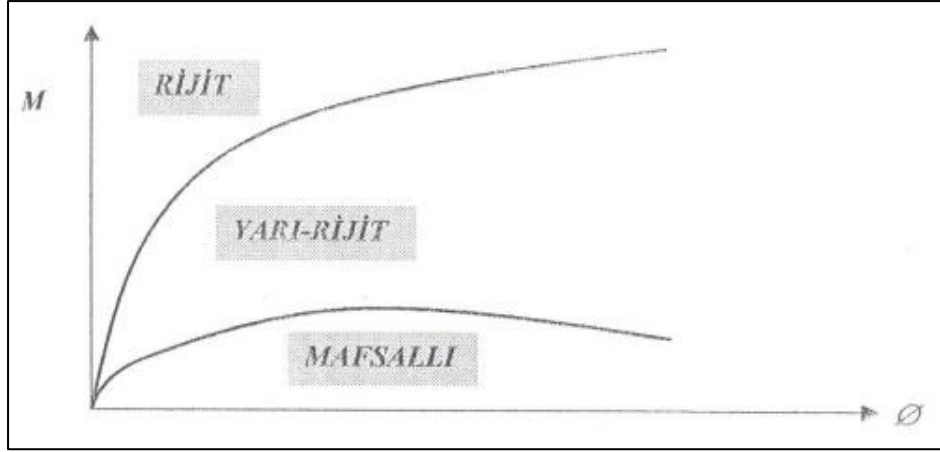
1. GİRİŞ

Çaprazlı Çelik Çerçeveler, büyük yatay yükler etkisinde enerji tüketimini çapraz elemanlarının basınç altında burkularak akmaya erişmesiyle ve çekme altında akmasıyla sağlarlar. Sismik tasarımda kolon, kiriş ve birleşim bölgelerinde hasar oluşması istenmezken, düşey yük taşıma kapasitesi korunarak çapraz elemanlarda plastik şekil değiştirmelerin meydana gelmesi istenir. Çelik yapılarda, deprem yükü veya rüzgar yükü gibi yatay yüklemelere karşı koyan en yaygın yöntem Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveli Sistemler'dir. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveli Sistemler, ülkemizde ve dünya genelinde en çok tercih edilen çelik çerçeve sistemleri olarak yerini almaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeve Sistem kullanımı Kaliforniya eyaletinde üretilen yapılarda %40 oranında tercih edilmektedir. Bu tarihten on yıl öncesinde bu oran %10'u dahi bulmamaktadır.

1994 Northridge ve 1995 Kobe depremleri, orta ve büyük ölçekte yer hareketine maruz kalan çelik yapılarda, uygun geometri ve birleşim detayları ortaya konulmadığı zaman sünek ve yüksek dayanım kapasitesine sahip olduğu bilinen çelik yapıların sanıldığı gibi deprem karşısında yüksek performans seviyesi sergileyemediğini göstermiştir. Bu depremlerden çok ciddi hasar tespitleri rapor edilmiştir. Hasar durumlarında, çapraz elemanlarının zayıf birleşim noktası teşkili, çapraz elemanlarının doğrudan kolonlara birleştirildiği durumlar ve çapraz teşkilinin yalnızca tek yönlü yapıldığı durumlar bildirilmiştir. Gözlemlenen bu hasarlar sonrasında bu depremler, yapısal çelik sektöründe yeni tasarım kriterlerinin belirlenmesine sebep olmuştur.

Mafsallı olarak tasarlanan bir düğüm noktasında kolona bağlanan kiriş, moment aktarmamakta ve uçlarından dönebilmektedir. Gerçekte ise düğüm noktası ne tam rijit ne de tam mafsallı olarak davranış sergiler. Yapılar projelendirilirken düğüm noktalarını mafsallı veya rijit olarak tasarlamak birçok hesap kolaylığını da beraberinde getirmektedir. Ancak, her ne kadar hesap kolaylığını beraberinde getirse de yapılan araştırmalar göstermiştir ki düğüm noktalarının davranışı gerçekte bu iki değer arasında kalmaktadır. Bu davranış yarı-rijit davranış olarak adlandırılır. Yapı elemanlarının davranışlarını, düşey ekseninde moment (M) ve yatay ekseninde dönme (ϕ) olmak üzere; bu iki etkinin birbirleriyle olan etkileşimini gösteren M- ϕ

diyagramları en iyi şekilde açıklar. Şekil 1.1’de birleşimlerin sınıflandırılmasına ilişkin Moment-Dönme ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Moment dönme eğrileriyle birleşimlerin sınıflandırılması.

1.1. Tezin Kapsamı ve Amaçları

Çelik yapıların ekonomik tasarımı için yapılan mevcut tasarım uygulamalarında sistem; düşey yük taşıyan sistem ve yatay yük taşıyan sistem olarak ayrılır. Yatay yüklere karşı dayanıklı sistem binanın çevresinde düzenlenirken, iç çerçeveler düşey yükleri taşımakla ilişkilendirilir.

Geleneksel olarak yapılan çelik yapıların analizinde düşey yük taşıyan iç çerçevelerin yanal rijitlik ve dayanıma katkısı ihmal edilir. Sadece dış çerçeveler hesaba katılır.

Düşey yük taşıyan iç çerçevelerin davranış üzerindeki etkisini doğru bir şekilde ölçmeden sağladığı ilave kapasiteyi göz ardı etmek yanıltıcı olabilir. Bu ilave kapasitenin değerlendirilebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı; çevre çerçeveleri Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevesi Sistem’den oluşan yapıların gerçek davranışına ilişkin durumu genişletmektir.

1.2. Metodoloji

Mevcut yönetmelik kurallarına uyarak tasarlanan ve analiz kapsamında TBDY 2018’e göre yer hareketi kaydına tabii tutulan az ve orta katlı yapıları birinci

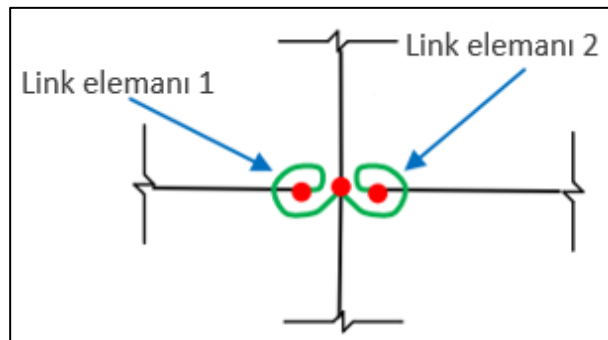
durumda; düşey yük taşıyan iç çerçeveleri dikkate almadan, ikinci durumda; düşey yük taşıyan iç çerçeveleri dikkate alarak ve üçüncü durumda; düşey yük taşıyan iç çerçevelere ilaveten kompozit döşeme katkısı da dikkate alınarak Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevesi Sistemleri'nin sismik davranışı değerlendirilip, çalışmanın sonuçları taban kesme kuvvetleri, tepe yer değiştirmeleri ve görelî kat öteleme oranları açısından sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak iç çerçevelerin sismik performansa katkısı ortaya konulmuştur. Sismik performansı değerlendirmek için Artımsal Dinamik Analizi (ADA) yapılmıştır.

Yukarıda belirtilen üç farklı durumda az ve orta katlı yapıların, tasarım aşamasında deprem yükleri TBDY 2018'e [2] göre belirlenirken yüklemelerin yapılması ve kesitlerin belirlenmesi Amerikan yönetmeliği olan Çelik Yapılar Yönetmeliği'ne (AISC 360-16) [3] göre yapılmıştır. Yapıların analizleri Etabs V18 [4] yapısal analiz programı kullanılarak modellenmiştir.

1.3. Literatür Araştırması

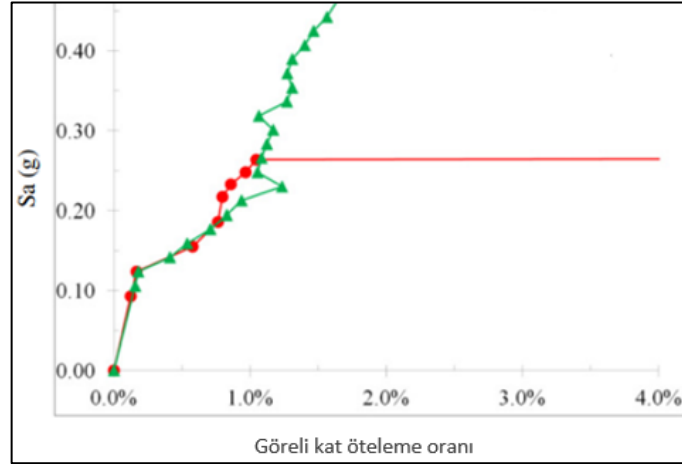
Bu bölümde tez konusunu ilgilendiren daha önce yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

Wen, Akbaş ve Shen, (2013) kesme levhali basit birleşimli sünek olmayan çaprazlı çerçevelerde iç çerçevelerin katkısını incelemek amaçlı 3 katlı yapı tasarlamışlardır. Bu yapıyı iki farklı durumda analiz etmişlerdir. Birinci durumda geleneksel tasarıma uyularak iç çerçevelerin sismik performansa katkısı ele alınmamıştır. İkinci durumda kolon kiriş birleşimlerine link eleman atanarak yarı rijit özellik kazandırılmıştır. Bunun için Şekil 1.2'de görülen model önerilmiştir.



Şekil 1.2: İkinci durum için önerilen birleşim modeli.

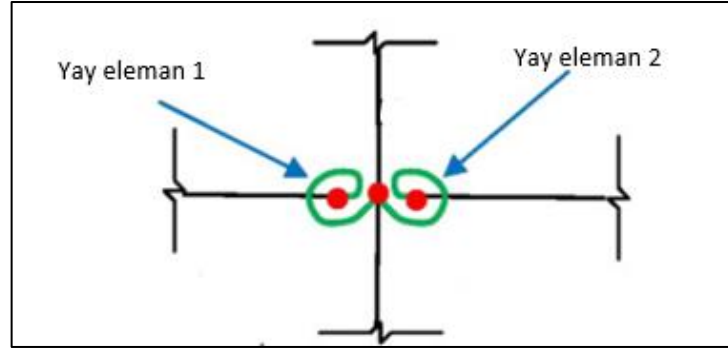
Temel periyot birinci durumda 0.70 s. ikinci durumda 0.56 s. çıkmıştır. İç çerçevelerden gelen ek rijitliğin az katlı binalar için yapısal temel periyotları önemli ölçüde değiştirdiği görülmüştür. Artımsal Dinamik Analiz uygulanmıştır. Şekil 1.3’de verilen Artımsal Dinamik Analiz sonucu oluşan grafikte görüldüğü üzere birleşim için önerilen analitik model, sünek olmayan merkezi çaprazlı çelik sistemler için stabiliteyi arttırıp göçmeyi ertelemektedir.



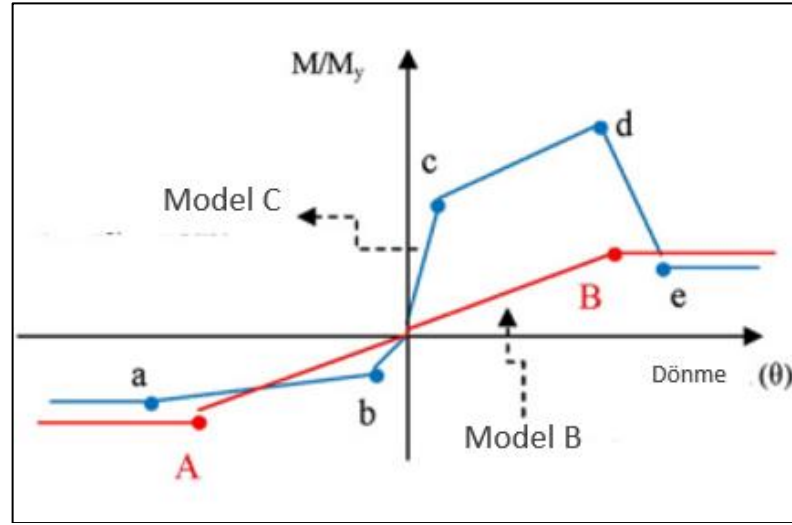
Şekil 1.3: Artımsal Dinamik Analiz eğrisi.

Birinci durumda tüm çaprazların kopmasıyla yapı tüm yanal kuvvet direncini kaybedip sadece kolonların yanal rijitliğine bağlı kalmaktadır. Kolonlarda plastik mafsall oluşursa bu katkı kaybolmaktadır. Bu nedenle kolonlardan gelen katkıların çaprazlar koptuktan sonra birinci durum için göçmeyi geciktiremeyeceği anlaşılmaktadır [5].

Shen, Wen, Akbaş, Şeker ve Uçkan, (2015) Artımsal Dinamik Analiz’e dayalı olarak sünek olmayan merkezi çaprazlı çelik çerçeveli sistemleri göçme öncesi davranışa odaklanarak sismik değerlendirmesini sunmak amacıyla 3 katlı ve 9 katlı yapıyı 3 farklı durumda tasarlamışlardır. Birinci model olan A modeli yalnızca sünek olmayan çaprazlı çerçevenin yanal katkısının ele alındığı rutin tasarımdır. Model B ve Model C’de yarı rijit moment birleşimleri eklenmiştir. Model B ve C arasındaki fark C modelinde kompozit döşeme katkısının da ele alınmasıdır. Model B’de iç çerçevelerde kolon kiriş birleşimlerini $4EI/L$ ’nin %10’u dönme rijitliği ile tanımlamışlardır. Şekil 1.4’de Model B ve C için önerilen birleşim modeli görülmektedir. Şekil 1.5’de Model B ve C için tanımlanan birleşimlerin moment eğrilik grafiği görülmektedir.



Şekil 1.4: Model B ve C için önerilen birleşim modeli.



Şekil 1.5: Model B ve C için tanımlanan birleşimlerin moment eğrilik grafikleri.

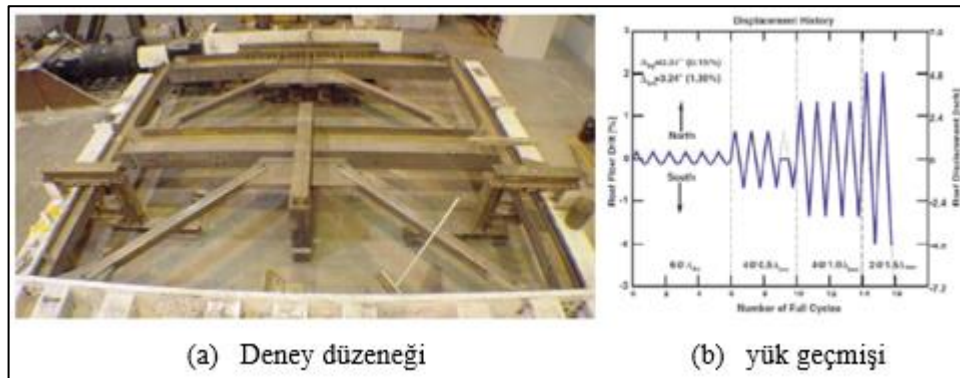
Yapılan çalışma sonucunda iç çerçevelerin binanın genel yapısal rijitliğini arttırdığı görülmektedir. Bu katkı çaprazlara herhangi bir hasar gelmeden önce çok sınırlı olup ağır hasar gördüklerinde daha belirgin şekilde artmaktadır. 3 katlı yapının temel periyotları sırasıyla 0.70 s., 0.56 s. ve 0.56 s., 9 katlı yapının temel periyotları sırasıyla 2.023 s., 2.017 s. ve 2.017 s. dir. İç çerçevenin katkısının 3 katlı yapıda 9 katlı yapıya göre daha fazla katkı gösterdiği sonucuna varılmıştır [6].

Zorlu, Akbaş, Shen ve Şeker, (2018) süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçevelerde iç çerçevelerin sismik performansa katkısını incelemek amacıyla 4 ve 9 katlı 2 adet çelik yapı tasarlamışlardır. Her 2 yapı içinde 3 farklı durum bulunmakta olup, birinci durumda geleneksel tasarıma uyularak iç çerçevelerin sismik performansa katkısı ele alınmamıştır. İkinci durumda kolon kiriş birleşimlerine yarı rijit birleşim atanmıştır. Üçüncü durumda ikinci duruma ilave olarak kompozit döşeme katkısı da ele alınmıştır. Temel periyotlarının her iki yapı

için de birinci durumdan üçüncü duruma doğru azaldığı görülmektedir. Taban kesme kuvveti ise giderek artmaktadır. Yer hareketinin şiddeti arttıkça iç çerçevelerin sayısal modellere katkısının dahil edilmesinin çelik yapıların genel performansını iyileştirdiği sonucuna varılmıştır [7].

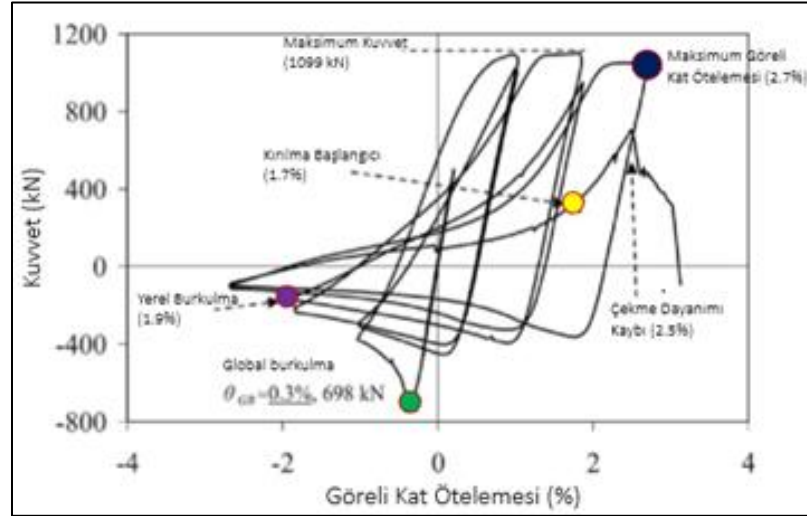
Çaprazlı çelik çerçeve taşıyıcı sistemlerin performansına ilişkin veriler geçmişten günümüze birçok yürütülen çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Bu çalışmalarda araştırmacılar basınç etkisine maruz elemanlar için önemli ölçütler olan narinlik, kompaktlık ve en kesit tipi gibi değişkenlerin çapraz elemanlardaki kırılma sünekliği ve enerji sönümlenme kapasitesine olan etkilerini incelemişlerdir. Tremblay (2002) [8], bu çalışmalar ilişkin yaptığı değerlendirmesinde, düşük narinlikli çapraz kesitlerin kompakt kesite sahip olsalar dahi yerel burkulma mekanizmasından dolayı ciddi olarak olumsuz etkileneceklerini ifade etmiştir. Söz konusu çalışmalarda nispeten daha kompakt olan kesitlerin çok daha sünek davranış sergileyeceği gösterilmiştir. Ayrıca Tremblay (2002) [8], araştırmaları sonucunda, asimetrik basınç yüklemesine maruz kalan çapraz elemanlarının simetrik olarak çekme basınç etkilerine maruz kalan elemanlara nazaran daha fazla burkulma eğiliminde olduğu sonucunu paylaşmıştır.

Uriz P. (2005) [9], tarafından iki katlı ters V şeklindeki Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçevesel Sistem'e ikinci kat hizasında uygulanan yer değiştirme geçmişi Şekil 1.6 (b)'de görülmektedir. İlk kat çaprazlarında birinci kat kolonlarında ve kolon – kiriş birleşimlerinde önemli hasarlar oluşmuştur. Bu hasarlar akma, lokal burkulma, lokal yırtılma, çaprazda kırılma, kolondaki lokal burkulma ve birleşimde kırılmadır. (Uriz P., 2005) [9].

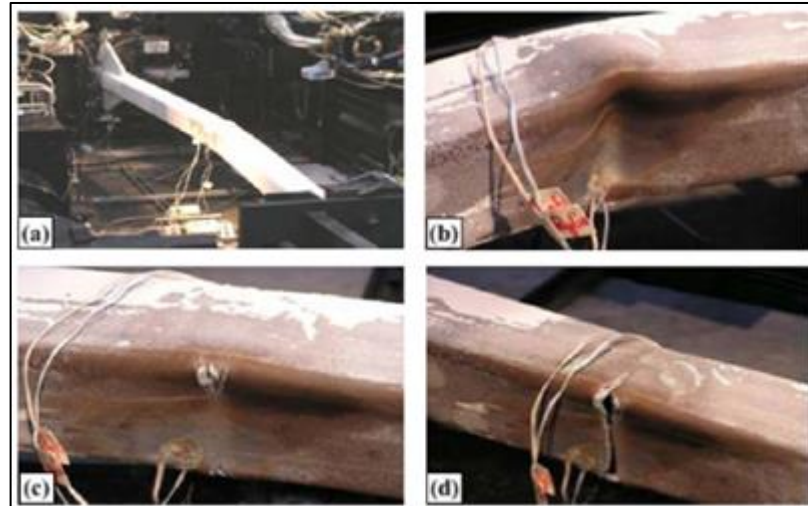


Şekil 1.6: İki katlı Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevesel Sistem için deney düzeneği ve yük geçmişi.

Çapraz elemanların doğrusal elastik olmayan davranışlarını ortaya koymak adına Fell vd., (2009) [10], tarafından yapılan deneysel çalışma sonucunda elde edilen Kuvvet (kN) - Görelî Kat Ötelemesi Oranları grafiği Şekil 1.7'de verilmektedir. Bununla birlikte, çapraz elemandaki global burkulma, yerel burkulma, kırılma başlangıcı, çekme dayanımı kaybına ait şekil değiştirme durumlarını gösterir görseller de Şekil 1.8'de verilmiştir.



Şekil 1.7: Çapraz elemanın tekrarlı yükler altında davranışı.

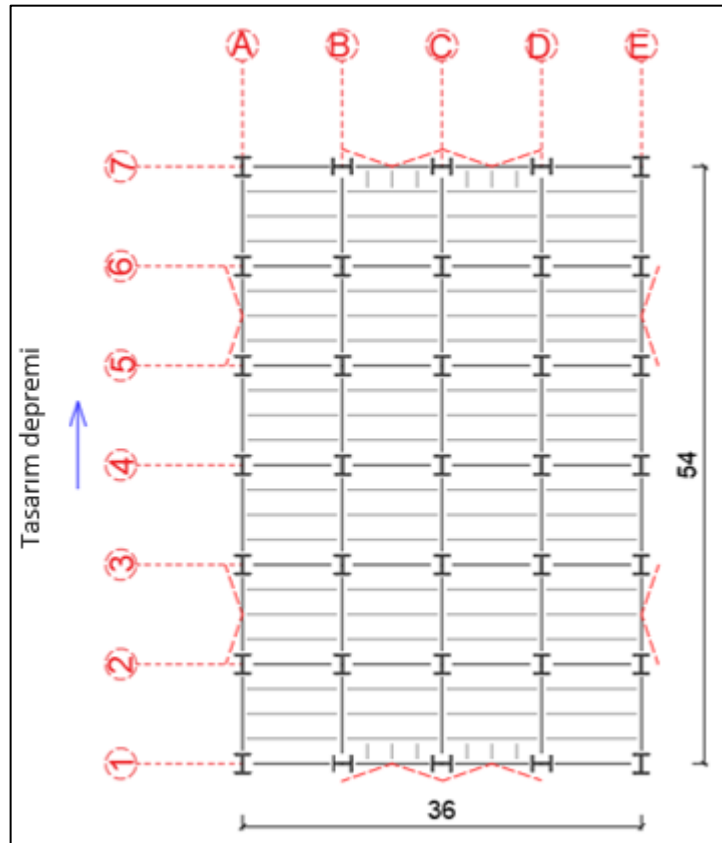


Şekil 1.8: Çelik çaprazda meydana gelen hasarlar (a) global burkulma, (b) yerel burkulma, (c) kırılma başlangıcı, (d) çekme dayanımı kaybı.

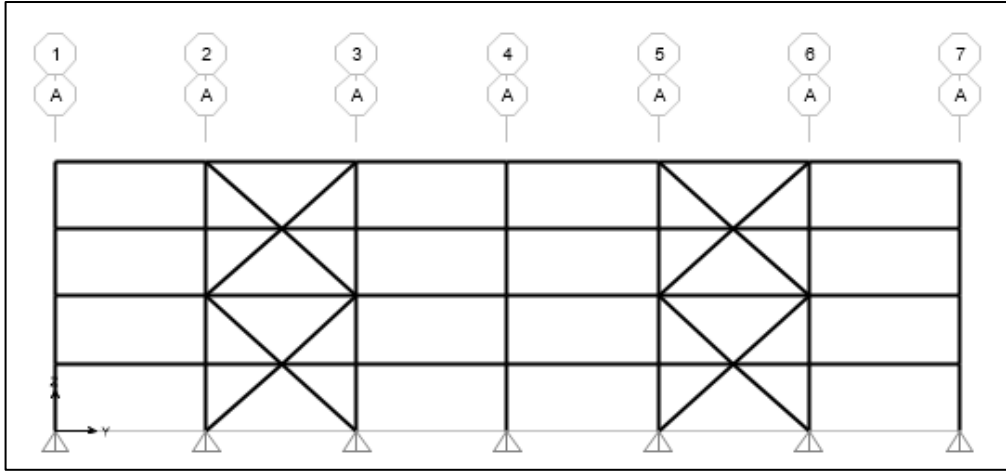
2. YAPI MODELLERİ

Bu çalışmada her iki doğrultuda da sünelik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı çerçevelerden oluşan az ve orta katlı yapılar incelenmiştir. Ana kirişlere belirli aralıklarla (2.25 m) tali kirişler mafsallı birleştirilmiştir. Yapı, düzlemde rijit diyafram oluşturan kompozit döşeme sistemine sahiptir. Kolonlar temele basit mesnetle oturtulmuştur. Taşıyıcı sistemin kirişleri ve kolonları Avrupa norm profilleri kullanılarak boyutlandırılmıştır. Tüm profiller sünelik düzeyi yüksek, narin olmayan ve kompakt özelliklere sahip olacak şekilde seçilmiştir.

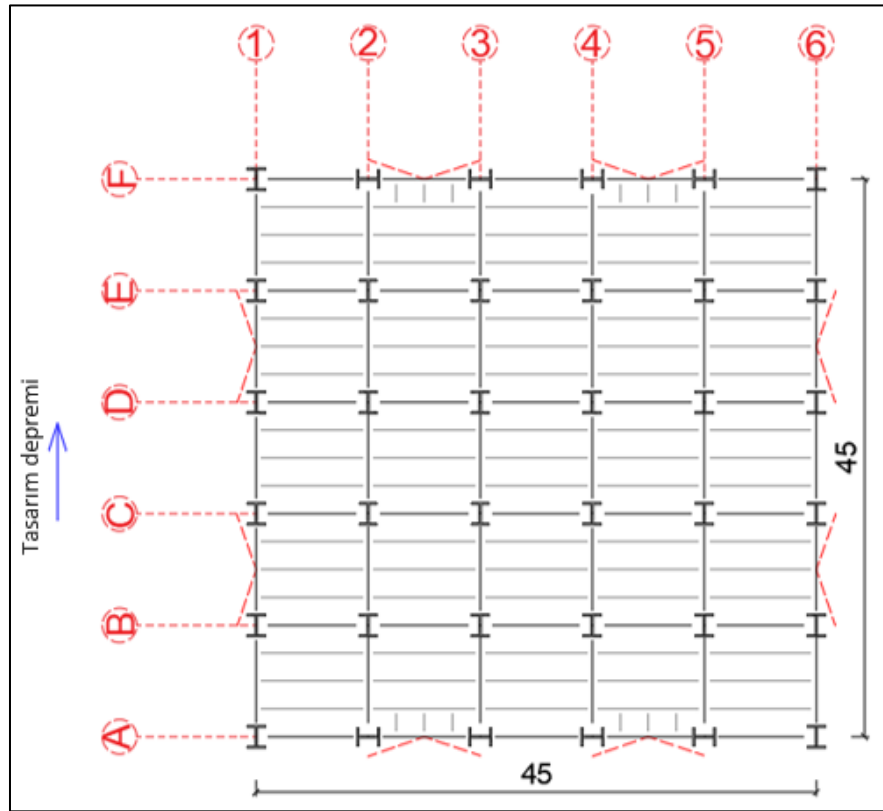
Tasarımı yapılan az katlı yapı 36×54 m boyutlarında 4 katlı ofis binası olarak öngörölmüş olup aks aralıkları; X-X doğrultusunda 4×9 m, Y-Y doğrultusunda 6×9 metredir. Orta katlı yapı ise 45×45 m boyutlarında 9 katlı ofis binası olarak öngörölüp aks aralıkları X-X ve Y-Y doğrultusunda da 5×9 metredir.



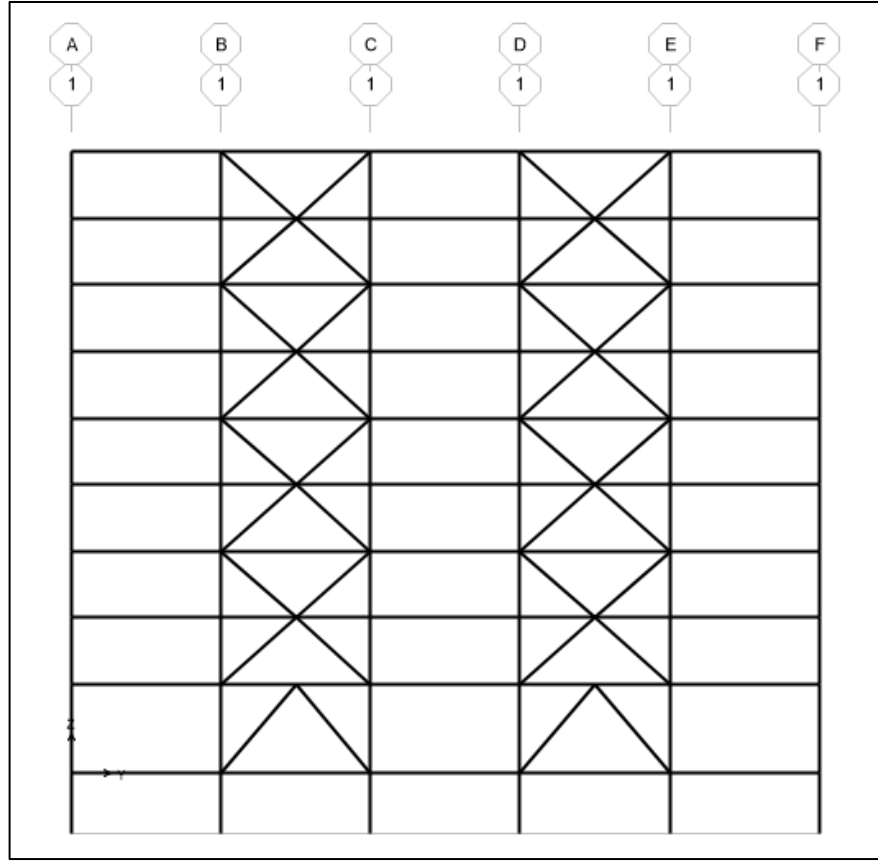
Şekil 2.1: 4 katlı yapı için plan görünümü.



Şekil 2.2: 4 katlı yapı için elevasyon.



Şekil 2.3: 9 katlı yapı için plan görünümü.



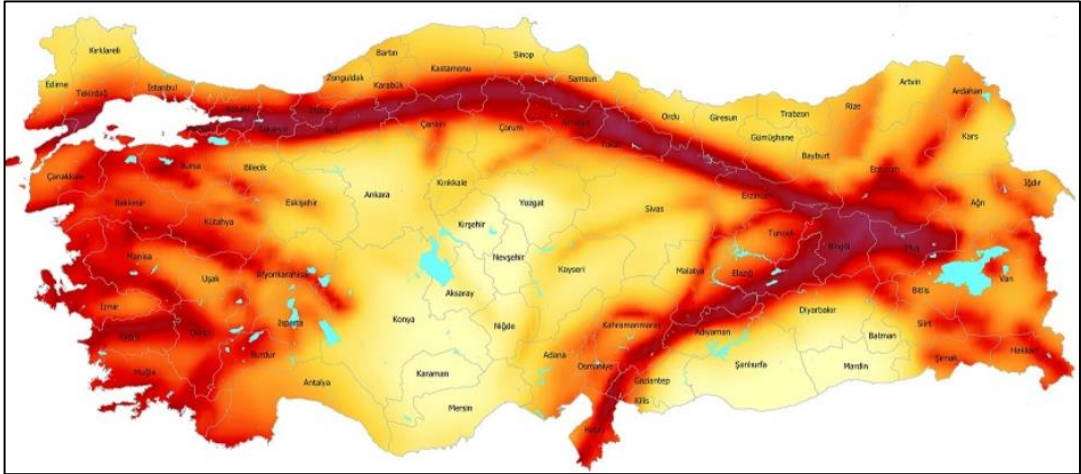
Şekil 2.4: 9 katlı yapı için elevasyon.

2.1. Düzensizliklerin Kontrolü

Yatay yük taşıyıcı sistemlerin planda düzenli olarak yerleşmesi, çıkıntılıların olmaması, döşemelerde büyük boşlukların ve süreksizliklerin bulunmaması nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir. Benzer şekilde, taşıyıcı sisteminin düşey elemanlarında ani rijitlik değişimlerinin ve süreksizliklerin olmaması nedeniyle düşey doğrultuda düzensizlik durumları mevcut değildir.

3. YAPISAL TASARIM

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği en son 2018 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından oluşturulan komisyon tarafından deprem mühendisliği alanında yaşanan gelişmeler ışığında yeniden hazırlanmıştır. Yeni yönetmelikle birlikte deprem etkisi altında tasarımı yapılan yeni binaların ve mevcut binaların değerlendirmesinde esas alınacak deprem yer hareketi düzeylerine karşılık gelen deprem etkileri, güncel deprem verileri ile Türkiye Deprem Tehlike Haritası hazırlanmıştır. Bu doğrultuda artık deprem bölgeleri yerine en büyük yer ivmesi değerleri kullanılmaktadır. Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda her coğrafi nokta için spektral ivme katsayıları okunabilmektedir. Türkiye Deprem Tehlike Haritası aşağıdaki Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



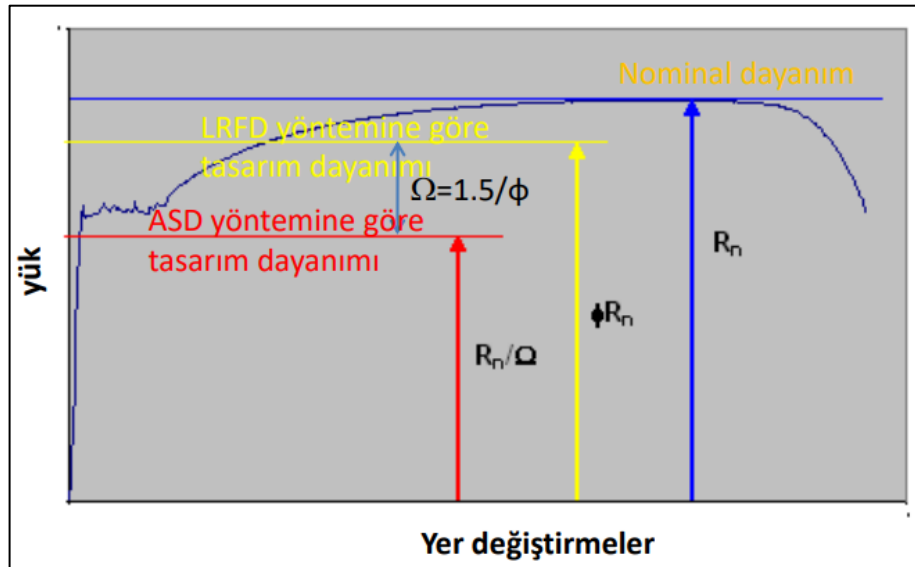
Şekil 3.1: Türkiye Deprem Tehlike Haritası.

TBDY 2018'de yerel zemin sınıfları; ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak 6 sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca TBDY 2018'de Bina Kullanım Sınıfları (BKS), Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), Bina Yükseklik Sınıfları (BYS) gibi sınıflandırmalar mevcuttur. Dayanıma göre (DGT) ve şekil değiştirmeye göre (ŞGDT) iki ana tasarım yaklaşımı belirlenmiştir.

TS 648 Çelik Yapıların Hesap ve Tasarım Kuralları'nda kullanılan hesap yöntemlerinin ve malzeme alanında dünyada meydana gelen gelişmelerden dolayı güncelliğini yitirmesi sebebiyle 01.09.2016 tarihinde Çelik Yapıların Tasarım Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği (ÇYTHYE) [12] yürürlüğe girmiştir. Esas

itibari ile uluslararası düzeyde güncel ve geçerliliği kanıtlanmış Amerikan Yönetmeliği AISC 360-10 [13] ve AISC 360-16 [3] temel alınarak geliştirilmiştir. AISC 360-10 [13] yönetmeliğinde iki farklı tasarım yöntemi mevcuttur. Bunlar ASD (Allowable Strength Design) ve LRFD (Load and Resistance Factor Design) olup ÇYTHYE’de [12] GKT (Güvenlik Katsayıları ile Tasarım) ve YDKT (Yük ve Dayanım katsayılarına göre tasarım olarak geçmektedir. Her iki yöntemde de yapıya etkimesi öngörülen yükler belirli katsayılarla çarpılarak göz önüne alınır ve gerekli dayanım hesaplanır. İki tasarım yöntemi için yük birleşimleri farklı olarak ele alınmaktadır. LRFD (YDKT), yük tahmini ve güvenlik katsayılarının daha hassas olması sebebiyle, ayrıca daha gerçekçi yükleme birleşimleri ile ASD (GKT)’ye göre daha gerçeğe uygun olup daha uygun yapı güvenliği sağlamaktadır.

Aşağıdaki Şekil 3.2’de LRFD (YDKT) ve ASD (GKT) karşılaştırmalı grafiği verilmektedir. Burada R_n , enkesitlere ait karakteristik dayanımdır. Bu dayanım LRFD (YDKT)’ye göre $\phi < 1$ olan dayanım katsayısı ile çarpılınca, ASD (GKT)’ye göre $\Omega > 1$ olan güvenlik katsayısına bölününce tasarım dayanımları elde edilir.



Şekil 3.2: LRFD(YDKT) ve ASD(GKT) tasarım felsefelerinin karşılaştırılması.

Bu tez kapsamında AISC 360-16 Çelik Yapılar Yönetmeliği’ne [3] uyulup LRFD (YDKT) tasarım yöntemi kullanılmaktadır.

3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

TBDY 2018'e [2] göre 4 farklı deprem yer hareketi düzeyi bulunmaktadır. Bunlar TBDY 2018 Bölüm 2.2'ye göre aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır;

DD1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

DD2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

DD3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

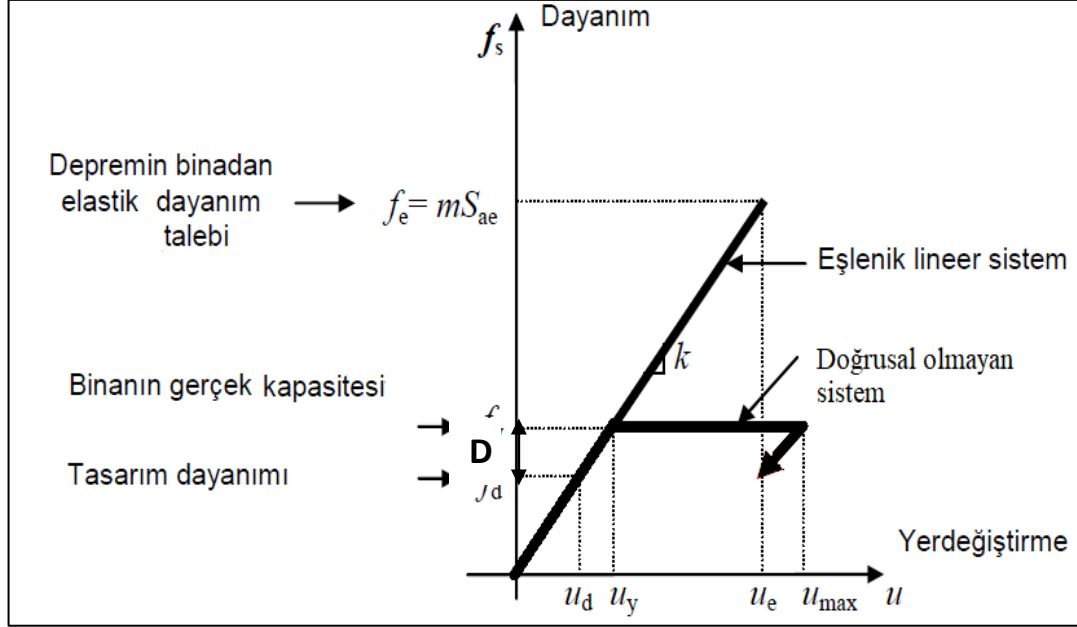
DD4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2. Yük Birleşimleri

TBDY 2018 Bölüm 9.2.5.1'e göre çaprazlı çelik çerçevelerde boyutlandırma için kullanılan yük birleşimleri aşağıdaki gibidir;

- 1.4G,
- 1.2G + 1.6Q + 0.5Qr,
- 1.2G + 1.6Qr + 1.0Q
- 1.2G + 0.5Q + E_d^(H) + 0.3E_d^(Z)
- 0.9G + E_d^(H) - 0.3E_d^(Z)
- 1.2G + 0.5Q + Ω₀E_d^(H) + 0.3E_d^(Z)
- 0.9G + Ω₀E_d^(H) - 0.3E_d^(Z)

Ω_0 dayanım fazlalığı katsayısını (D) ifade etmektedir. TBDY 2018 Tablo 4.1’de çeşitli sistemler için farklı değerler verilmiştir (1.5~ 3). Dayanım fazlalığı katsayısı akma dayanımının tasarım dayanımına oranını ifade eden katsayıdır.



Şekil 3.3: Dayanım – yer değiştirme grafiği.

$E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini, $E_d^{(Z)}$ düşey deprem etkisini göstermektedir. TBDY 2018 Bölüm 4.4.3, yapı tasarımında düşey deprem etkilerinin gözönüne alınmasını düşey elastik ivme spektrumu veya yapıya etkiyen ölü yükler ile birlikte düşünülmesi durumları olarak iki şekilde belirtmiştir. TBDY 2018 Bölüm 4.4.3.1’de belirtilen özel durumlarda yerel düşey titreşim modları gözetilerek düşey elastik ivme spektrumuna göre tasarım yapılmalıdır. Bu özel durumlar haricinde binaların tasarımlarında düşey deprem etkilerinin gözönüne alınabilmesi için TBDY 2018 Denklem 4.10’da ölü yüklerin etkisi ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ile ilişkilendirilmiş bir bağıntı verilmiştir. Bu bağıntıya göre $E_d^{(Z)}$ yaklaşık olarak denklem 3.1’deki gibi hesaplanmaktadır;

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)S_{DS} \times G \quad (3.1)$$

Buna göre yukarıdaki denklemler düzenlenip tekrar yazıldığında deprem etkisi içeren birleşimler aşağıdaki gibi olur;

- $(1.2 + 0.2S_{DS})G + 0.5Q + E_d^{(H)}$,
- $(0.9 - 0.2S_{DS})G + E_d^{(H)}$,
- $(1.2 + 0.2S_{DS})G + 0.5Q + DE_d^{(H)}$
- $(0.9 - 0.2S_{DS})G + DE_d^{(H)}$

Fiktif yük etkisi (N_i), düşey yüklü bütün birleşimlerde başlangıç kusurlarını iptal etmek için kullanılan hayali bir yük olup, AISC 360-16 [3] Bölüm C2.2b(a)'ya göre her katta zemine etki eden toplam düşey yükün 0.2%'si olarak alınır. Denklem 3.2'de belirtildiği şekilde hesaplanır.

$$N_i = 0.002 \times \alpha \times Y_i \quad (3.2)$$

Burada;

N_i : fiktif yük,

α : YDKT için 1, GKT için 1.6,

Y_i : her kat seviyesinde zemine etkiyen toplam düşey yük olarak tanımlanmaktadır.

Fiktif yük etkisi dahil edilmiş yük birleşimleri aşağıdaki gibidir.

- $1.4G \pm 1.4NG$,
- $1.2G + 1.6Q + 0.5Q_r \pm 1.2NG \pm 1.6NQ \pm 0.5NQ_r$,
- $1.2G + 1.6Q_r + 1.0Q \pm 1.2NG \pm 1.6NQ_r \pm 1.0NQ$
- $(1.2 + 0.2S_{DS})G + 0.5Q + E_d^{(H)}$
- $(0.9 - 0.2S_{DS})G + E_d^{(H)}$

Fiktif yüklerin düşey yük bileşenlerine dahil edilmesi zorunludur. Ancak, AISC 360-16 [3] Bölüm C2.2b(d)'ye göre, 2. mertebe etkisinde maksimum ötelenmenin 1. mertebe etkisindeki maksimum ötelenmeye oranının 1.7'ye eşit veya daha az olması durumunda yatay yük bileşenlerine fiktif yük etkitemeye gerek yoktur.

3.3. Malzeme

Kolon ve kiriş elemanları için karakteristik akma gerilmesi $F_y = 355$ MPa

Çapraz elemanları için karakteristik akma gerilmesi $F_y = 275$ MPa

TBDY 2018 Bölüm 9.2.4.'e göre; dayanımı belirlenen elemanda olası göçme sınır durumları için, karakteristik dayanım ifadelerinde karakteristik akma gerilmesi F_y ve karakteristik çekme dayanımı F_u yerine sırasıyla; olası akma gerilmesi $R_y \times F_y$ ve olası çekme dayanımı $R_t \times F_u$ kullanımı önerilmektedir.

Tablo 3.1: R_y ve R_t katsayıları.

| Yapı Çeliği Sınıfı ve Eleman Türü | R_y | R_t |
|---|-------|-------|
| S 235 çeliğinden imal edilen hadde profilleri ve levhalar | 1.4 | 1.1 |
| S 275 çeliğinden imal edilen hadde profilleri ve levhalar | 1.3 | 1.1 |
| S 355 çeliğinden imal edilen hadde profilleri ve levhalar | 1.25 | 1.1 |
| S 460 çeliğinden imal edilen hadde profilleri | 1.1 | 1.1 |
| Boru ve Kutu profiller | 1.4 | 1.3 |
| Donatı çeliği | 1.2 | 1.2 |

Tablo 3.2: Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları.

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Beton | $f_{ce} = 1.3 f_{ck}$ |
| Donatı çeliği | $f_{ye} = 1.2 f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S235) | $f_{ye} = 1.5 f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S275) | $f_{ye} = 1.3 f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S355) | $f_{ye} = 1.1 f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S2460) | $f_{ye} = 1.1 f_{yk}$ |

AISC 360-16 [3] Bölüm C2.3'e göre bütün elemanların rijitlikleri %20 oranında azaltılmalıdır.

3.4. Yük Analizi

Bu bölümde yapılarda kullanılacak ölü yük ve hareketli yük hesabı açıklanmaktadır.

3.4.1. Sabit Yükler

Bu bölümde yapıda kalıcı sabit yükler verilmiştir.

Tablo 3.3: Sabit yük.

| Eleman | Normal kat kN/m ² | atı katı kN/m ² |
|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 80 mm hafif beton | 1.600 | 1.600 |
| 38 mm metal sac | 0.100 | 0.100 |
| Taşıyıcı sistem öz ağırlık | 0.600 | 0.300 |
| atı kaplaması/ İzolasyon/ Ekipman | - | 0.400 |
| Bölme duvarlar | 0.750 | - |
| Mekanik/ Elektrik aksam | 0.300 | 0.300 |
| Yer kaplaması | 0.500 | - |
| Asma tavan | 0.100 | 0.100 |
| Yangın koruma | 0.100 | 0.100 |
| Toplam | 4.050 | 2.900 |

3.4.2. Hareketli Yükler

Bu bölümde yapıda kullanılacak hareketli yükler TS498 [17] izelge 7'ye göre belirlenmiştir.

atı katı hareketli yükü = 1.500 kN/m² dir.

Normal kat hareketli yükü = 2.000 kN/m² dir.

3.5. Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Bu bölümde harita spektral ivme katsayıları ve tasarım spektral ivme katsayıları ile yatay elastik tasarım spektrumunun elde edilmesi açıklanmaktadır.

Harita spektral ivme katsayıları, birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalaması olarak ifade edilmektedir. Belirli bir deprem yer hareketi düzeyi ve yerel zemin sınıfı esas alınarak %5 sönüm oranı için yerçekimi ivmesine bölünüp boyutsuz olarak elde edilen katsayılardır.

Yapı lokasyonları İstanbul Bakırköy’de olup katsayılar, 40.977397 enlemine ve 28.876220 boylamına göre belirlenmiştir. Yerel zemin sınıfı, mikrobölgeleme raporuna göre ZC olarak belirlenmiştir. Deprem yer hareketi düzeyi DD2 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.4: Harita spektral ivme katsayıları.

| Katsayılar | Harita spektral ivme katsayıları | Referans |
|--|----------------------------------|------------------|
| Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı | $S_s = 1.197$ | AFAD |
| 1.0 s periyot için harita spektral ivme katsayısı | $S_1 = 0.326$ | AFAD |
| Geçiş Periyodu | $T_L = 6$ sn | AFAD |
| Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı | $F_s = 1.2$ | TBDY18 Tablo 2.1 |
| 1.0 s periyot için yerel zemin etki katsayısı | $F_1 = 1.5$ | TBDY18 Tablo 2.2 |

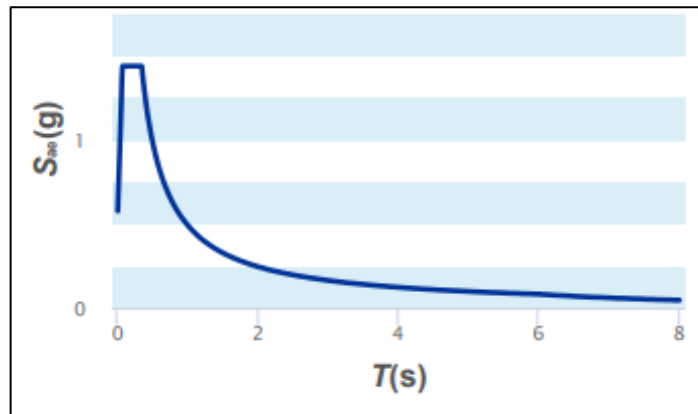
TBDY 2018 Denk. 2.1’e göre tasarım spektral ivme katsayıları aşağıda belirtilen denklem 3.3 ve denklem 3.4’e göre hesaplanır;

$$S_{DS} = S_s \times F_s \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = S_1 \times F_1 \quad (3.4)$$

Buna göre; $S_{DS} = 1.197 \times 1.2 = 1.436$, $S_{D1} = 0.326 \times 1.5 = 0.489$ olarak bulunmaktadır.

Yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 3.4’de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.4: Yatay elastik tasarım spektrumu.

Yatay tasarım ivme spektrumu köşe periyotları TBDY 2018 Denklem 2.3'de belirtildiği üzere S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak denklem 3.5 ve 3.6'ya göre belirlenmektedir.

$$T_A = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.5)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.6)$$

Buna göre; $T_A = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \times \frac{0.489}{1.436} = 0.068$ sn., $T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.489}{1.436} = 0.340$ sn.

olarak bulunmaktadır.

3.6. Tasarım Kriterleri

Bu bölümde tez kapsamında tasarlanan yapılar için, Bina Kullanım Sınıfları(BKS), Bina Önem katsayıları(I), Deprem Tasarım Sınıfları(DTS), Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları(R), Dayanım Fazlalığı Katsayıları(D), Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı(n) ve Bina Yükseklik Sınıfları(BYS) açıklanmaktadır.

TBDY 2018 Tablo 3.1'de belirtildiği üzere bina kullanım amacına göre Bina Kullanım Sınıfları(BKS) ve Bina önem Katsayıları(I) aşağıdaki Tablo 3.5'deki gibi belirlenmektedir.

Tablo 3.5: Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.

| Bina Kullanım Sınıfı | Binanın Kullanım Amacı | Bina Önem Katsayısı (I) |
|----------------------|---|---------------------------|
| BKS=1 | <p>Deprem sonrası kullanım gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</p> <p>a)Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b)Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb.</p> <p>c)Müzeler</p> <p>d)Toksik, patlayıcı, parlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p> | 1.5 |
| BKS=2 | <p>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p> | 1.2 |
| BKS=3 | <p>Diğer binalar</p> <p>BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb.)</p> | 1.0 |

Tablo 3.5’de bina kullanım sınıfları (BKS), 4 ve 9 katlı yapı için de binaların kullanım amaçlarının ofis olmasından dolayı BKS=3 olarak tanımlanmaktadır.

TBDY 2018 Tablo 3.2’de belirtildiği üzere deprem etkisi altında yapılan analizlerde dikkate alınması gereken Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), aşağıdaki Tablo 3.6’ya göre bulunmaktadır.

Tablo 3.6: Deprem tasarım sınıfları.

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

Tablo 3.6’de Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), 4 ve 9 katlı yapı için de DD2 deprem yer hareketi düzeyine göre belirlenen kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) ve Tablo 3.5’de belirlenen Bina Kullanım Sınıfı’na (BKS) göre DTS=1 olarak tanımlanmaktadır.

TBDY 2018 Tablo 4.1’de belirtildiği üzere Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı(R), Dayanım Fazlalığı Katsayısı(D) ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları(BYS), bina taşıyıcı sistem tipine göre aşağıdaki Tablo 3.7’ye göre bulunmaktadır.

Tablo 3.7: Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları.

| Bina Taşıyıcı Sistemi | Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R | Dayanım Fazlalığı Katsayısı D | İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS |
|--|---|------------------------------------|--|
| C.ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ | | | |
| C1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler | | | |
| C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar | 8 | 3 | BYS ≥ 3 |
| C12. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar | 8 | 2 | BYS ≥ 2 |
| C13. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar | 5 | 2 | BYS ≥ 4 |

4 katlı ve 9 katlı yapı da merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşmaları sebebiyle Tablo 3.7’ye göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=5$, Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D=2$ ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları $BYS \geq 4$ olarak alınmaktadır.

TBDY 2018 Tablo 4.3’de belirtildiği üzere Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı(n), bina kullanım amacına göre Tablo 3.8’e göre belirlenmektedir.

Tablo 3.8: Hareketli yük kütle katılım katsayıları.

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

Tablo 3.8'e göre Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayıları ele alınacak yapıların ofis yapıları olması sebebiyle $n=0.30$ olarak kullanılmaktadır.

TBDY 2018 Tablo 3.3'de belirtildiği üzere, aşağıdaki Tablo 3.9'da bina yüksekliklerine göre Bina Yükseklik Sınıfları(BYS) belirlenmektedir.

Bina yükseklikleri;

- $H_N = 16$ m. (4 katlı için)
- $H_N = 8 \times 4 + 5.4 = 37.4$ (9 katlı için)

Tablo 3.9: Bina Yükseklik Sınıfı.

| Bina | Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m] | | |
|------------------|--|------------------------|---------------------|
| | DTS = 1, 1a, 2, 2a | DTS = 3, 3a | DTS =4, 4a |
| Yükseklik Sınıfı | | | |
| BYS=1 | $H_N > 70$ | $H_N > 91$ | $H_N > 105$ |
| BYS=2 | $56 < H_N < 70$ | $70 < H_N \leq 91$ | $91 < H_N \leq 105$ |
| BYS=3 | $42 < H_N < 56$ | $56 < H_N \leq 70$ | $56 < H_N \leq 91$ |
| BYS=4 | $28 < H_N \leq 42$ | $42 < H_N \leq 56$ | |
| BYS=5 | $17,5 < H_N \leq 28$ | $28 < H_N \leq 42$ | |
| BYS=6 | $10,5 < H_N \leq 17,5$ | $17,5 < H_N \leq 28$ | |
| BYS=7 | $7 < H_N \leq 10,5$ | $10,5 < H_N \leq 17,5$ | |
| BYS=8 | $H_N \leq 7$ | $H_N \leq 10,5$ | |

Bina yükseklik sınıfı (BYS), Tablo 3.9'da görüldüğü üzere Deprem Tasarım Sınıfı'na (DTS) ve yukarıda hesaplanan bina yüksekliğine göre, 4 katlı yapı için $BYS=6$, 9 katlı yapı için $BYS=4$ olarak bulunmaktadır.

$BYS=1$, TBDY 2018 Bölüm 13'e göre yüksek binalar olarak sınıflandırılır. Dolayısıyla bu yapılar yüksek yapı kategorisine girmemektedir.

3.7. Doğrusal Hesap Metodunun Seçilmesi

Bu bölümde tez kapsamında kullanılacak doğrusal hesap metodunun belirlenmesi açıklanmaktadır.

Yapıların deprem hesaplarında kullanılan doğrusal hesap metotları modal hesap metodu veya eşdeğer deprem yükü metodu ile yapılmaktadır. Eşdeğer deprem yükü metodunun kullanılabileceği yapılar TBDY 2018 Tablo 4.4'de sınırlandırılmıştır.

Modal hesap metotları ise mod birleştirme ve mod toplama metodu olarak ikiye ayrılmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 3.10’da tanımlanan koşullar sağlandığından eşdeğer deprem yükü yöntemi 4 katlı ve 9 katlı yapı için de kullanılabilir.

Tablo 3.10: Eşdeğer deprem yükünün uygulanabileceği binalar.

| Bina Türü | İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı | |
|---|------------------------------------|------------------------------|
| | DTS=1, 1a, 2, 2a | DTS=3,3a,4,4a |
| Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar | BYS\geq4 | BYS\geq5 |
| Diğer tüm binalar | BYS\geq5 | BYS\geq6 |

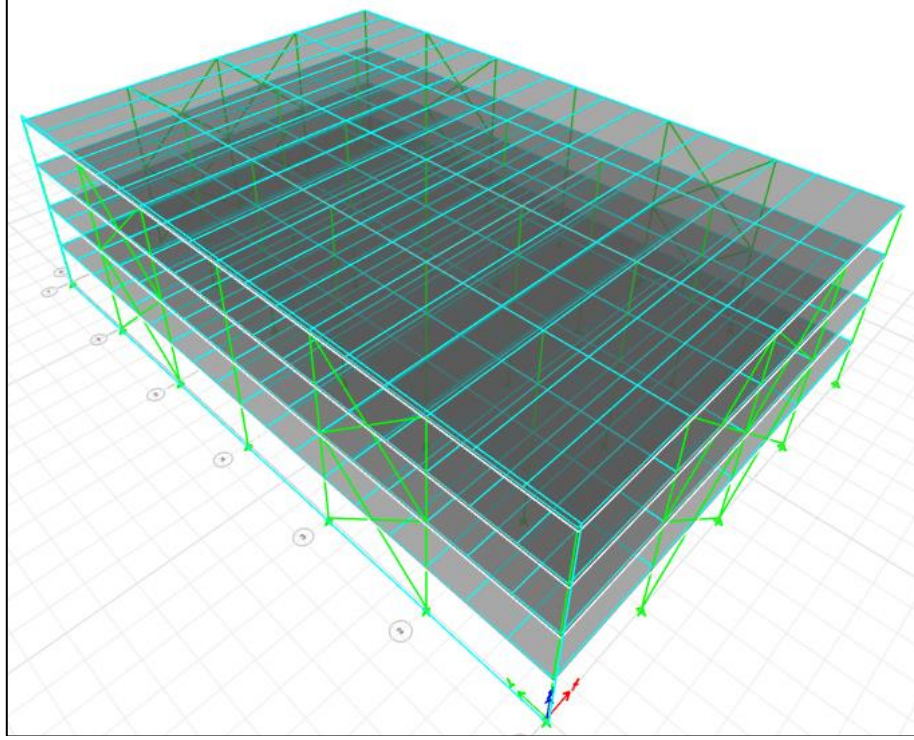
3.8. 4 Katlı Çapraz Çerçevesel Çelik Yapı Tasarımı

Bu bölümde tez kapsamında kullanılmak üzere 4 katlı yapı modeli için yapılan hesaplar sonucunda belirlenen kesitler aşağıdaki Tablo 3.11’de verilmektedir.

Tablo 3.11: 4 katlı yapı modeli kesitleri.

| Kat | Çapraz | Kiriş | Kolon |
|------------|---------------|--------------|--------------|
| 4 | HSS 174.6×7.9 | HE260B | HE340B |
| 3 | HSS 174.6×7.9 | HE300B | HE340B |
| 2 | HSS 219.1×9.5 | HE300B | HE340B |
| 1 | HSS 219.1×9.5 | HE300B | HE340B |

Yapılan tasarım hesaplarına göre 4 katlı yapı modeli ETABS V18’de Şekil 3.5’deki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3.5: 4 katlı yapı modeli.

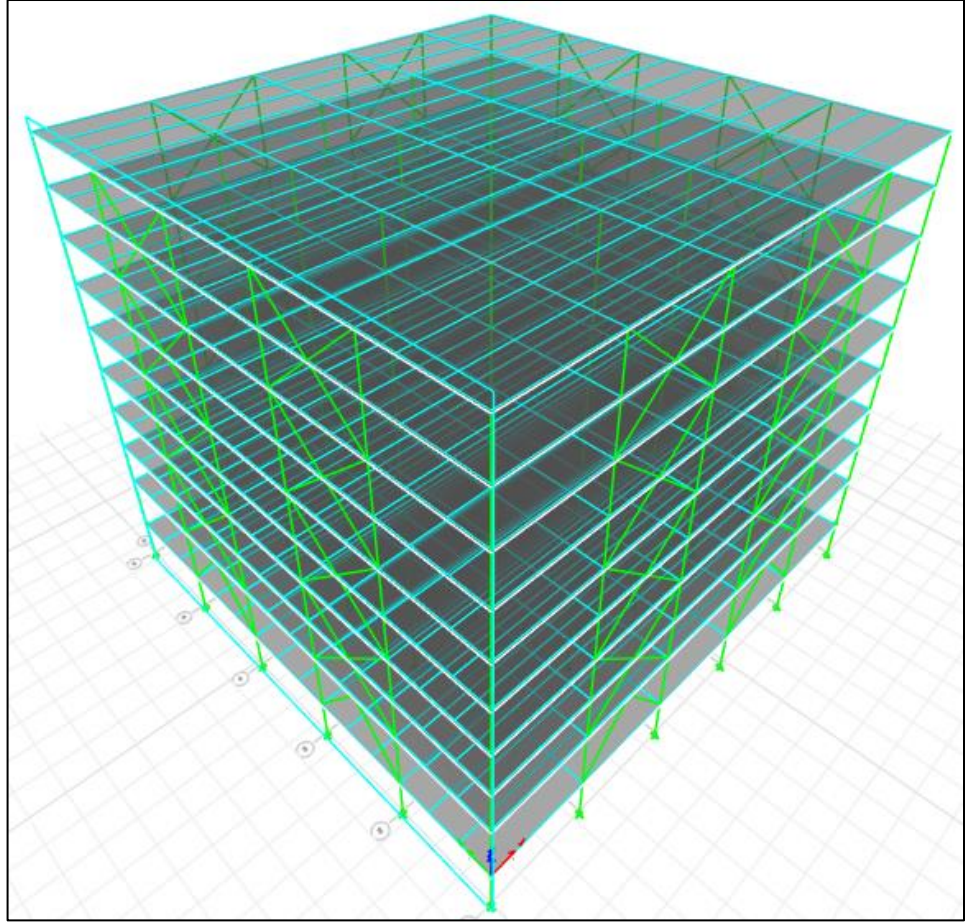
3.9. 9 Katlı Çapraz Çerçevesel Çelik Yapı Tasarımı

Bu bölümde tez kapsamında kullanılmak üzere 9 katlı yapı modeli için yapılan hesaplar sonucunda belirlenen kesitler aşağıdaki Tablo 3.12’de verilmektedir.

Tablo 3.12: 9 katlı yapı modeli kesitleri.

| Kat | Çapraz | Kiriş | Kolon |
|-----|----------------|------------|-----------|
| 9 | HSS 174.6×9.5 | HE280B | HE360B |
| 8 | HSS 174.6×9.5 | HE340B | HE360B |
| 7 | HSS 174.6×9.5 | HE340B | HE360B |
| 6 | HSS 174.6×9.5 | HE340B | HE360B |
| 5 | HSS 190.5×12.7 | HE340B | HE600B |
| 4 | HSS 190.5×12.7 | HE340B | HE600B |
| 3 | HSS 190.5×12.7 | HE340B | HE600×337 |
| 2 | HSS 190.5×12.7 | HE340B | HE600×337 |
| 1 | HSS 323.9×12.7 | HE1000×438 | HE800×444 |

Yapılan tasarım hesaplarına göre 9 katlı yapı modeli Etabs V18’de şekil 3.6’daki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3.6: 9 katlı yapı modeli.

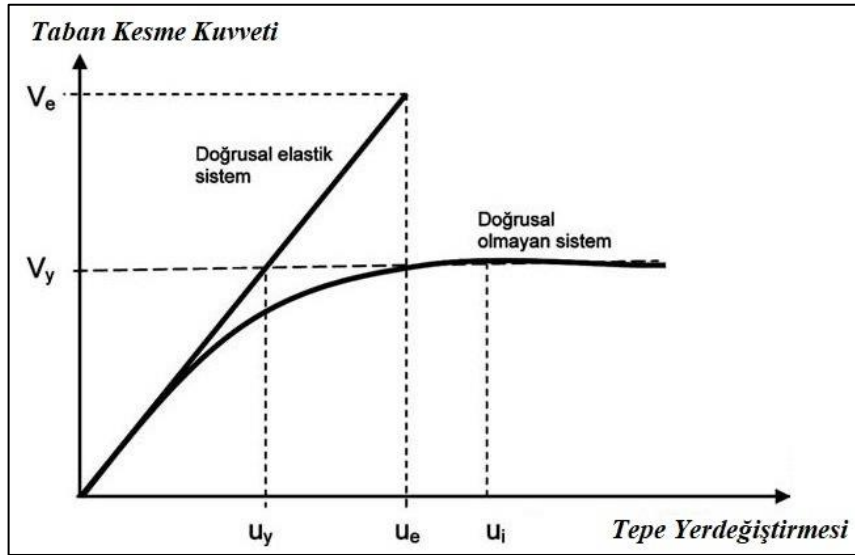
4. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ

Yapılar işletme yükleri altında çoğunlukla doğrusal olmayan davranış gösterirler. Ancak, işletme yükleri aşıldığı zaman doğrusal elastik sınırı aşılır ve yer değiştirmeler çok büyük değerler alır. Bu durumda doğrusal elastik sınırın ötesindeki davranış dikkate alınıp doğrusal olmayan teori ile hesap yapılması doğru olacaktır.

Doğrusal hesap yönteminde malzemenin Hooke Kanunu'na uyduğu varsayılmaktadır. Yani; etkilenen yük ile malzemede oluşan şekil değiştirme ya da gerilmenin arasında doğru orantı olduğu kabul edilir.

TBDY 2018'e [2] göre doğrusal hesap yöntemleri; eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ise tek modlu itme yöntemleri, çok modlu itme yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi olarak üçe ayrılmaktadır. TBDY 2018 Bölüm 15.5.3'e göre doğrusal hesap yöntemlerinin uygulanabilmesi için sınırlamalar vardır. Ancak, doğrusal olmayan hesap yöntemleri her durumda uygulanabilir.

Şekil 4.1'de doğrusal elastik sistemin ve doğrusal olmayan sistemin taban kesme kuvveti tepe yer değiştirmesi grafiğinin karşılaştırılması verilmektedir.



Şekil 4.1: Doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin karşılaştırılması.

4.1. Doğrusal Olmayan Modeller

Performansa dayalı sismik tasarım doğrusal elastik sınırın ötesinde davranışı dikkate alıp hasarın sayısal olarak tahmin edilmesini sağlar. Dolayısıyla iç çerçevelerin sismik performansa katkısını incelemek amacıyla 4 ve 9 katlı yapı için de 3 farklı doğrusal olmayan model oluşturulmaktadır. Model tanımlamaları aşağıdaki gibidir;

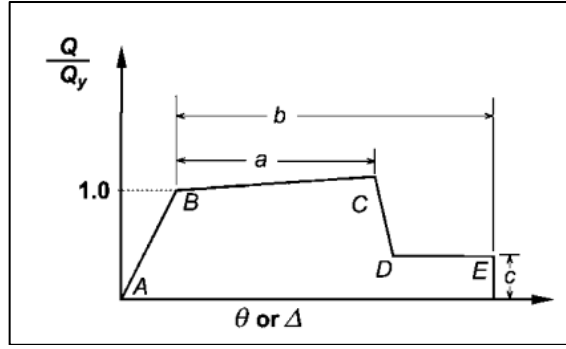
Model 1; Geleneksel tasarıma uygun olarak iç çerçevelerin yanal dayanıma katkısı dahil edilmemektedir.

Model 2; İç çerçeve birleşimlerine kirişlerin plastik moment kapasitesinin %20'si etki edilerek yarı rijit davranış sergilemesi sağlanır. Birleşim elemanları için link eleman kullanılmaktadır. Bu modelin oluşturulma amacı mafsal davranışı gösterdiği kabul edilen iç çerçeve birleşimlerinin gerçekte doğrusal olmayan yarı rijit davranışlarının yapı analiz modeline dahil edilmesinin deprem davranışına etkisinin incelenmesidir.

Model 3; Model 2'ye ek olarak kompozit döşeme katkısı ele alınmaktadır.

4.2. Çaprazlı Çerçeve Elemanlarının Birleşimlerinin Doğrusal Olmayan Modelleri

Çaprazlı çerçeveli sistemlerde, analizde plastik mafsal modeli ASCE 41-13 [18] Şekil 9.1 de gösterildiği gibi doğrusal olmayan eksenel yük, şekil değiştirme davranışı tanımlanmaktadır. a, b, c parametreleri ve hasar sınırlamaları için genelleştirilmiş kuvvet şekil değiştirme eğrisine karşılık gelen performans sınır durumları kolon ve kiriş elemanları için ASCE 41-13 [18] Tablo 9.6'dan, çapraz elemanları için ASCE 41-13 [18] Tablo 9.7'den alınmaktadır.



Şekil 4.2: Genelleştirilmiş kuvvet-şekil değiştirme ilişkisi.

Şekil 4.2.'de Q , elemana etkiyen kuvveti, Q_y , elemanın beklenen akma dayanımını, θ , plastik dönme açısını, θ_y , akmaya karşılık gelen dönme açısını, Δ , plastik uzama/kısalmasını, Δ_y ise, akmaya karşılık gelen uzama/kısalmayı ifade etmektedir. AB çizgisi doğrusal elastik davranışı temsil etmektedir. B noktası efektif akma noktasını BC çizgisi pekleşme bölgesini temsil etmektedir. BC arasındaki bölgede %0 ile %10 arasında pozitif bir eğim bulunmaktadır. C noktası dayanım azalmasının başladığı nokta olup CD çizgisi önemli derecede güç tükenmesinin yaşandığı bölge olmaktadır. Ancak bu çalışmada doğrusal olmayan davranış modeli için C den D ye ani düşüş tanımlanmamaktadır. D noktasından sonra elemanın yatay yük taşıma kapasitesi azalmış dayanıma eşittir. E noktasından sonra elemanın sismik dayanımı 0'a eşittir.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri için modelleme parametreleri ve kabul kriterleri çelik kiriş ve kolon elemanları için Tablo 4.1'de, çapraz elemanları için Tablo 4.2'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: Kolon ve kiriş için modelleme parametreleri ve kabul kriterleri.

| Yapı Elemanı | Modelleme Parametreleri | | | Kabul Kriterleri | | |
|---|--------------------------|--------------|---------------------|--------------------------|-------------|--------------|
| | Plastik dönme açısı, rad | | Artık dayanım oranı | Plastik dönme açısı, rad | | |
| Kirişler - Eğilme | a | b | c | HK | CG | GÖ |
| $a \cdot \frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{52}{F_{ye}}$ ve $\frac{h}{t_w} \leq \frac{418}{\sqrt{F_{ye}}}$ | $9\theta_Y$ | $11\theta_Y$ | 0.6 | $1\theta_Y$ | $9\theta_Y$ | $11\theta_Y$ |
| Kolonlar-Eğilme ($P/P_{CL} < 0,2$ için) | | | | | | |
| $a \cdot \frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{52}{F_{ye}}$ ve $\frac{h}{t_w} \leq \frac{300}{\sqrt{F_{ye}}}$ | $9\theta_Y$ | $11\theta_Y$ | 0.6 | $1\theta_Y$ | $9\theta_Y$ | $11\theta_Y$ |

Tablo 4.2: Çaprazlar için modelleme parametreleri ve kabul kriterleri.

| Birleşimde yer alan / Etki | Model Parametreleri | | | Kabul Kriteri | | |
|----------------------------|-------------------------|------|---------------------|-------------------------|-----|------|
| | Plastik Şekil Değişirme | | Kalan Dayanım Oranı | Plastik Şekil Değişirme | | |
| | a | b | c | HK | CG | GÖ |
| Basınç HSS, boru, kutu | 0.5Δc | 9Δc | 0.3 | 0.5Δc | 7Δc | 9Δc |
| Çekme HSS, boru, kutu | 9ΔT | 11ΔT | 0.6 | 0.5ΔT | 8ΔT | 11ΔT |

Kabul kriterleri olarak verilen HK, hemen kullanım olup sınırlı hasar performans seviyesini temsil etmektedir. Yani; doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyidir. CG, can güvenliği olup kontrollü hasar performans seviyesini temsil etmektedir. Yani; çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyidir. GÖ, göçme öncesi performans seviyesini temsil etmektedir. Yani; taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği hasar düzeyidir.

4.3. Plastik Mafsal Tanımı

Bu bölümde Bölüm 4.2'ye de uyularak plastik mafsal tanımlaması anlatılmaktadır.

Plastik mafsallar enerji sönümünün plastik olarak gerçekleştiği bölgelerdir. Doğrusal olmayan davranış sistem elemanlarına tanımlanan plastik mafsallarla temsil edilmektedir. Bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal elastik davranış sergilediği varsayılır. Ayrıca plastik mafsal bölgeleri, taşıma kapasitelerine ulaştıktan sonra dahi bir miktar daha plastik şekil değiştirmenin oluşabileceği bölgelerdir.

Yapıların dinamik yükler altında enerji tüketme kapasiteleri, esas olarak bu bölgelerin plastik şekil değiştirme kapasitelerine bağlıdır.



Şekil 4.3: Çaprazda kritik bölge.

Şekil 4.3’de görüldüğü üzere merkezi çaprazlı çelik çaprazlarda plastik mafsal çaprazın orta noktasında oluşur. Aşağıdaki Şekil 4.4’de görüldüğü üzere de guse plakaları aksenal yüklere burkulmadan direnç gösterebilir. Ancak, çapraz burkulmasına uyum sağlaması nedeniyle akma çizgisi etrafında dönebilir [20].

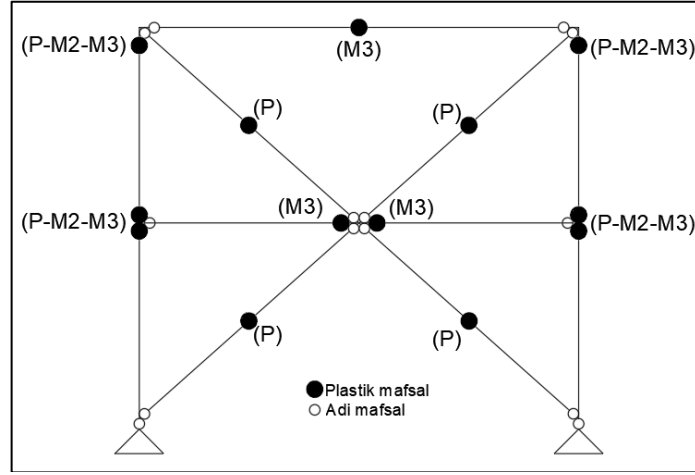


Şekil 4.4: Guse plakasında çapraz burkulması ile sağlanan uyumdan kaynaklı akma çizgisi.

Kolon, kiriş ve çaprazlarda plastik mafsal kritik olması beklenen noktalara atanmıştır. Örneğin; yukarıda anlatıldığı üzere çaprazların orta noktası kritik bölge olduğu için çaprazlarda orta noktalara atanmıştır. Kolonlarda uç noktalara, kirişlerde ise yine orta noktalara atanmıştır.

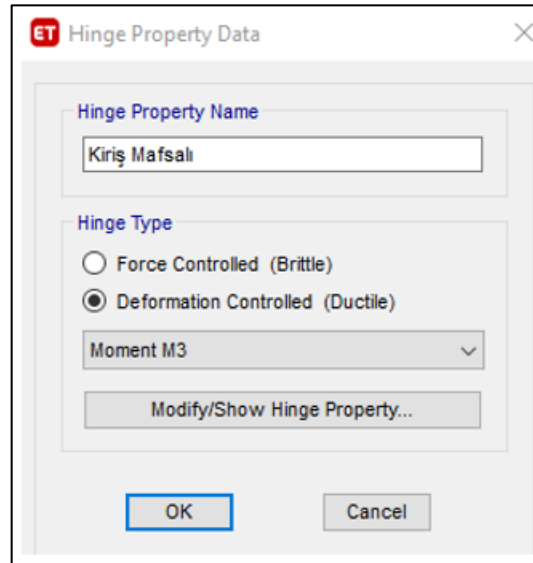
Etabs'da [4] elemanlar hangi kuvvet ve/veya moment etkisi altında kalıyorsa ona yönelik plastik mafsalları tanımlamaları yapılmıştır. Çaprazlar için aksel yük mafsalları, kirişler için aksel yük ihmal edilerek eğilme mafsalları tanımlanmaktadır. Kolonlar için ise aksel yük ve eğilme etkileşimini hesaba katan mafsallar tanımlanmaktadır.

Şekil 4.5'te örnek olarak elemanlarda nereye ve ne tanımla plastik mafsalları atandığı gösterilmektedir.

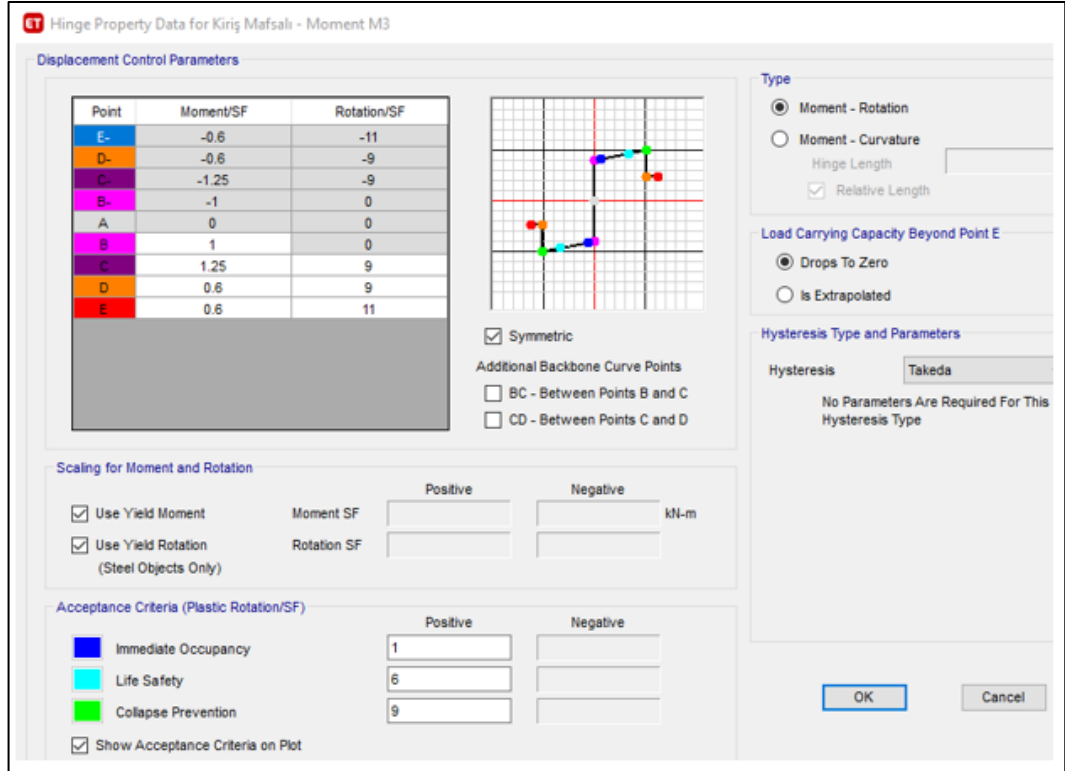


Şekil 4.5: Plastik mafsalların örnek gösterimi.

Şekil 4.6 ve 4.7'de kiriş için plastik mafsalları tanımlamasının nasıl yapıldığı gösterilmektedir.

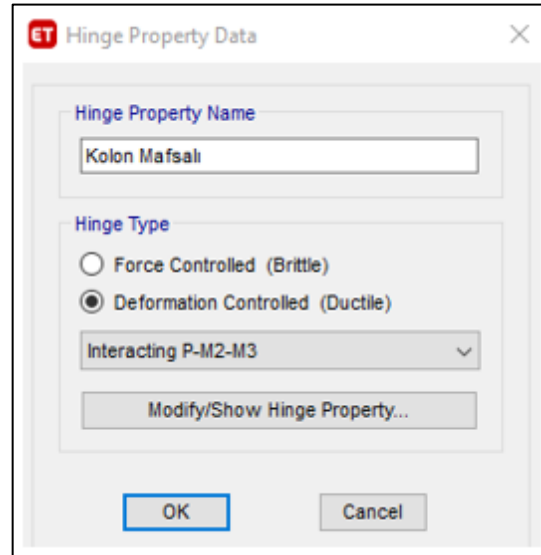


Şekil 4.6: Kiriş için plastik mafsalları tanımlama.

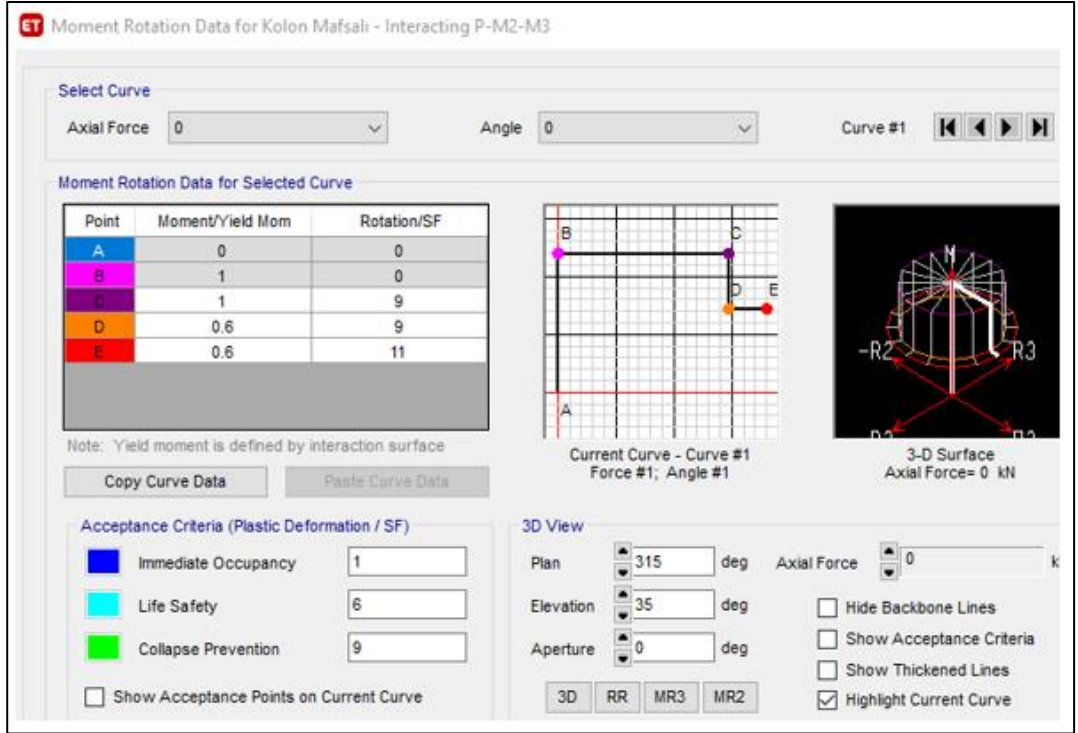


Şekil 4.7: Kiriş için plastik mafsal özellikleri.

Şekil 4.8 ve 4.9'da kolon için plastik mafsal tanımlamasının nasıl yapıldığı gösterilmektedir.

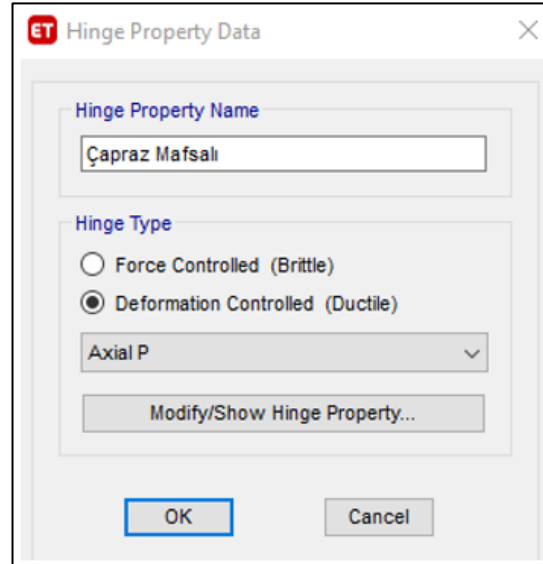


Şekil 4.8: Kolon için plastik mafsal tanımı.

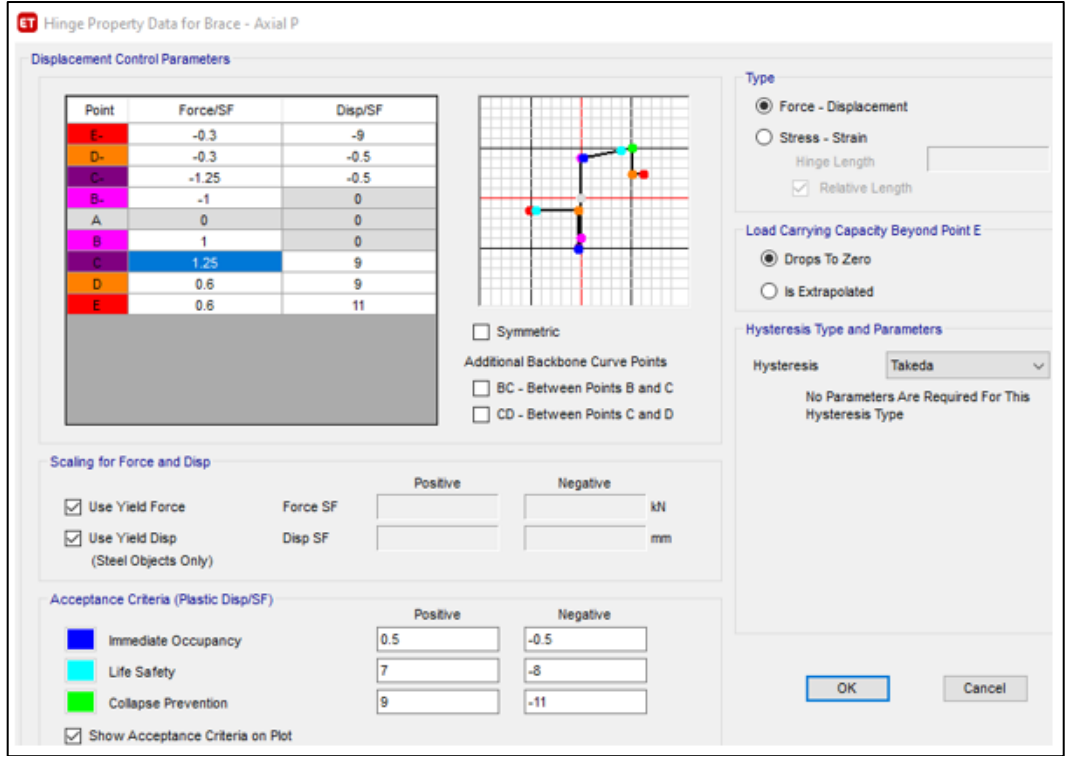


Şekil 4.9: Kolon için plastik mafsali özellikleri.

Şekil 4.10 ve 4.11’de çapraz için plastik mafsali tanımlamasının nasıl yapıldığı gösterilmektedir.

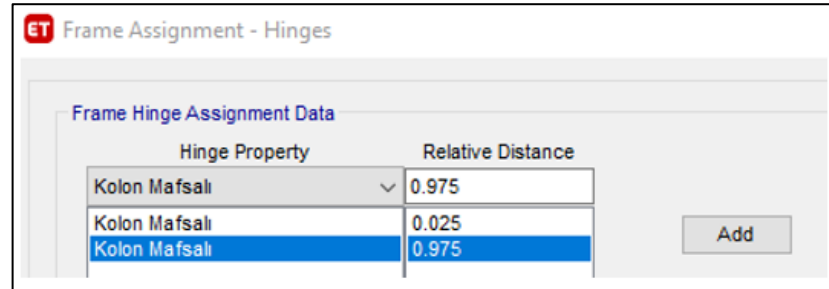


Şekil 4.10: Çapraz için plastik mafsali tanımı.



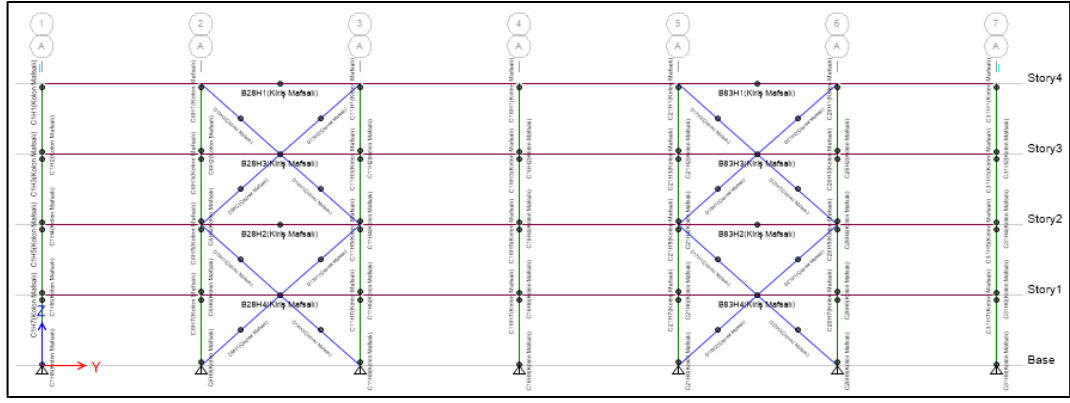
Şekil 4.11: Çapraz için plastik mafsal özellikleri.

Kolonlarda plastik mafsal yeri TBDY 2018 Bölüm 5.3.1.2'ye göre çalışan doğrultudaki kesit boyutu h 'nin yarısına eşit alınmalıdır.

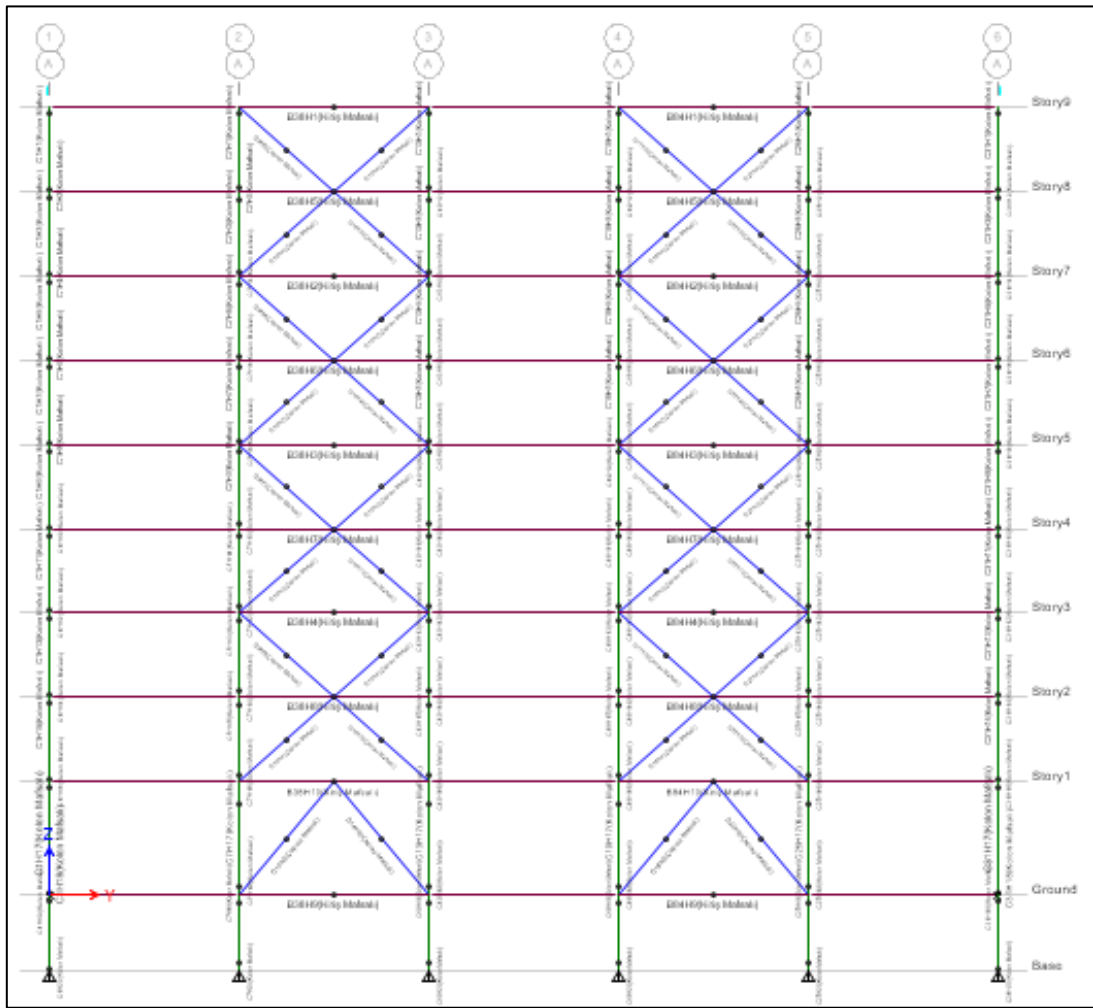


Şekil 4.12: Kolonda plastik mafsal atama.

Şekil 4.13' de 4 katlı yapı için, Şekil 4.14' de 9 katlı yapı için plastik mafsal yerleri model üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.13: 4 katlı yapı için plastik mafsalları yerleri.



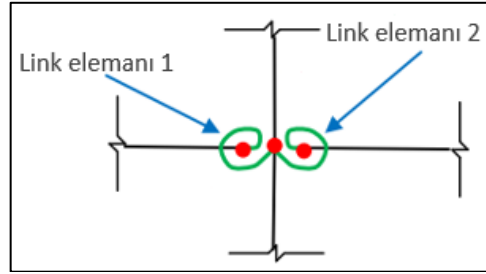
Şekil 4.14: 9 katlı yapı için plastik mafsalları yerleri.

4.4. Çerçevelerin Doğrusal Olmayan Modelleri

Bu bölümde düşey yük taşıyan iç çerçevelerin katkısını görmek amacıyla yapılan Model 2 ve Model 3'te yarı rijit birleşim tanımlarının nasıl yapıldığı anlatılmaktadır.

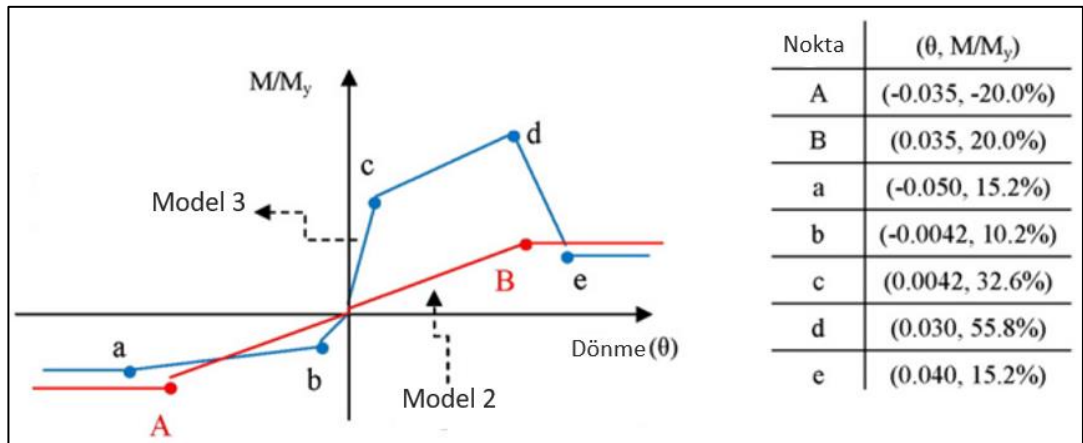
Bu çalışmada yarı rijit birleşim atamak amacıyla Model 2 ve Model 3 ün doğrusal olmayan analizlerinde “çoklu doğrusal plastik” tanımlı link eleman kullanılmıştır. Shen, Akbaş ve Wen (2013) tarafından önerildiği gibi link eleman tanımlanmıştır [5].

Şekil 4.15'te link elemanın üç nokta arasında tanımlandığı anlatılmaktadır.



Şekil 4.15: Birleşim modeli tanımı (Model 2 ve Model 3).

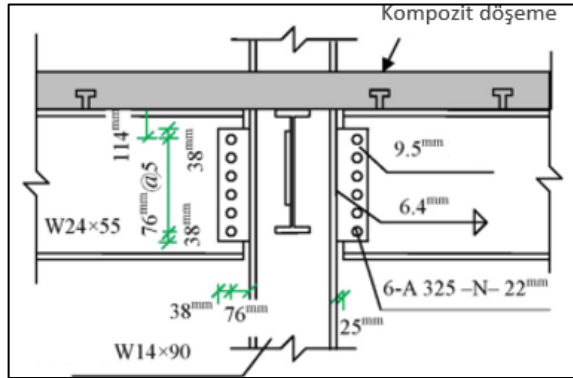
Model 2 ve Model 3'te uygulanan yarı rijit analitik modeli Shen ve Wen (2015) tarafından önerilmiş olup Şekil 4.16'da gösterildiği gibidir [6].



Şekil 4.16: İç çerçevelerde kolon kiriş için birleşim modeli (Model 2 ve Model 3).

Şekil 4.16'daki mavi çizgi kompozit etkilerinin dahil edildiği Model 3 için olup tasarım moment - eğrilik grafiğidir, kırmızı çizgi kompozit etkilerinin dahil edilmediği Model 2 için olup davranış moment - dönme grafiğini gösterir.

Yarı rijit kompozit birleşimler döşeme içerisindeki donatıların da katılarak tasarlandığı birleşimlerdir. Örneğin; Şekil 4.17'de sık kullanılan bir yarı rijit kompozit birleşim detayı verilmektedir.



Şekil 4.17: Tipik yarı rijit kompozit birleşim detayı.

4 ve 9 katlı yapıların iç çerçeve kirişlerinde çatı katında HE320B diğer katlarda HE340B profili kullanılmaktadır.

Link elemanları U_1, U_2, U_3, R_1, R_2 ' de sabit olarak R_3 ' de doğrusal olmayan olarak tanımlanıp atanmaktadır. Çoklu doğrusal plastik link elemanlarının plastik moment kapasiteleri denklem 4.1'deki gibi ve efektif rijitlikleri denklem 4.2'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$M_p = F_y \times W_{py} \times R_y \quad (4.1)$$

$$K_{eff} = M_p / \theta \quad (4.2)$$

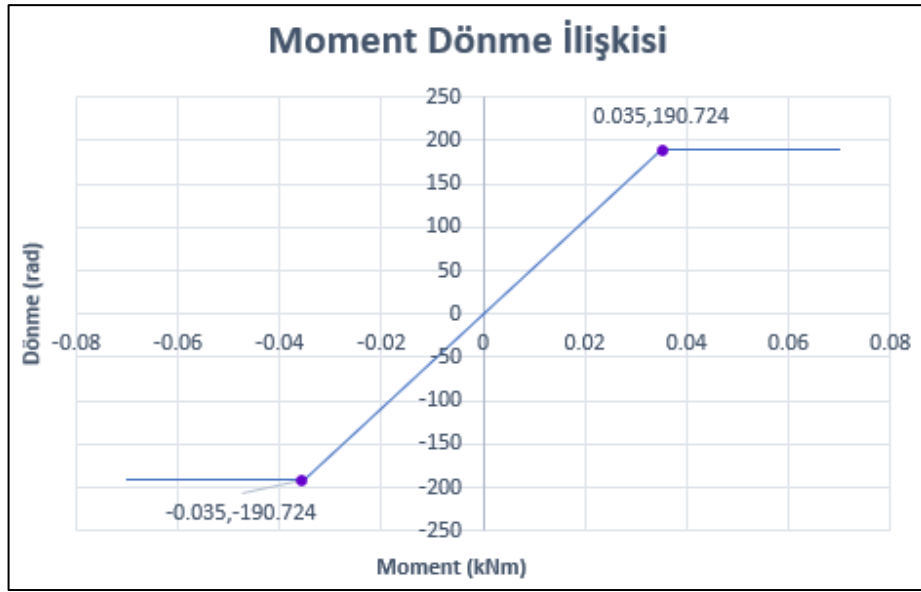
4.4.1. Model 2 Link Elemanı Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu bölümde Model 2 için yarı rijit birleşim tanımlarının nasıl yapıldığı anlatılmaktadır.

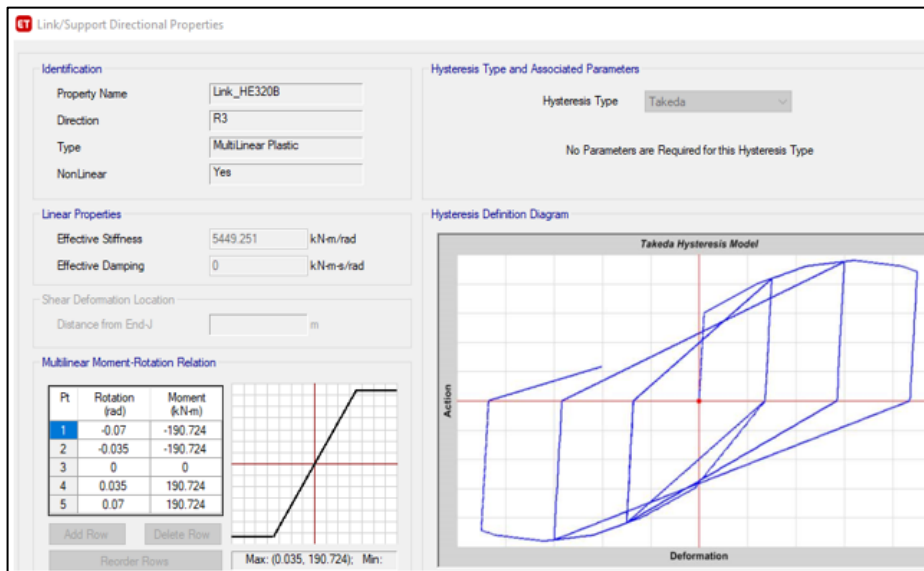
HE320B için aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

- $M_P = 355 \text{ kN}^2/\text{m} \times 2.149 \text{ mm}^3 \times 10^3 \times 1.25 = 953.619 \text{ kNm}$.
- $\%20M_P = 190.7238 \text{ kNm}$.
- $K_{\text{eff}} = 190.7238/0.035 = 5449.251 \text{ kNm/rad}$.

Şekil 4.18’de yukarıda yapılan hesaplara göre çizilen Model 2 için tanımlanacak HE320B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 4.19’da bu link elemanın tanımlanması gösterilmektedir.



Şekil 4.18: Model 2, HE320B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi.

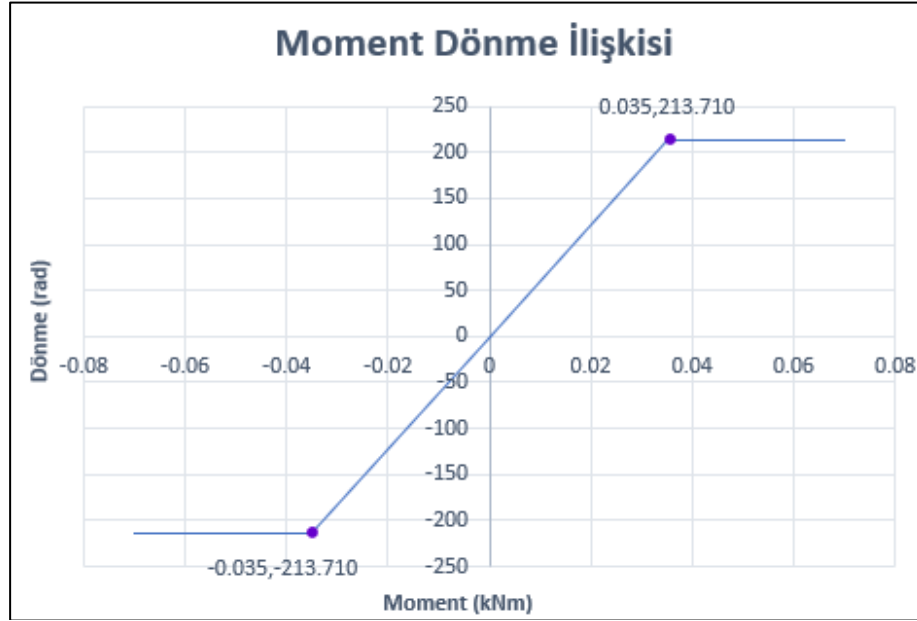


Şekil 4.19: Model 2, HE320B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS.

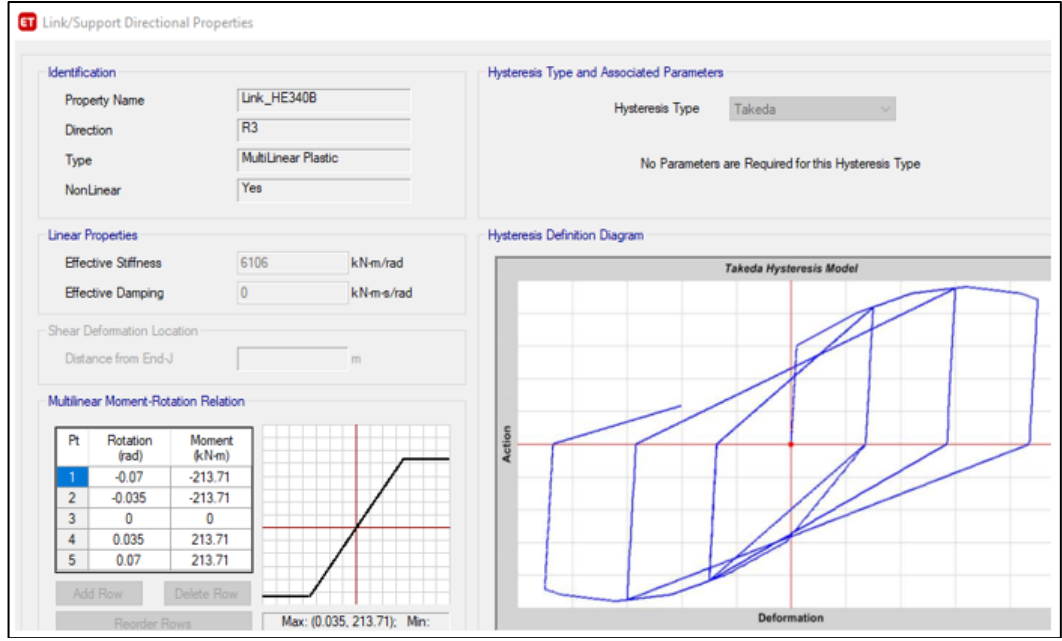
HE340B için aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

- $M_p = 355 \text{ kN}^2/\text{m} \times 2.408 \text{ mm}^3 \times 10^3 \times 1.25 = 1068.55 \text{ kNm}$.
- $\%20M_p = 213.71 \text{ kNm}$.
- $K_{eff} = 213.71 / 0.035 = 6106 \text{ kNm/rad}$.

şekil 4.20’de yukarıda yapılan hesaplara göre çizilen Model 2 için tanımlanacak HE340B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi gösterilmektedir. şekil 4.21’da bu link elemanın tanımlanması gösterilmektedir.



şekil 4.20: Model 2, HE340B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi.



Şekil 4.21: Model 2, HE340B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS.

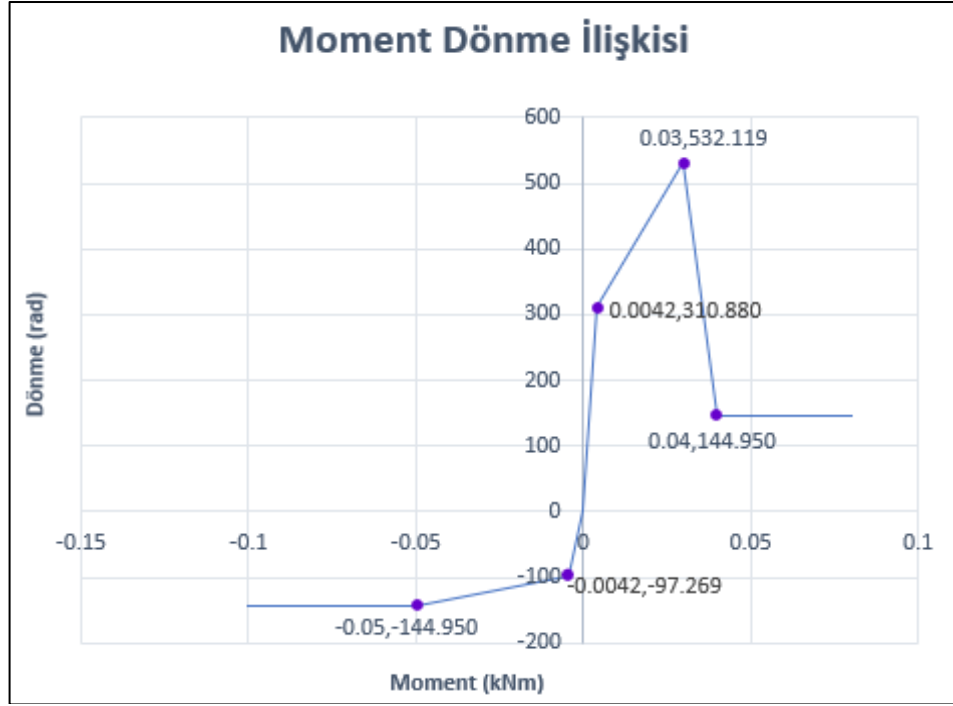
4.4.2. Model 3 Link Elemanı Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu bölümde Model 3 için yarı rijit birleşim tanımlarının nasıl yapıldığı anlatılmaktadır.

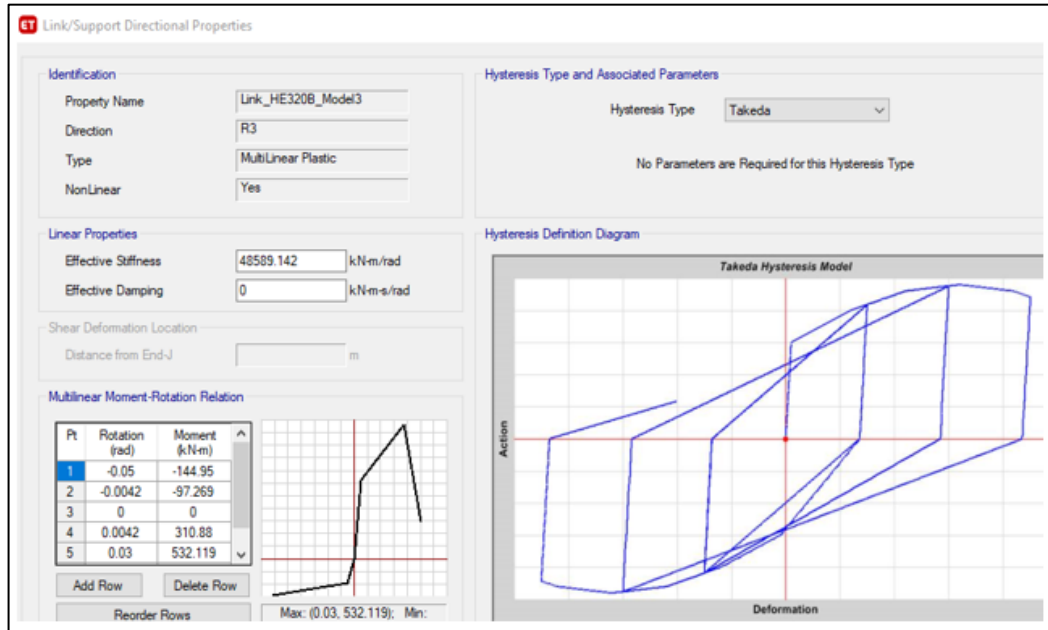
HE320B için aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

- $M_P = 355 \text{ kN}^2/\text{m} \times 2.149 \text{ mm}^3 \times 10^3 \times 1.25 = 953.619 \text{ kNm}$.
- $\% 15.2M_P = 144.950 \text{ kNm}$.
- $\% 10.2M_P = 97.269 \text{ kNm}$.
- $\% 32.6M_P = 310.880 \text{ kNm}$.
- $\% 55.8M_P = 532.119 \text{ kNm}$.
- $K_{effC} = 310.880/0.0042 = 74018.999 \text{ kNm/rad}$.
- $K_{effb} = 97.269 /0.0042 = 23159.286 \text{ kNm/rad}$.
- $K_{effORT} = (K_{effC} + K_{effb})/2 = 48589.142 \text{ kNm/rad}$.

Şekil 4.22’de yukarıda yapılan hesaplara göre çizilen Model 3 için tanımlanacak HE320B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 4.23’de bu link elemanın tanımlanması gösterilmektedir.



Şekil 4.22: Model 3, HE320B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi.



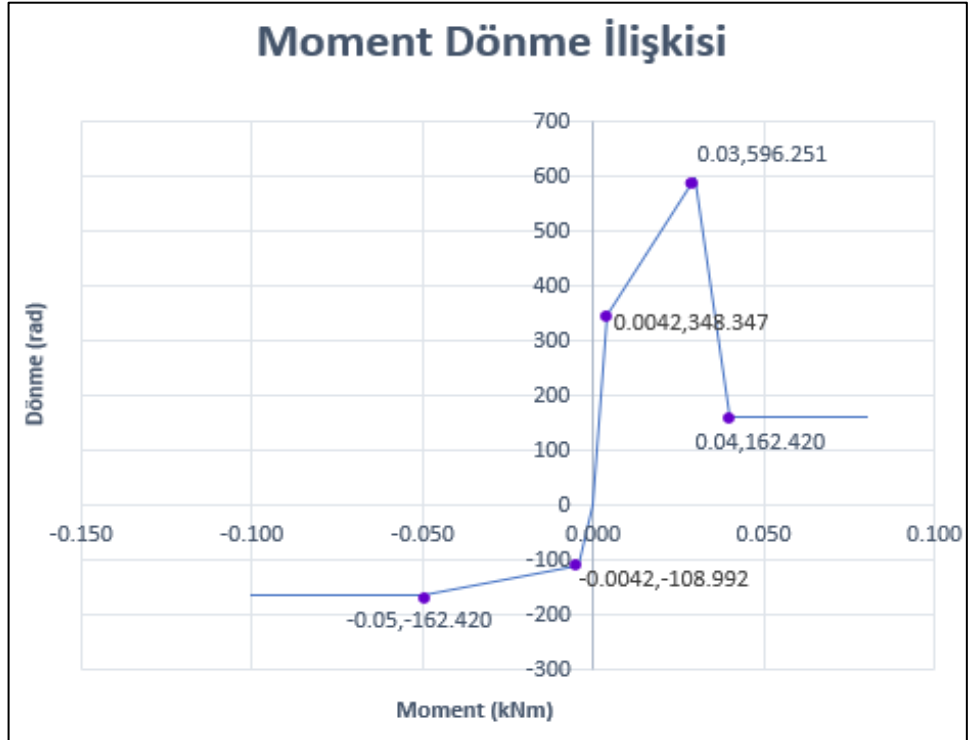
Şekil 4.23: Model 3, HE320B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS.

HE340B için aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

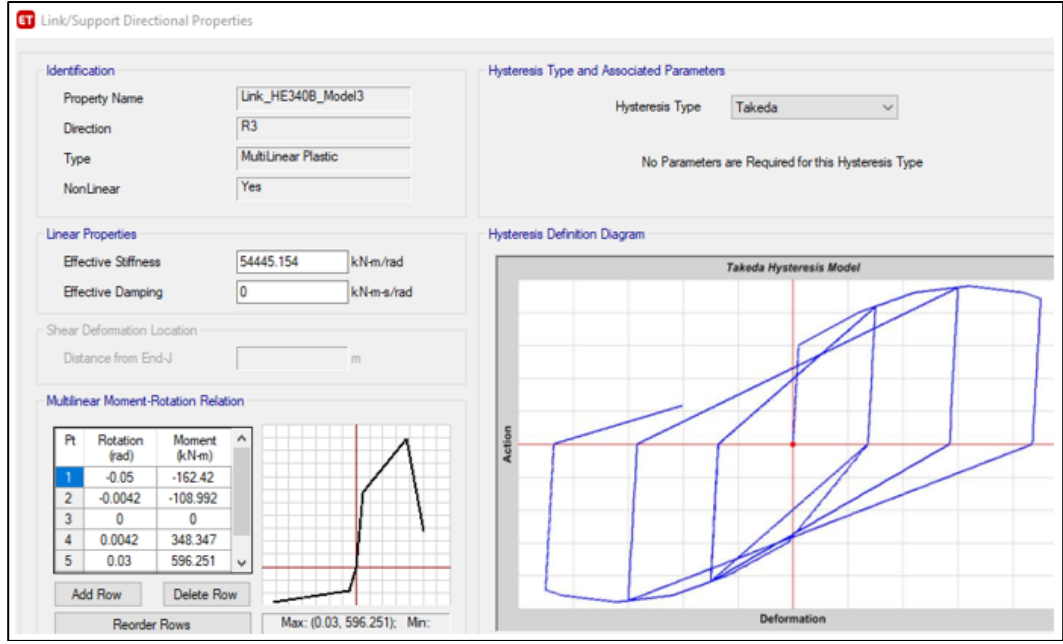
- $M_p = 355 \text{ kN}^2/\text{m} \times 2.408 \text{ mm}^3 \times 10^3 \times 1.25 = 1068.55 \text{ kNm}$.

- $15.2\text{Mp} = 162.420 \text{ kNm}$.
- $10.2\text{Mp} = 108.992 \text{ kNm}$.
- $32.6\text{Mp} = 348.347 \text{ kNm}$.
- $55.8\text{Mp} = 596.251 \text{ kNm}$.
- $K_{\text{eff}_C} = 348.347 / 0.0042 = 82939.833 \text{ kNm/rad}$.
- $K_{\text{eff}_b} = 108.992 / 0.0042 = 25950.476 \text{ kNm/rad}$.
- $K_{\text{eff}_{\text{ORT}}} = (K_{\text{eff}_C} + K_{\text{eff}_b}) / 2 = 54445.154 \text{ kNm/rad}$.

Şekil 4.24’de yukarıda yapılan hesaplara göre çizilen Model 3 için tanımlanacak HE340B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 4.25’de bu link elemanın tanımlanması gösterilmektedir.

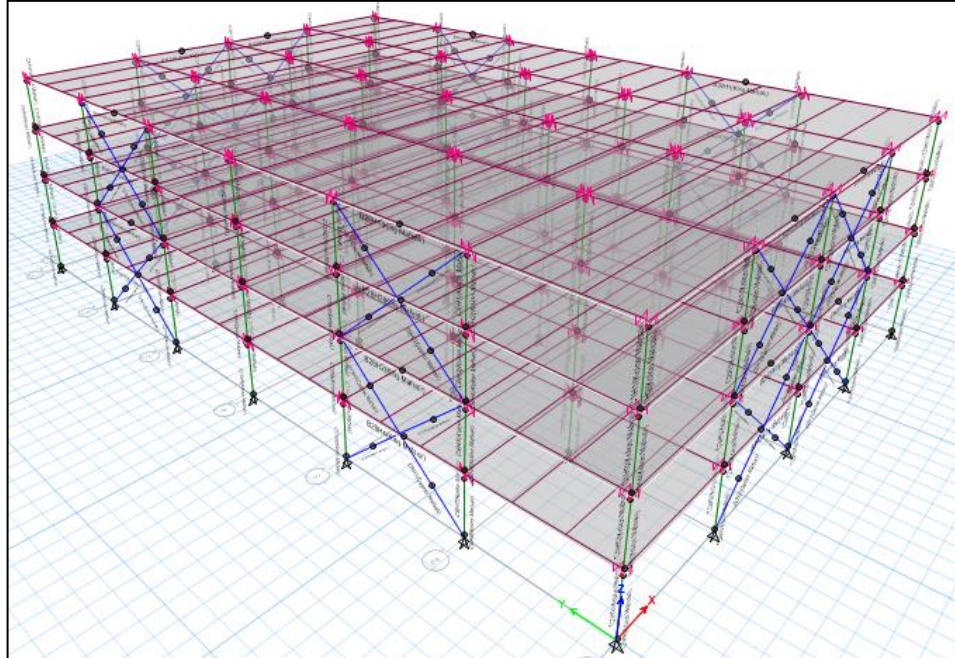


Şekil 4.24: Model 3, HE340B birleşimi için link elemanı moment dönme ilişkisi.

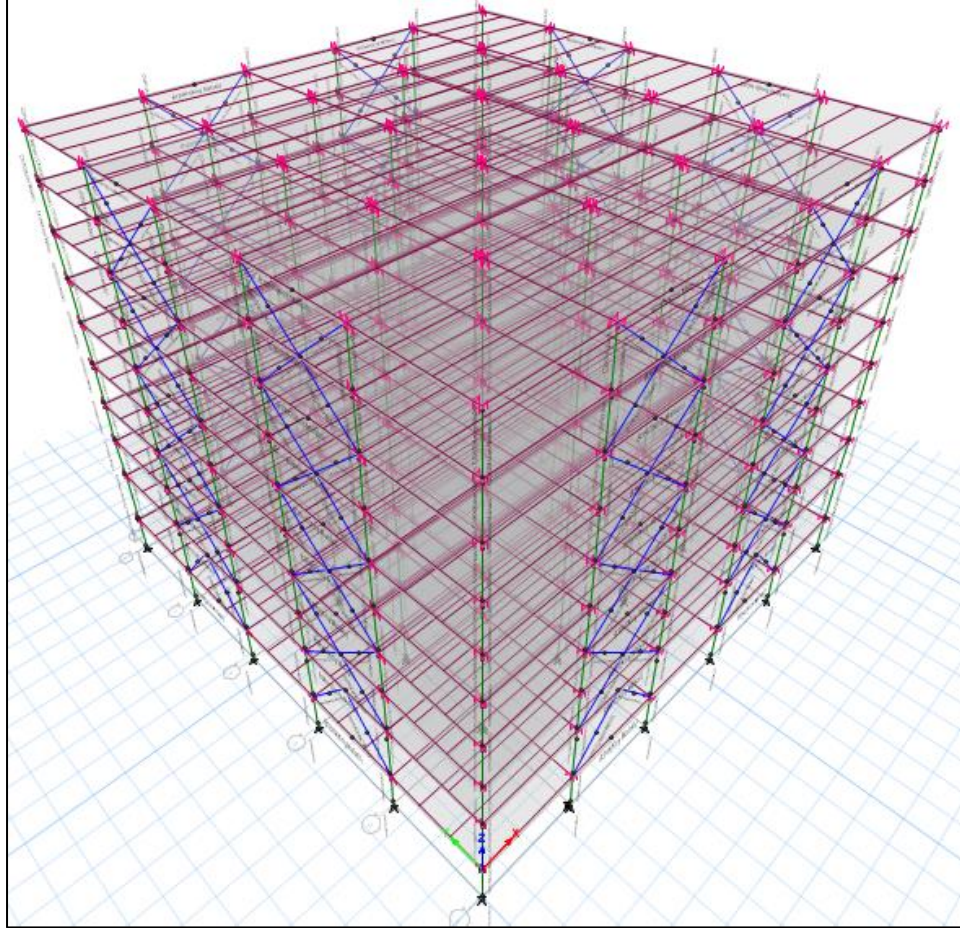


Şekil 4.25: Model 3, HE340B birleşimi için link elemanı tanımlama-ETABS.

Şekil 4.26'da 4 katlı yapı için, Şekil 4.27'de 9 katlı yapı için plastik mafsal tanımı ve link elemanı tanımı yapılmış ETABS [4] modelleri gösterilmektedir.



Şekil 4.26: Plastik mafsal ve link elemanlarının tanımlandığı 4 katlı yapı için ETABS modeli.



Şekil 4.27: Plastik mafsal ve link elemanlarının tanımlandığı 9 katlı yapı için ETABS modeli.

4.5. Zaman Tanım Alanında Analize Dayalı Artımsal Dinamik Analiz

Artımsal Dinamik Analiz (ADA), elastik davranış spektrumuna uygun olarak seçilen deprem kaydının belirli adımlarla ölçeklendirilerek zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler yapılması ve taşıyıcı sistemde oluşacak hasar seviyelerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesini sağlar ve artan yer hareketi şiddeti ile yapısal tepkinin doğasının daha iyi anlaşılmasını sağlar. Birçok seriye tabii tutulan yapısal modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri yapılır. Doğrusal olmayan zaman tanım alanındaki analizdeki parametreler değiştirilerek Artımsal Dinamik Analiz (ADA) yapılır.

Ölçek faktörleri yapıların elastik davranacağı aralıktaki yer hareketi yoğunlukları elastik olmayan şekilde davranış göstereceği aralığa ve yapı çökene kadar arttırılarak belirlenir. Ölçek faktörü yer hareketinin hakim periyodundaki

spektral ivme değerinin 1 g. spektral ivmeye karşılık gelmesiyle oranlanarak 0.1g ve 0.05g gibi artımlarla belirlenir. Diğer bir deyişle, yer hareketinin artan ivme şiddetlerinin yapı hakim periyoduna karşılık gelen deprem tepki spektrum ivme değerine oranıyla elde edilir. Aşağıdaki tablo 4.3’de oluşturulan tım modeller için hakim periyotları gırılmektedir.

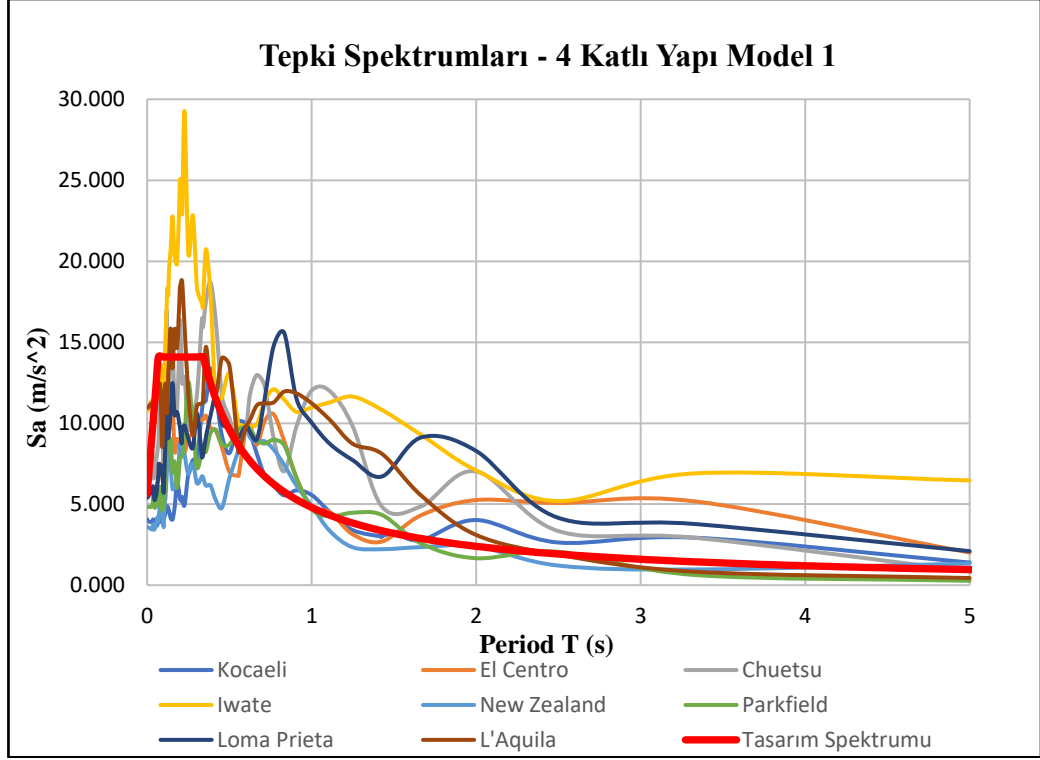
Tablo 4.3: Hakim periyotları.

| | 4 Katlı (s) | 9 Katlı (s) |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Model 1 | 0.602 | 1.516 |
| Model 2 | 0.596 | 1.482 |
| Model 3 | 0.589 | 1.417 |

Modellerin analizi Zaman Tanım Alanında Analiz’e dayalı olarak yapılmıştır. Bu ęalıřmada deprem kaydı seğiminde PEER [19] kuvvetli yer hareketi veritabanı kullanılmıştır. Deprem yer hareketi olarak aşağıdaki tablo 4.4’deki kayıtlar kullanılmıştır.

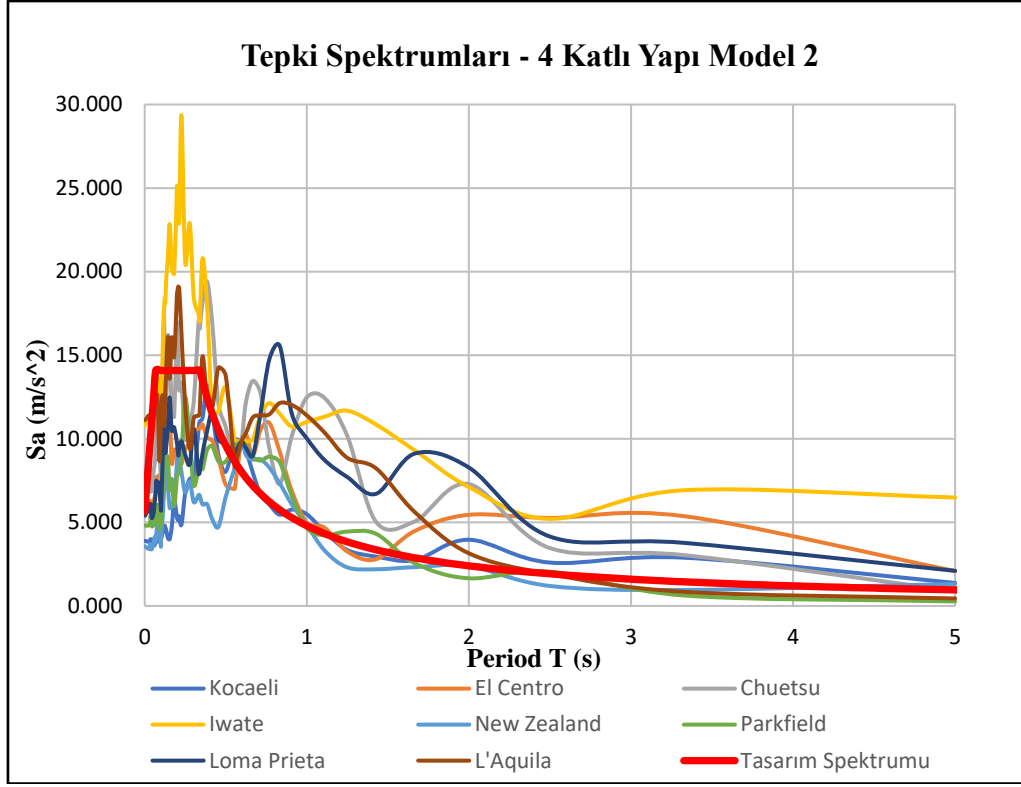
Tablo 4.4: Deprem kayıtları.

| RSN | Yıl | Kayıt | Büyüklük | Süre(s.) | PGA (g) |
|------|------|-------------|----------|----------|---------|
| 1158 | 1999 | Kocaeli | 7.51 | 27 | 0.205 |
| 721 | 1987 | El Centro | 6.54 | 60 | 0.128 |
| 4860 | 2007 | Chuetsu | 6.80 | 60 | 0.080 |
| 5780 | 2008 | Iwate | 6.90 | 120 | 0.230 |
| 587 | 1987 | New Zealand | 6.60 | 49 | 0.141 |
| 4132 | 2004 | Parkfield | 6.00 | 21 | 0.105 |
| 4481 | 2009 | L'Aquila | 6.30 | 40 | 0.277 |
| 776 | 1989 | Loma Prieta | 6.93 | 60 | 0.197 |

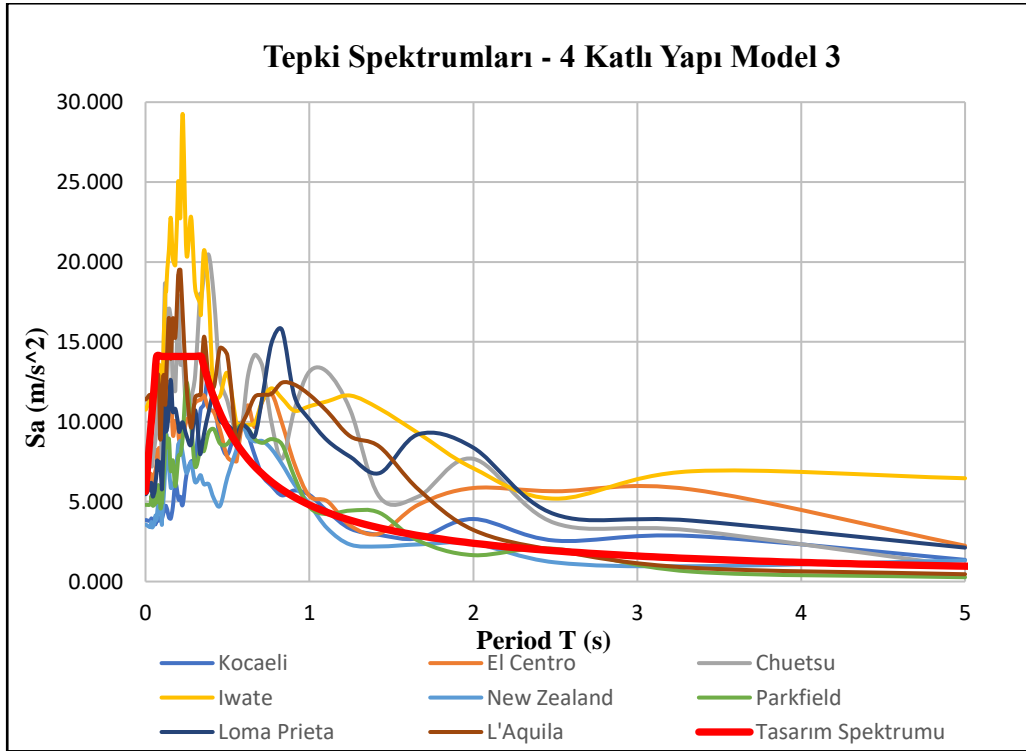


Şekil 4.28: 4 katlı yapı model 1 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları.

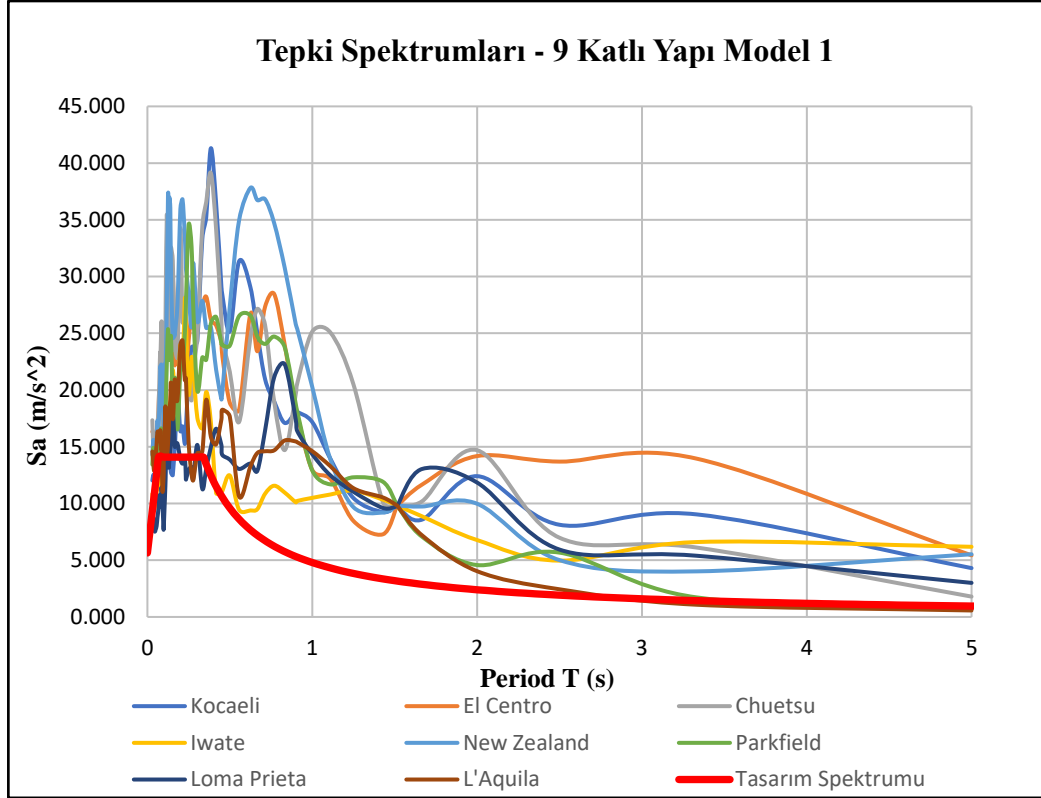
Şekil 4.28’de deprem yer hareketleri için 4 katlı yapı Model 1’den elde edilen ölçeklendirilmiş tepki spektrumları ve DD2 deprem yer hareketi düzeyine, ZC zemin sınıfına göre elde edilmiş tasarım spektrumu karşılaştırılması görülmektedir. Aşağıdaki şekillerde sırasıyla 4 katlı yapı için model 2 ve model 3 tepki spektrumları ile 9 katlı yapı için model 1, model 2 ve model 3 tepsi spektrumları karşılaştırmaları görülmektedir.



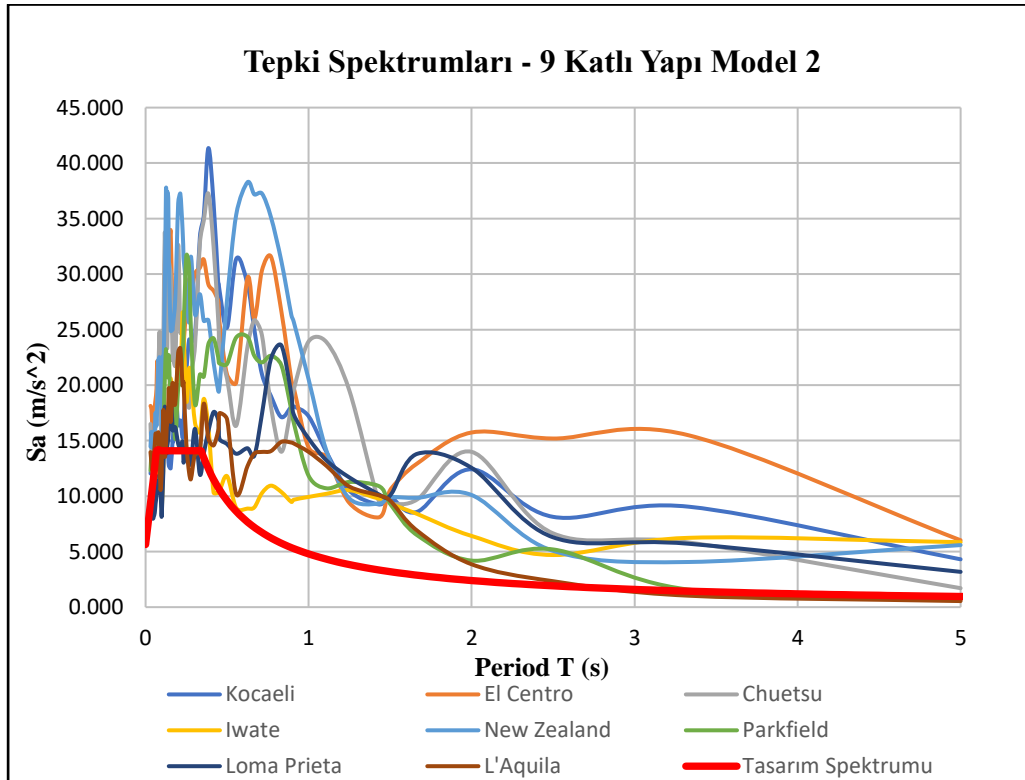
Şekil 4.29: 4 katlı yapı model 2 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları.



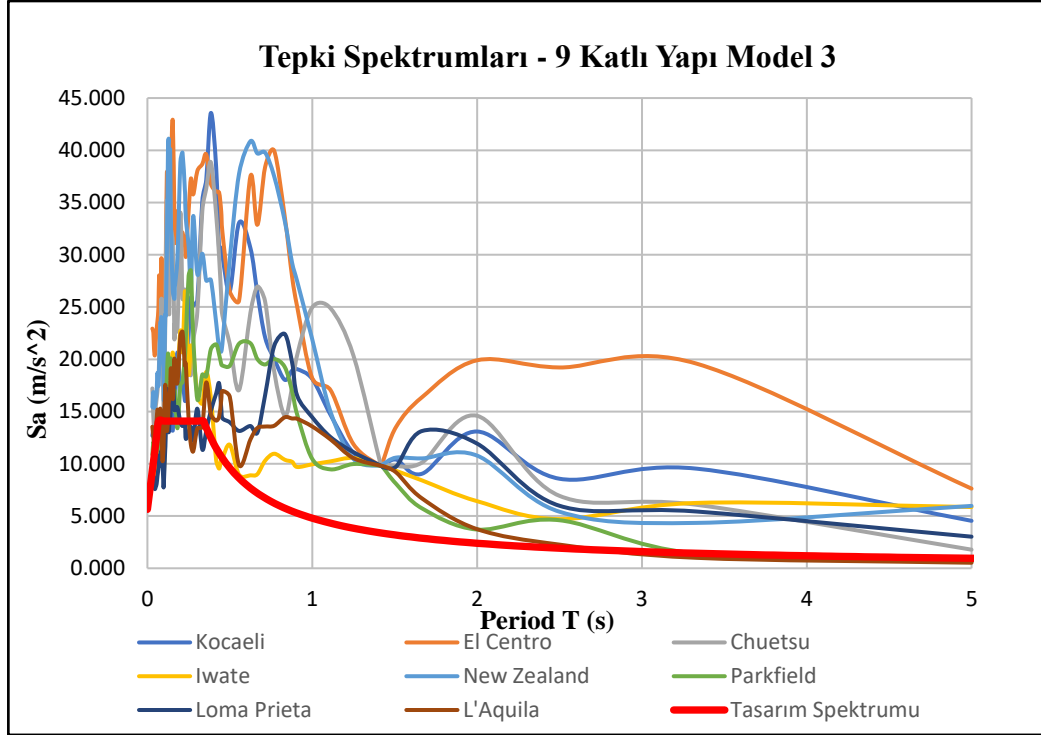
Şekil 4.30: 4 katlı yapı model 3 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları.



Şekil 4.31: 9 katlı yapı model 1 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları.

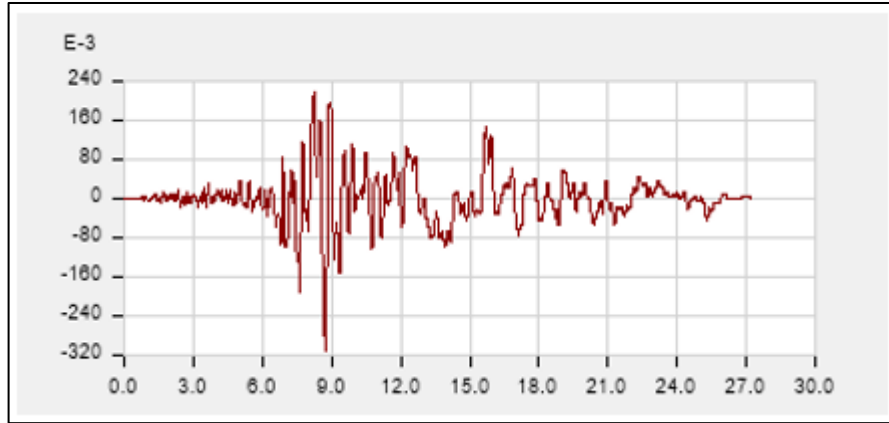


Şekil 4.32: 9 katlı yapı model 2 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları.

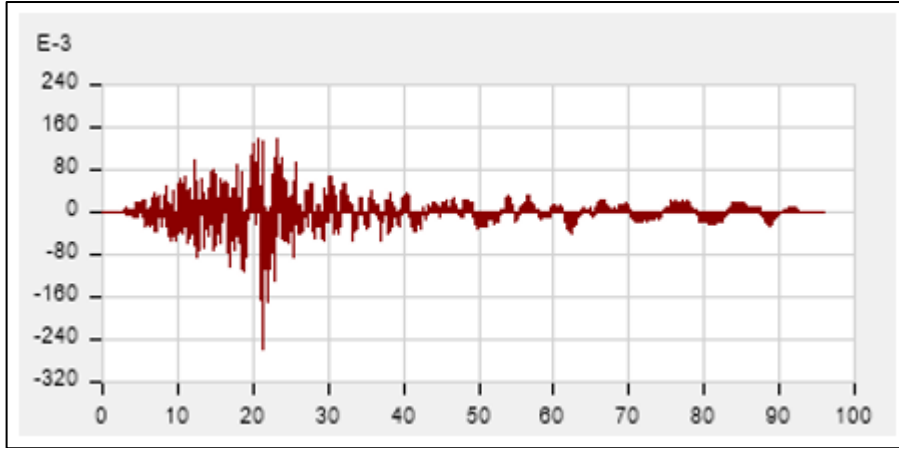


Şekil 4.33: 9 katlı yapı model 3 için ölçeklendirilmiş deprem yer hareketleri tepki spektrumları.

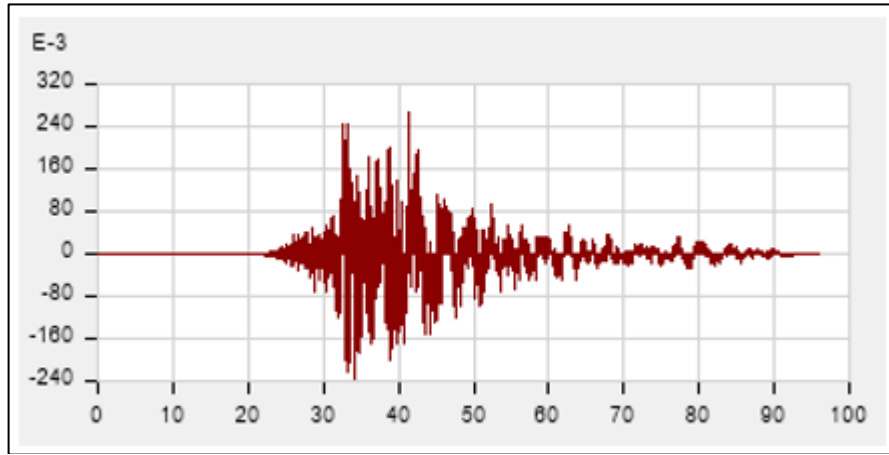
Aşağıdaki şekillerde tüm depremler için ivme zaman grafikleri görülmektedir.



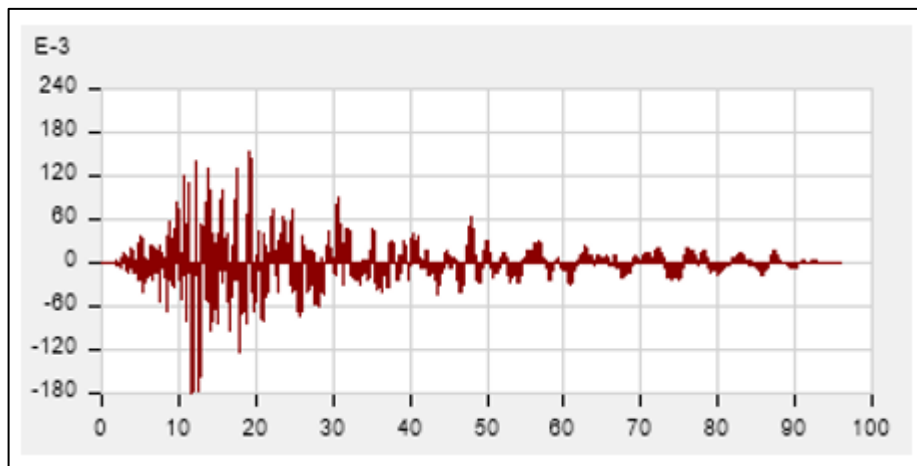
Şekil 4.34: Kocaeli depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.



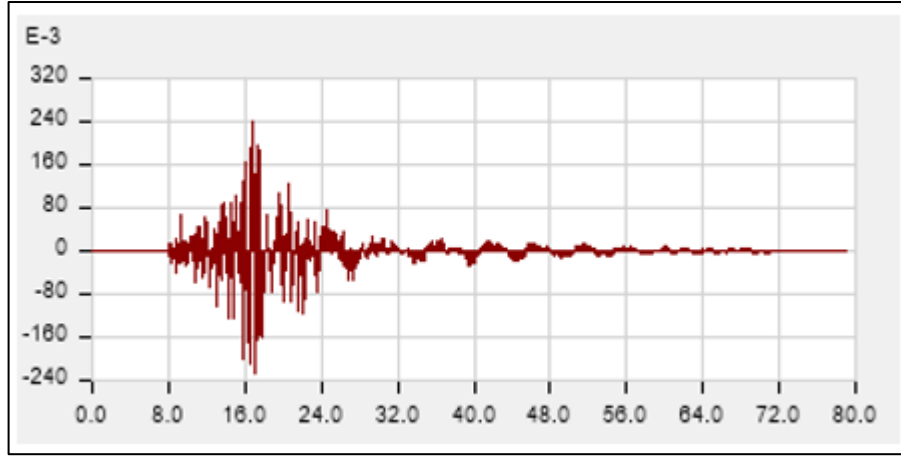
Şekil 4.35: El Centro depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.



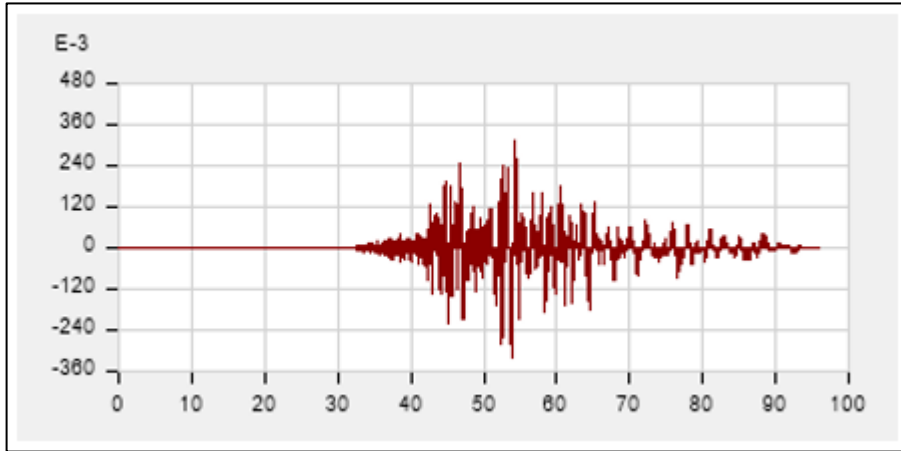
Şekil 4.36: Iwate depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.



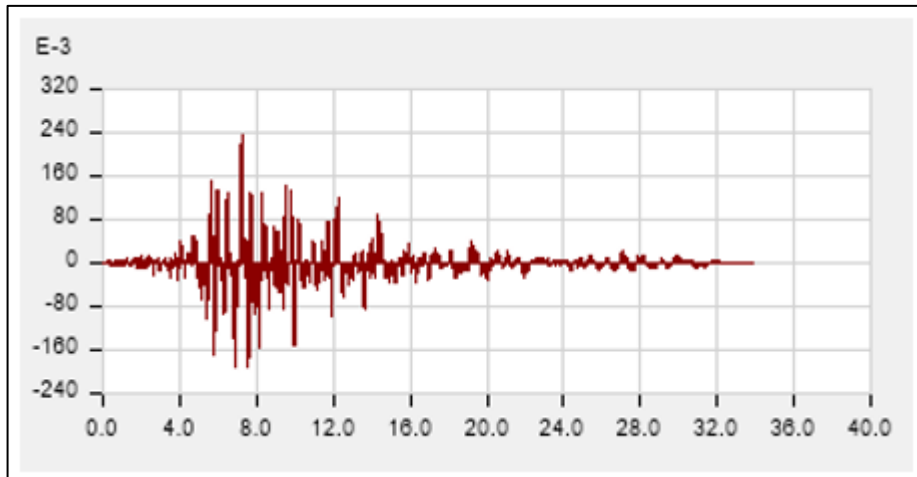
Şekil 4.37: Loma Prieta depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.



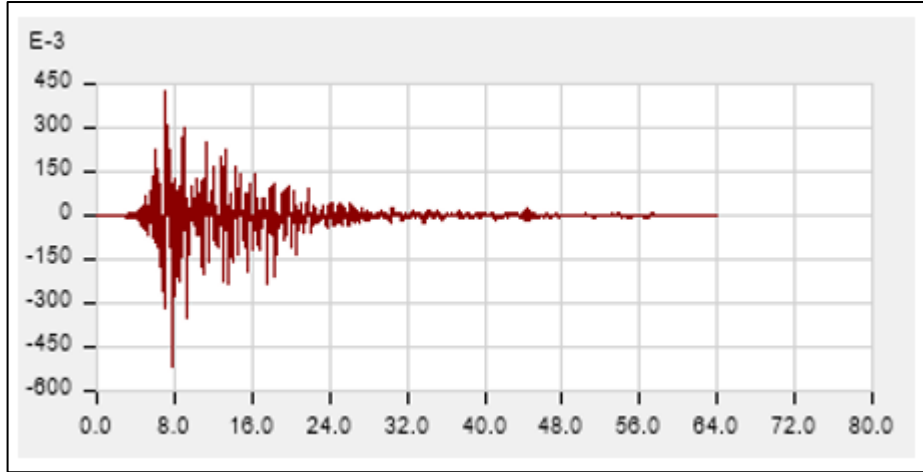
Şekil 4.38: New Zealand depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.



Şekil 4.39: Chuetsu depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.



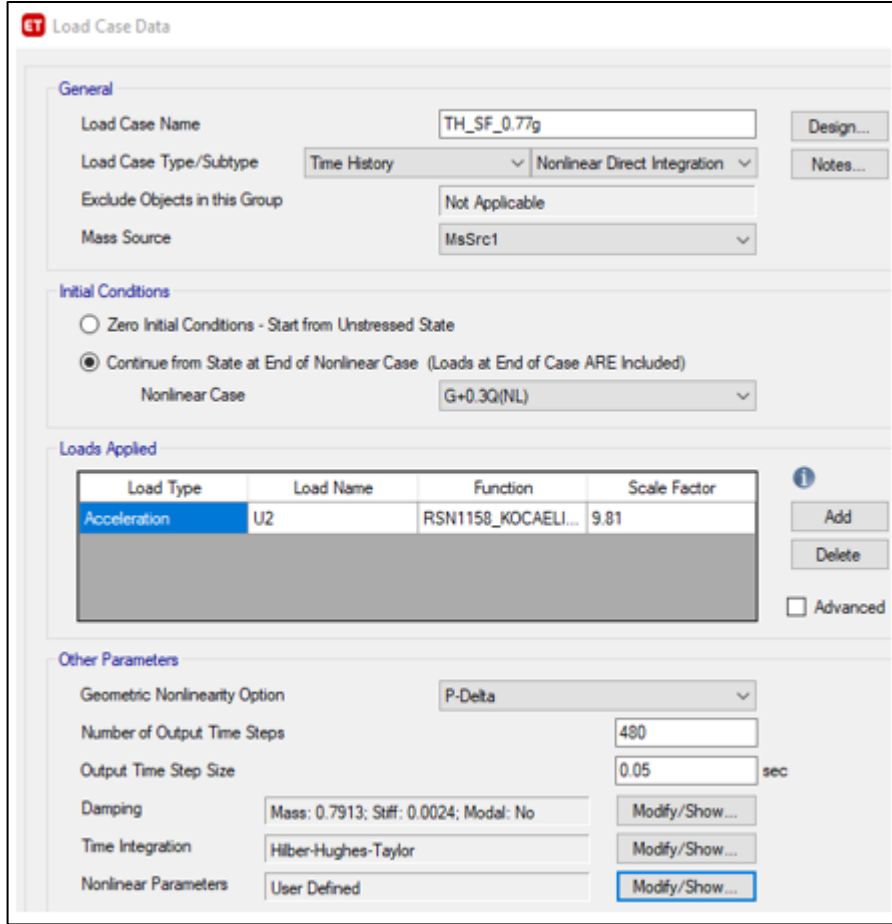
Şekil 4.40: Parkfield depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.



Şekil 4.41: L'Aquila depremi yer hareketi ivme zaman grafiği.

Depremlerin Zaman Tanım Analizi sonucundan elde edilen tepki spektrumları grafiklerinden çekilen verilere göre hakim periyoda karşılık gelen spektral ivme değerleri (g) bulunur ve ölçek faktörleri bu değere göre oranlanarak oluşturulur.

Tüm analizler doğrusal olmayan doğrusal integrasyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Kütle katılım oranı %95'in üzerinde kullanılıp, sönüm oranı %5 olarak kabul edilmiştir. Hilber-Hughes-Taylor yöntemi zaman integrasyon parametreleri tercih edilmiştir. Doğrusal olmayan analiz için başlangıç koşulu olarak G+0.3Q birleşimleri kullanılmıştır. Yapılan tüm doğrusal olmayan analiz adımlarında ETABS V18 kullanılmıştır. Şekil 4.42'de örnek olarak 4 katlı yapı model 3 için hakim periyoda karşılık gelen spektral ivme değerinin bulunması için yapılan Zaman Tanım Alanında Analiz tanımlaması görülmektedir.



Şekil 4.42: 1999 Kocaeli depremi Zaman Tanım Alanında Analiz tanımı.

4.5.1. Kocaeli Depremi

4.5.1.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

Tüm ölçek faktörleri ETABS V18’de Zaman Tanım Alanında Analiz yöntemi ile tanımlanarak analiz yapılır. Analiz sonucunda taban kesme kuvvetleri, görelî kat öteleme oranları, tepe yer değıştirmesi ve kapasite eğrileri modellerin karşılaştırılmasında kullanılır. Bu bölümde Kocaeli depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

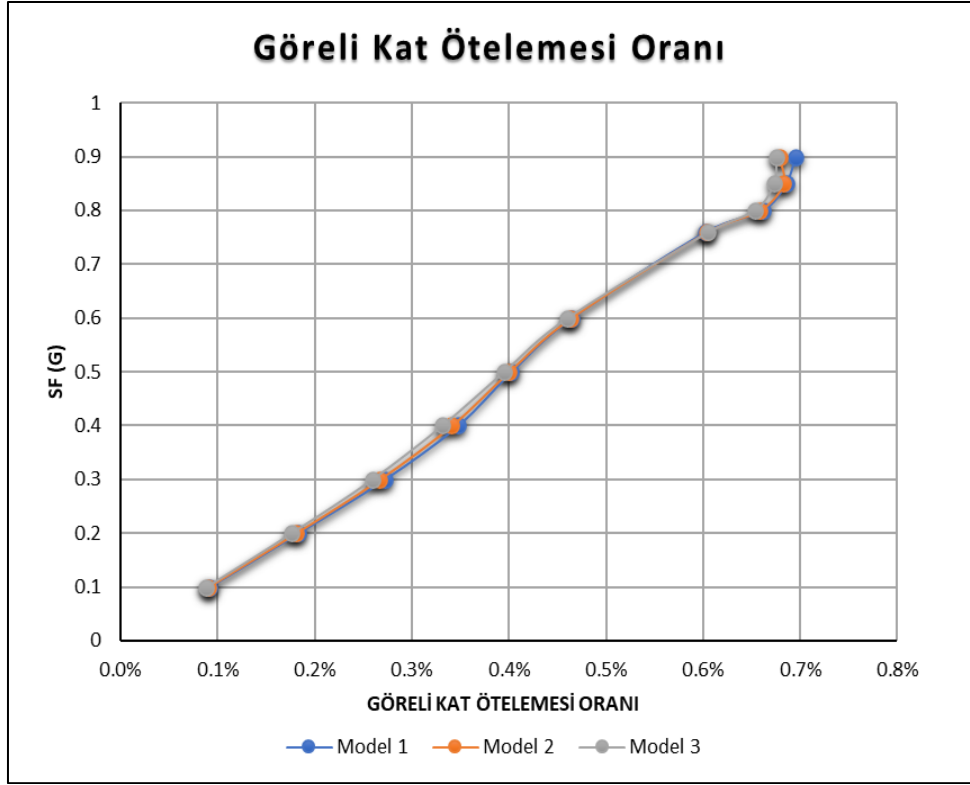
Grafikler üzerinde düz çizgilere yer verilmektedir. Bu çizgiler görelî kat ötelemesinin karşılaştırılması grafiklerinde, TBDY 2018 Bölüm 4.9.1.3’e göre minimum ve maksimum görelî kat öteleme oranı sınırlarını ifade etmektedir. Tepe yer değıştirmelerinin karşılaştırılması grafiklerinde, R katsayılı ve R katsayısız olarak yük birleşimlerinden elde edilen maksimum tepe yer değıştirmesini ifade

etmektedir. Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması grafiklerinde, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre hesaplanan taban kesme kuvveti değerlerini temsil etmektedir.

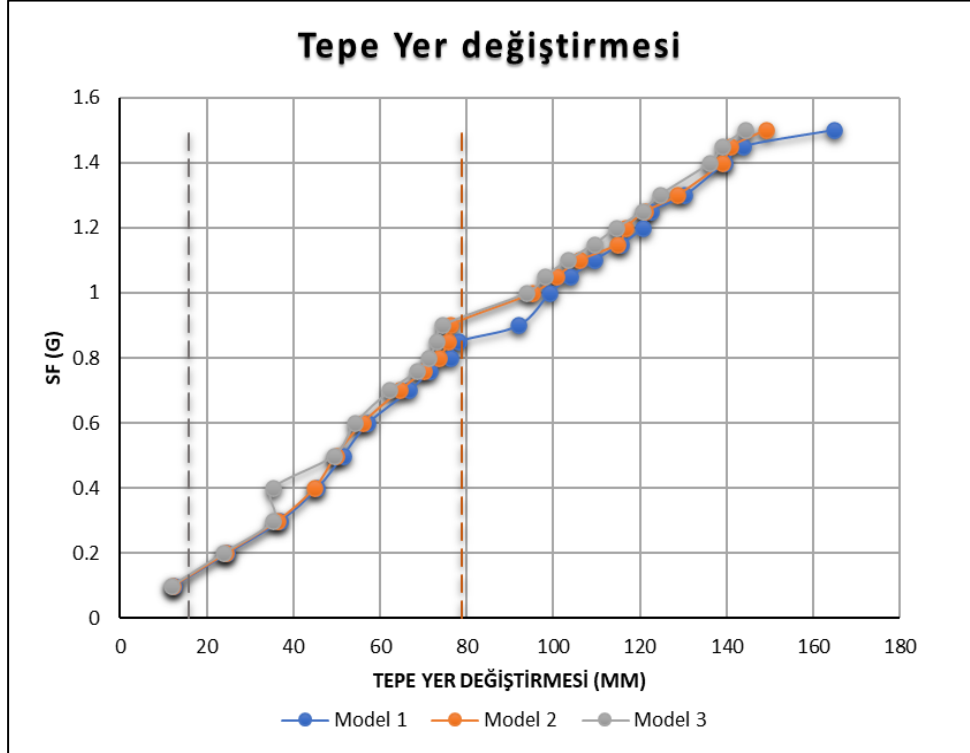
Tablo 4.5: Kocaeli depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.13 | 1.31 | 0.1 | 0.13 | 1.29 | 0.1 | 0.13 | 1.28 |
| 0.2 | 0.27 | 2.62 | 0.2 | 0.26 | 2.58 | 0.2 | 0.26 | 2.55 |
| 0.3 | 0.40 | 3.93 | 0.3 | 0.39 | 3.87 | 0.3 | 0.39 | 3.83 |
| 0.4 | 0.53 | 5.24 | 0.4 | 0.53 | 5.16 | 0.4 | 0.52 | 5.10 |
| 0.5 | 0.67 | 6.55 | 0.5 | 0.66 | 6.45 | 0.5 | 0.65 | 6.38 |
| 0.6 | 0.80 | 7.87 | 0.6 | 0.79 | 7.74 | 0.6 | 0.78 | 7.66 |
| 0.7 | 0.94 | 9.18 | 0.7 | 0.92 | 9.04 | 0.7 | 0.91 | 8.93 |
| 0.75 | 1.00 | 9.81 | 0.76 | 1.00 | 9.81 | 0.77 | 1.00 | 9.81 |
| 0.8 | 1.07 | 10.49 | 0.8 | 1.05 | 10.33 | 0.8 | 1.04 | 10.21 |
| 0.85 | 1.14 | 11.14 | 0.85 | 1.12 | 10.97 | 0.85 | 1.11 | 10.85 |
| 0.9 | 1.20 | 11.80 | 0.9 | 1.18 | 11.62 | 0.9 | 1.17 | 11.48 |
| 0.95 | 1.27 | 12.45 | 0.95 | 1.25 | 12.26 | 0.95 | 1.24 | 12.12 |
| 1 | 1.34 | 13.11 | 1 | 1.32 | 12.91 | 1 | 1.30 | 12.76 |
| 1.05 | 1.40 | 13.77 | 1.05 | 1.38 | 13.55 | 1.05 | 1.37 | 13.40 |
| 1.1 | 1.47 | 14.42 | 1.1 | 1.45 | 14.20 | 1.1 | 1.43 | 14.04 |
| 1.15 | 1.54 | 15.08 | 1.15 | 1.51 | 14.84 | 1.15 | 1.50 | 14.67 |
| 1.2 | 1.60 | 15.73 | 1.2 | 1.58 | 15.49 | 1.2 | 1.56 | 15.31 |
| 1.25 | 1.67 | 16.39 | 1.25 | 1.64 | 16.13 | 1.25 | 1.63 | 15.95 |
| 1.3 | 1.74 | 17.04 | 1.3 | 1.71 | 16.78 | 1.3 | 1.69 | 16.59 |
| 1.35 | 1.80 | 17.70 | 1.35 | 1.78 | 17.43 | 1.35 | 1.76 | 17.23 |
| 1.4 | 1.87 | 18.35 | 1.4 | 1.84 | 18.07 | 1.4 | 1.82 | 17.86 |
| 1.45 | 1.94 | 19.01 | 1.45 | 1.91 | 18.72 | 1.45 | 1.89 | 18.50 |
| 1.5 | 2.00 | 19.66 | 1.5 | 1.97 | 19.36 | 1.5 | 1.95 | 19.14 |
| 1.55 | 2.07 | 20.32 | 1.55 | 2.04 | 20.01 | 1.55 | 2.02 | 19.78 |
| 1.6 | 2.14 | 20.98 | 1.6 | 2.11 | 20.65 | 1.6 | 2.08 | 20.42 |

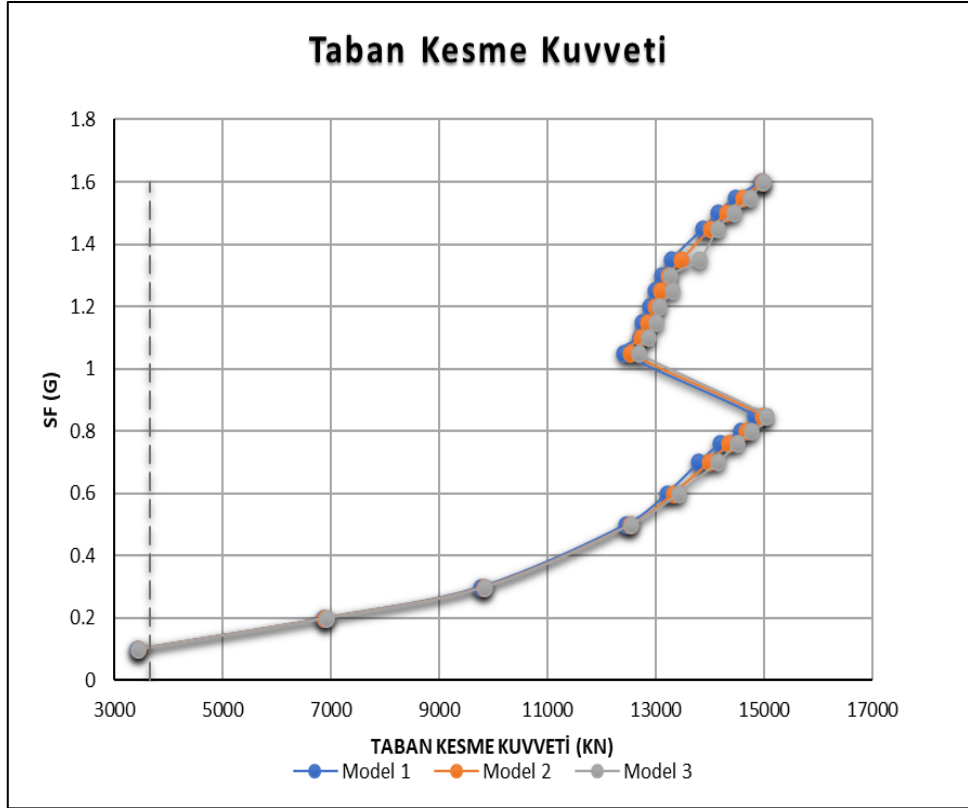
Yukarıdaki tablo 4.5'de 4 katlı yapı için Kocaeli depremi için tüm modellere göre oluşturulmuş ölçek faktörleri görülmektedir. Kırmızı yazılı olan değerler hakim periyoda karşılık gelen değerlerdir. 4 katlı yapıda ölçek faktörleri oluşturulurken 0.05g ve 0.1g artımları kullanılmıştır.



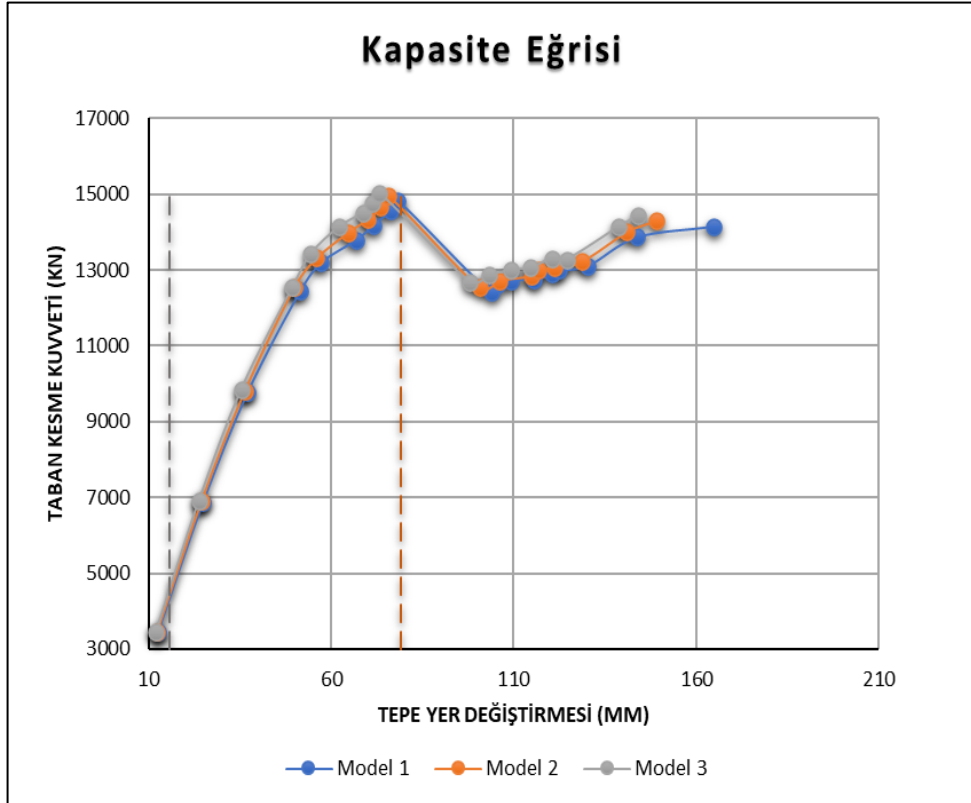
Şekil 4.43: Kocaeli depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.44: Kocaeli depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

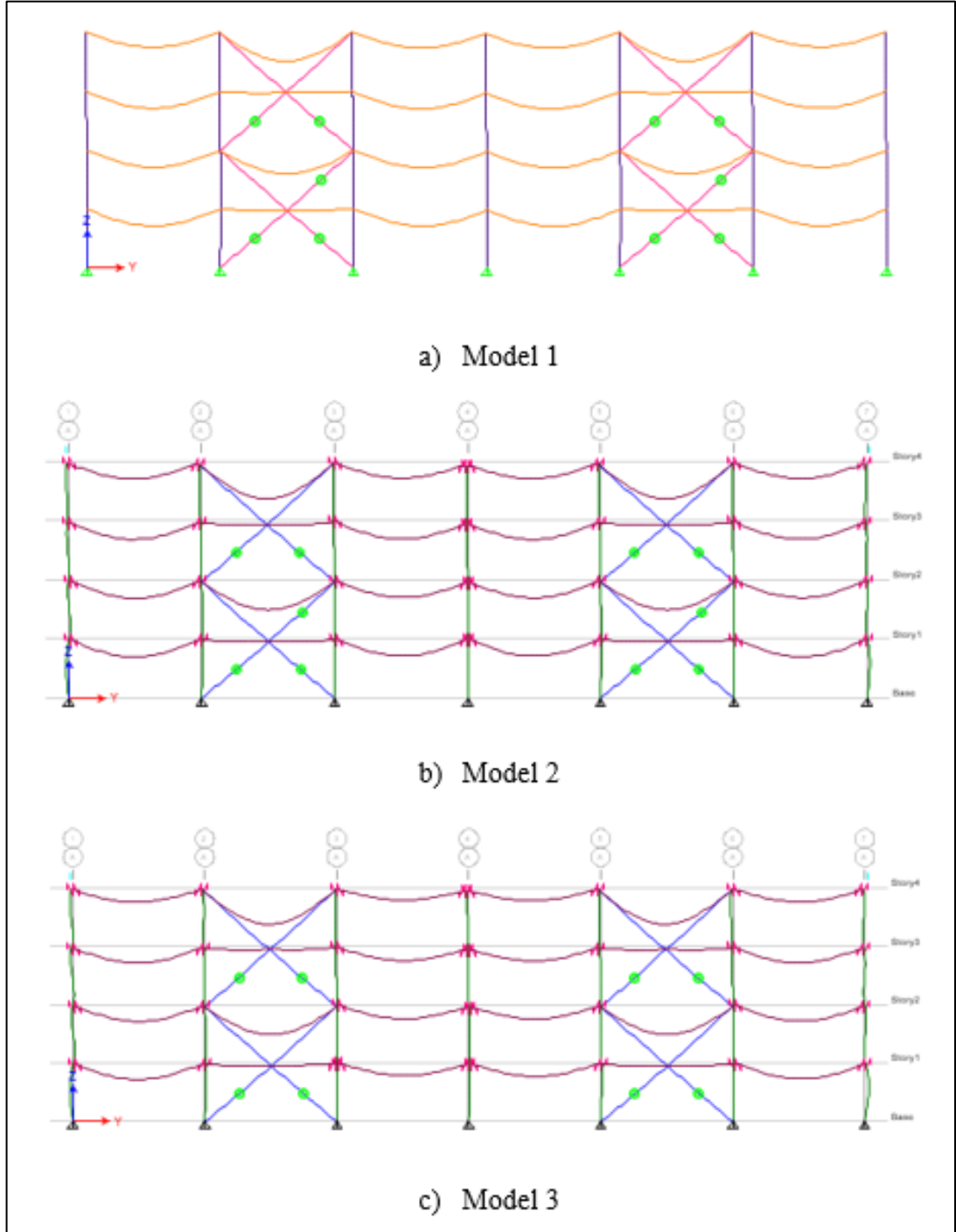


Şekil 4.45: Kocaeli depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.46: Kocaeli depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.6g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.47’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.47: Kocaeli depremi 4 katlı yapı için plastik mafsall karşılaştırması.

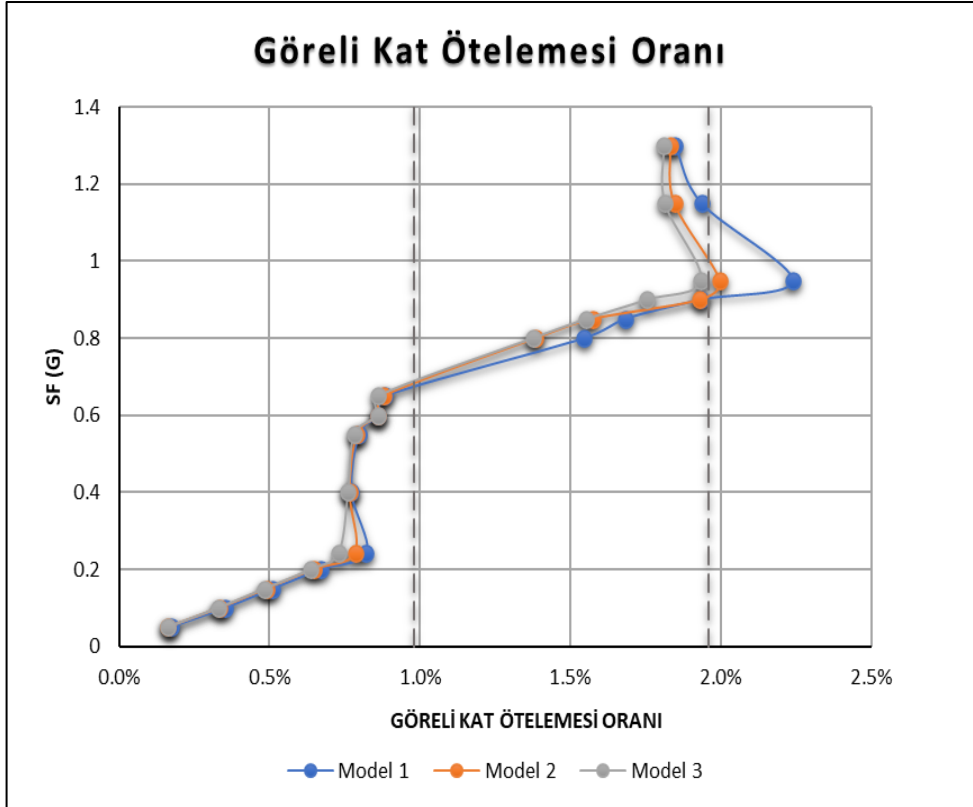
4.5.1.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

Bu bölümde Kocaeli depremine göre 9 katlı yapı için oluşturulan modellerin taban kesme kuvvetleri, görelî kat ötelemeleri, tepe deplasmanları ve kapasite eğrileri karşılaştırmalı grafikleri gösterilmektedir.

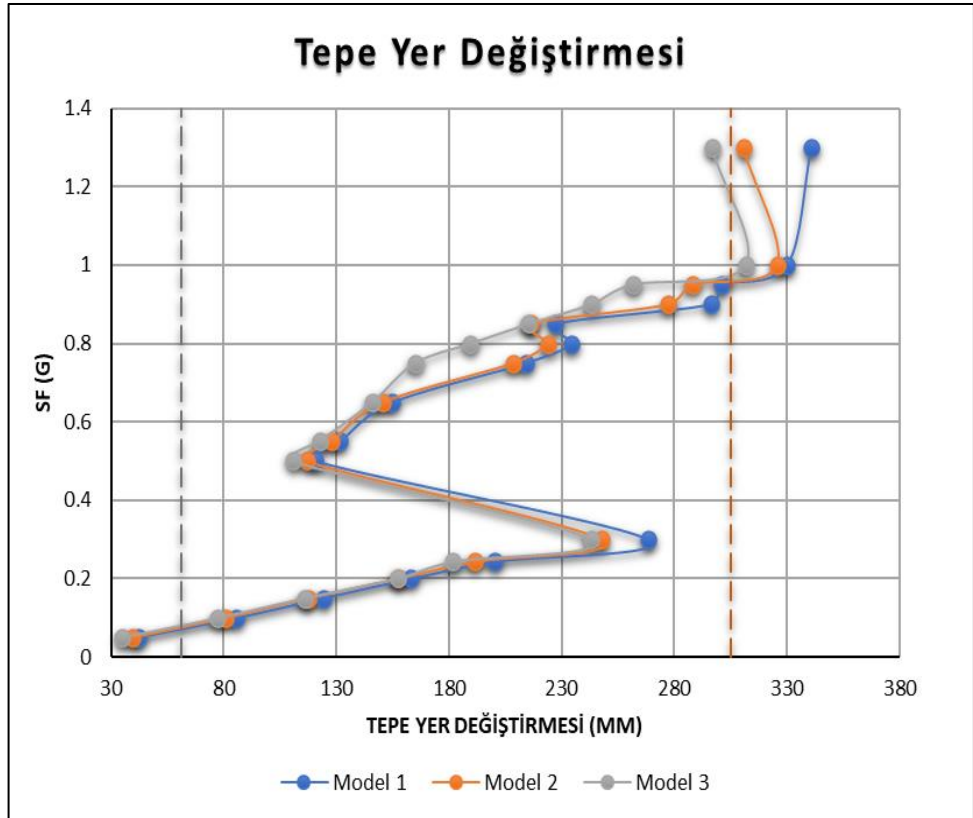
Tablo 4.6: Kocaeli depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.05 | 0.21 | 2.02 | 0.05 | 0.21 | 2.02 | 0.05 | 0.22 | 2.15 |
| 0.1 | 0.41 | 4.04 | 0.1 | 0.41 | 4.05 | 0.1 | 0.44 | 4.29 |
| 0.15 | 0.62 | 6.06 | 0.15 | 0.62 | 6.07 | 0.15 | 0.66 | 6.44 |
| 0.2 | 0.82 | 8.08 | 0.2 | 0.83 | 8.10 | 0.2 | 0.88 | 8.58 |
| 0.24 | 1.00 | 9.81 | 0.24 | 1.00 | 9.81 | 0.23 | 1.00 | 9.81 |
| 0.3 | 1.24 | 12.13 | 0.3 | 1.24 | 12.15 | 0.3 | 1.31 | 12.88 |
| 0.35 | 1.44 | 14.15 | 0.35 | 1.44 | 14.17 | 0.35 | 1.53 | 15.02 |
| 0.4 | 1.65 | 16.17 | 0.4 | 1.65 | 16.20 | 0.4 | 1.75 | 17.17 |
| 0.45 | 1.85 | 18.19 | 0.45 | 1.86 | 18.22 | 0.45 | 1.97 | 19.31 |
| 0.5 | 2.06 | 20.21 | 0.5 | 2.06 | 20.25 | 0.5 | 2.19 | 21.46 |
| 0.55 | 2.27 | 22.23 | 0.55 | 2.27 | 22.27 | 0.55 | 2.41 | 23.61 |
| 0.6 | 2.47 | 24.25 | 0.6 | 2.48 | 24.30 | 0.6 | 2.63 | 25.75 |
| 0.65 | 2.68 | 26.27 | 0.65 | 2.68 | 26.32 | 0.65 | 2.84 | 27.90 |
| 0.7 | 2.88 | 28.29 | 0.7 | 2.89 | 28.35 | 0.7 | 3.06 | 30.04 |
| 0.75 | 3.09 | 30.31 | 0.75 | 3.10 | 30.37 | 0.75 | 3.28 | 32.19 |
| 0.8 | 3.30 | 32.33 | 0.8 | 3.30 | 32.39 | 0.8 | 3.50 | 34.34 |
| 0.85 | 3.50 | 34.36 | 0.85 | 3.51 | 34.42 | 0.85 | 3.72 | 36.48 |
| 0.9 | 3.71 | 36.38 | 0.9 | 3.71 | 36.44 | 0.9 | 3.94 | 38.63 |
| 0.95 | 3.91 | 38.40 | 0.95 | 3.92 | 38.47 | 0.95 | 4.16 | 40.77 |
| 1 | 4.12 | 40.42 | 1 | 4.13 | 40.49 | 1 | 4.38 | 42.92 |
| 1.05 | 4.33 | 42.44 | 1.05 | 4.33 | 42.52 | 1.05 | 4.59 | 45.07 |
| 1.1 | 4.53 | 44.46 | 1.1 | 4.54 | 44.54 | 1.1 | 4.81 | 47.21 |
| 1.15 | 4.74 | 46.48 | 1.15 | 4.75 | 46.57 | 1.15 | 5.03 | 49.36 |
| 1.2 | 4.94 | 48.50 | 1.2 | 4.95 | 48.59 | 1.2 | 5.25 | 51.50 |
| 1.25 | 5.15 | 50.52 | 1.25 | 5.16 | 50.62 | 1.25 | 5.47 | 53.65 |
| 1.3 | 5.36 | 52.54 | 1.3 | 5.37 | 52.64 | 1.3 | 5.69 | 55.80 |

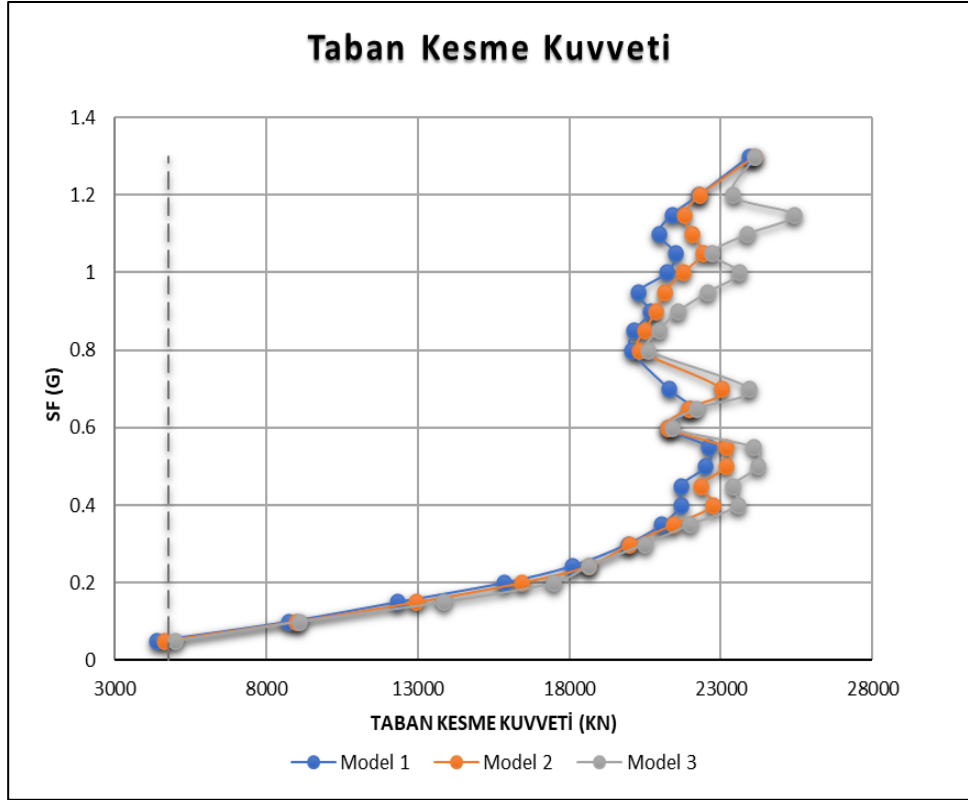
Yukarıdaki tablo 4.6'da 9 katlı yapı için Kocaeli depremi için tüm modellere göre oluşturulmuş ölçek faktörleri görülmektedir. 9 katlı yapıda ölçek faktörleri oluşturulurken 0.1g ve 0.05g artımlar kullanılmıştır.



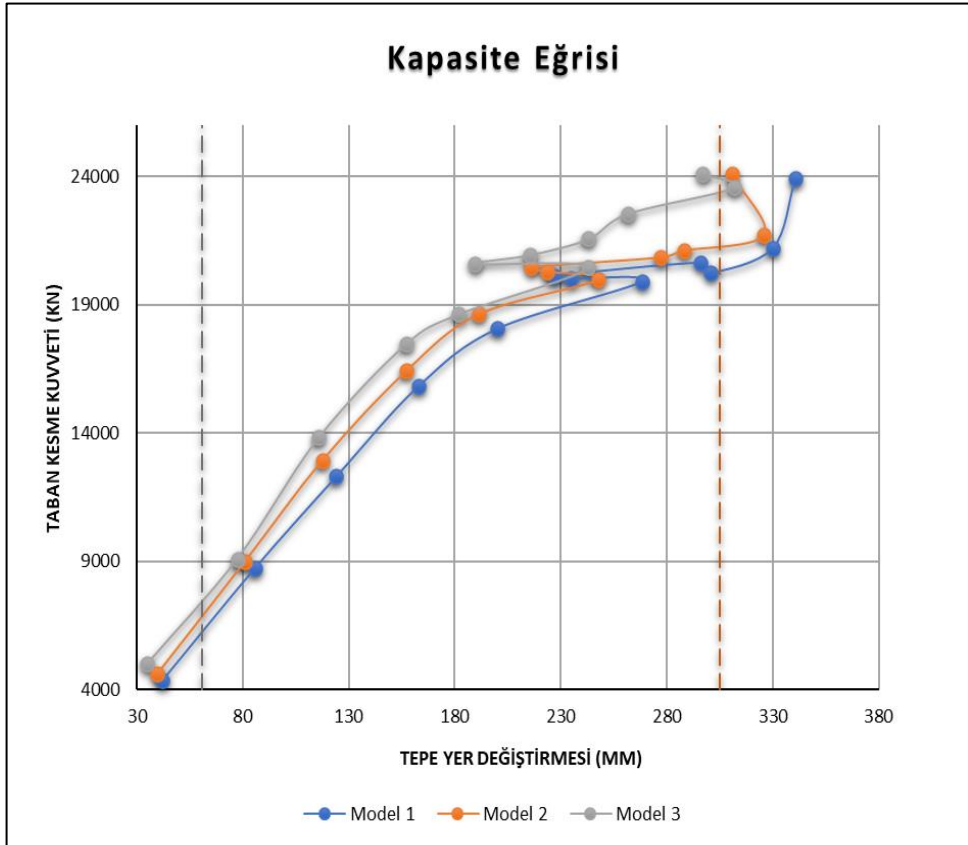
Şekil 4.48: Kocaeli depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.49: Kocaeli depremi 9 katlı yapı için tepe yer değışirnesi karşılaştırması.

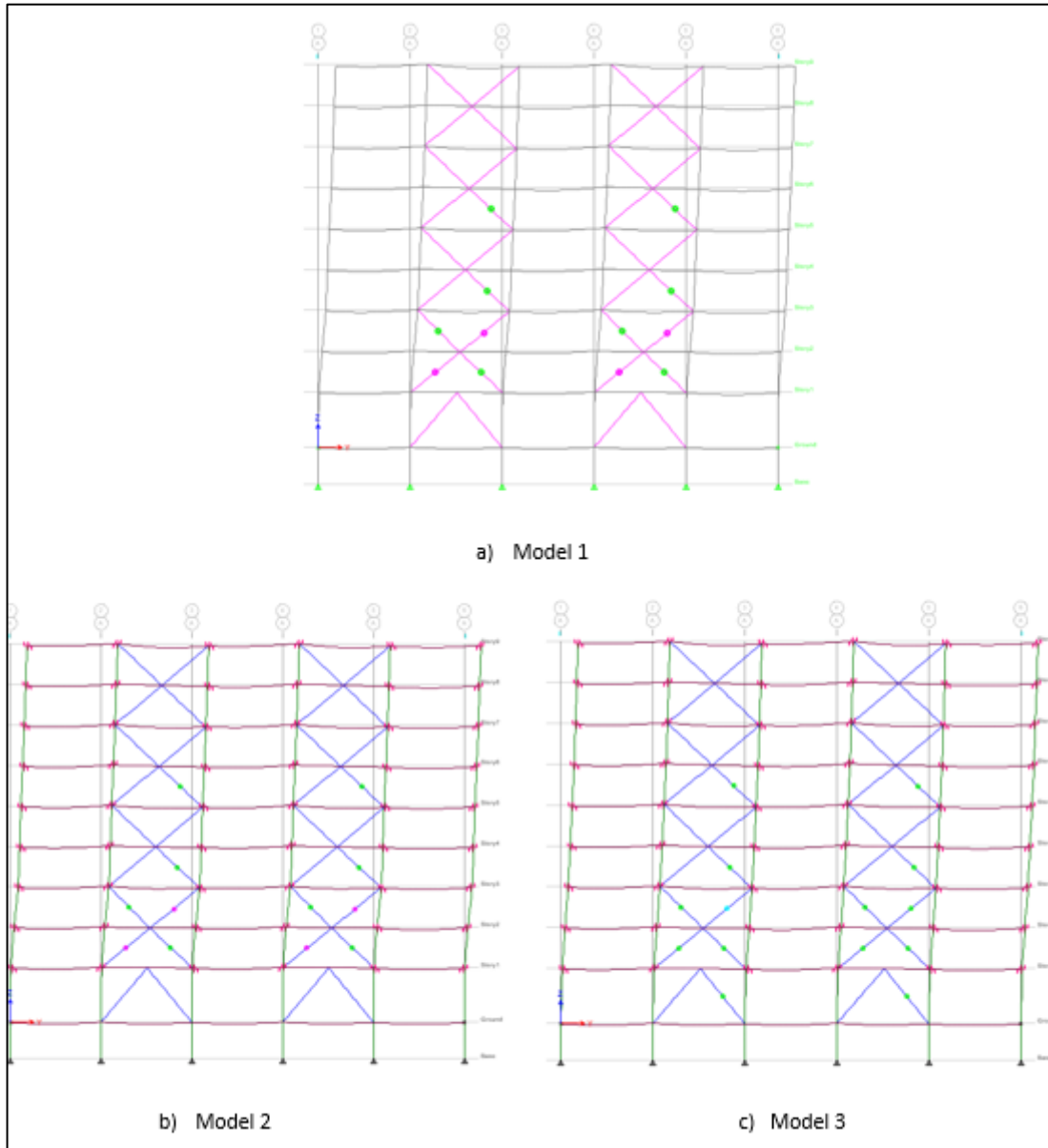


Şekil 4.50: Kocaeli depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.51: Kocaeli depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.75g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.52’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.52: Kocaeli depremi 9 katlı yapı için plastik mafsal karşılaştırması.

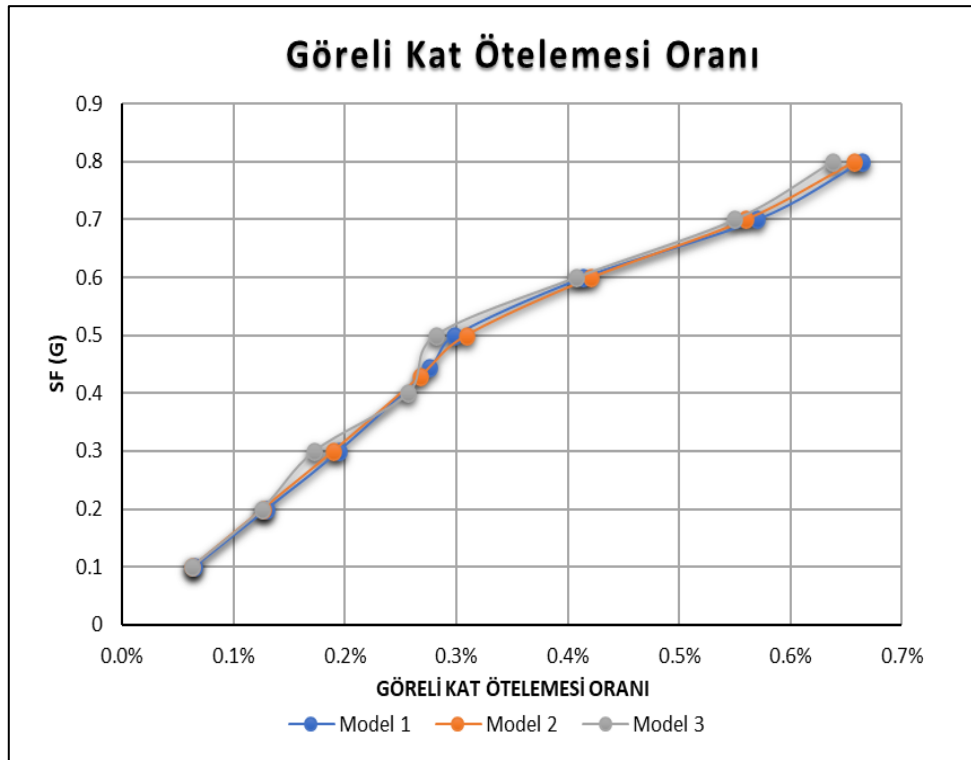
4.5.2. El Centro Depremi

4.5.2.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

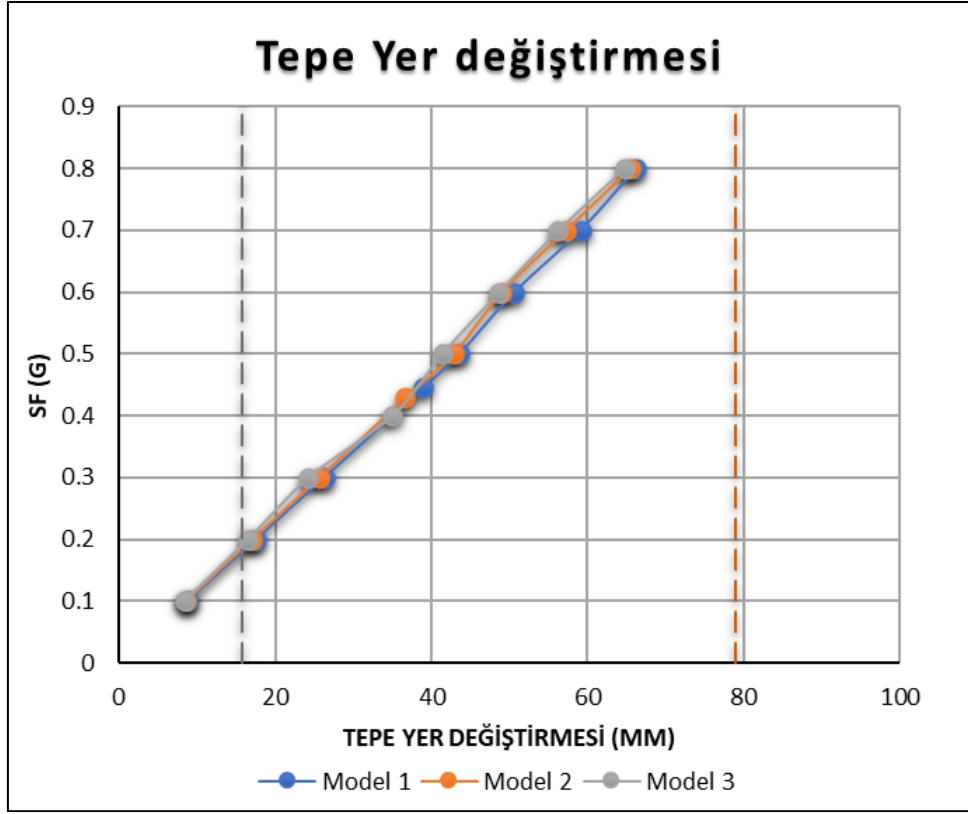
Bu bölümde El Centro depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.7: El Centro depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

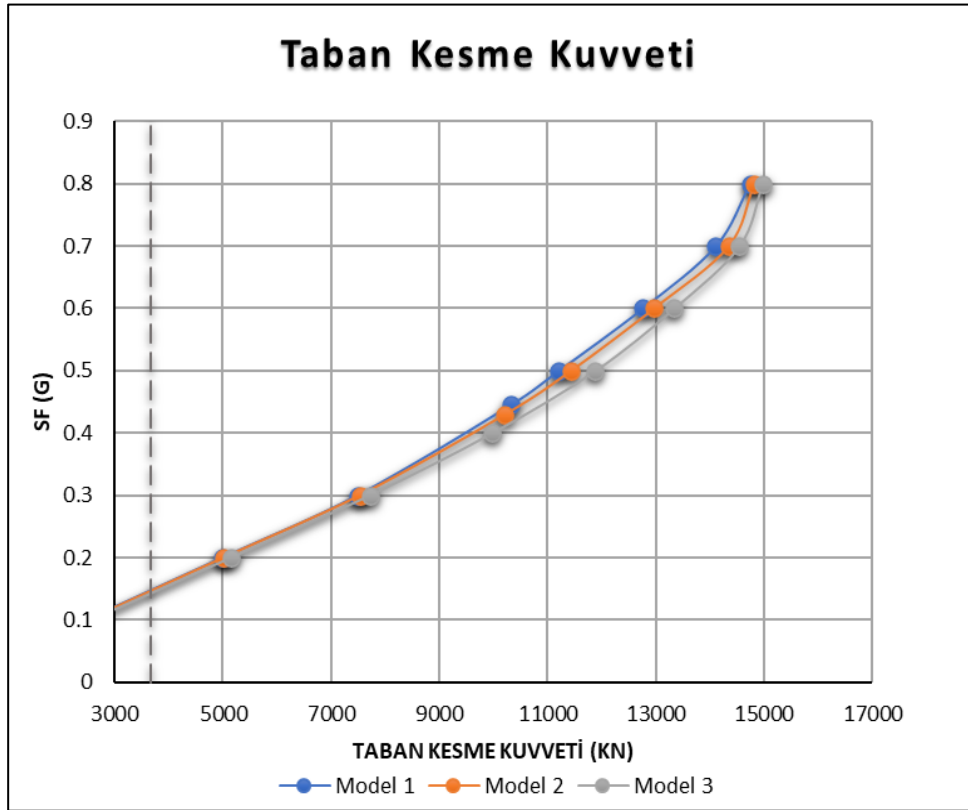
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.225 | 2.20 | 0.1 | 0.233 | 2.29 | 0.1 | 0.250 | 2.45 |
| 0.2 | 0.449 | 4.41 | 0.2 | 0.466 | 4.57 | 0.2 | 0.500 | 4.91 |
| 0.3 | 0.674 | 6.61 | 0.3 | 0.699 | 6.86 | 0.3 | 0.750 | 7.36 |
| 0.445 | 1.000 | 9.81 | 0.429 | 1.000 | 9.81 | 0.400 | 1.000 | 9.81 |
| 0.5 | 1.124 | 11.02 | 0.5 | 1.166 | 11.43 | 0.5 | 1.250 | 12.26 |
| 0.6 | 1.348 | 13.23 | 0.6 | 1.399 | 13.72 | 0.6 | 1.500 | 14.72 |
| 0.7 | 1.573 | 15.43 | 0.7 | 1.632 | 16.01 | 0.7 | 1.750 | 17.17 |
| 0.8 | 1.798 | 17.64 | 0.8 | 1.865 | 18.29 | 0.8 | 2.000 | 19.62 |



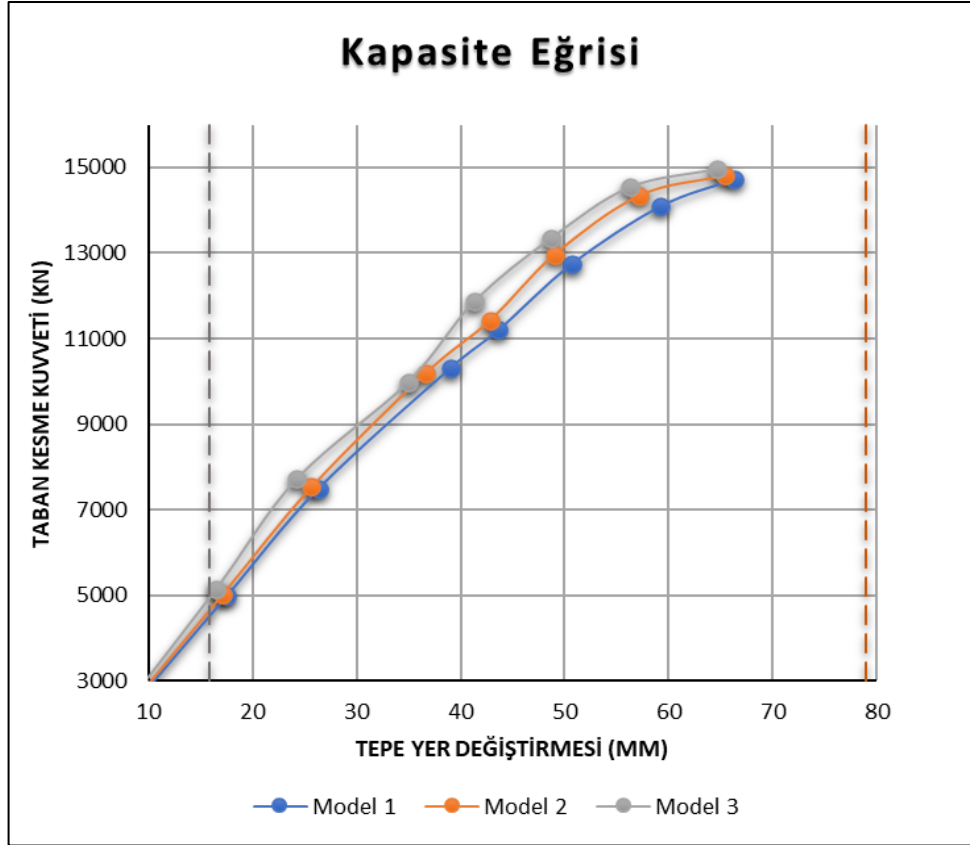
Şekil 4.53: El Centro depremi 4 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



şekil 4.54: El Centro depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

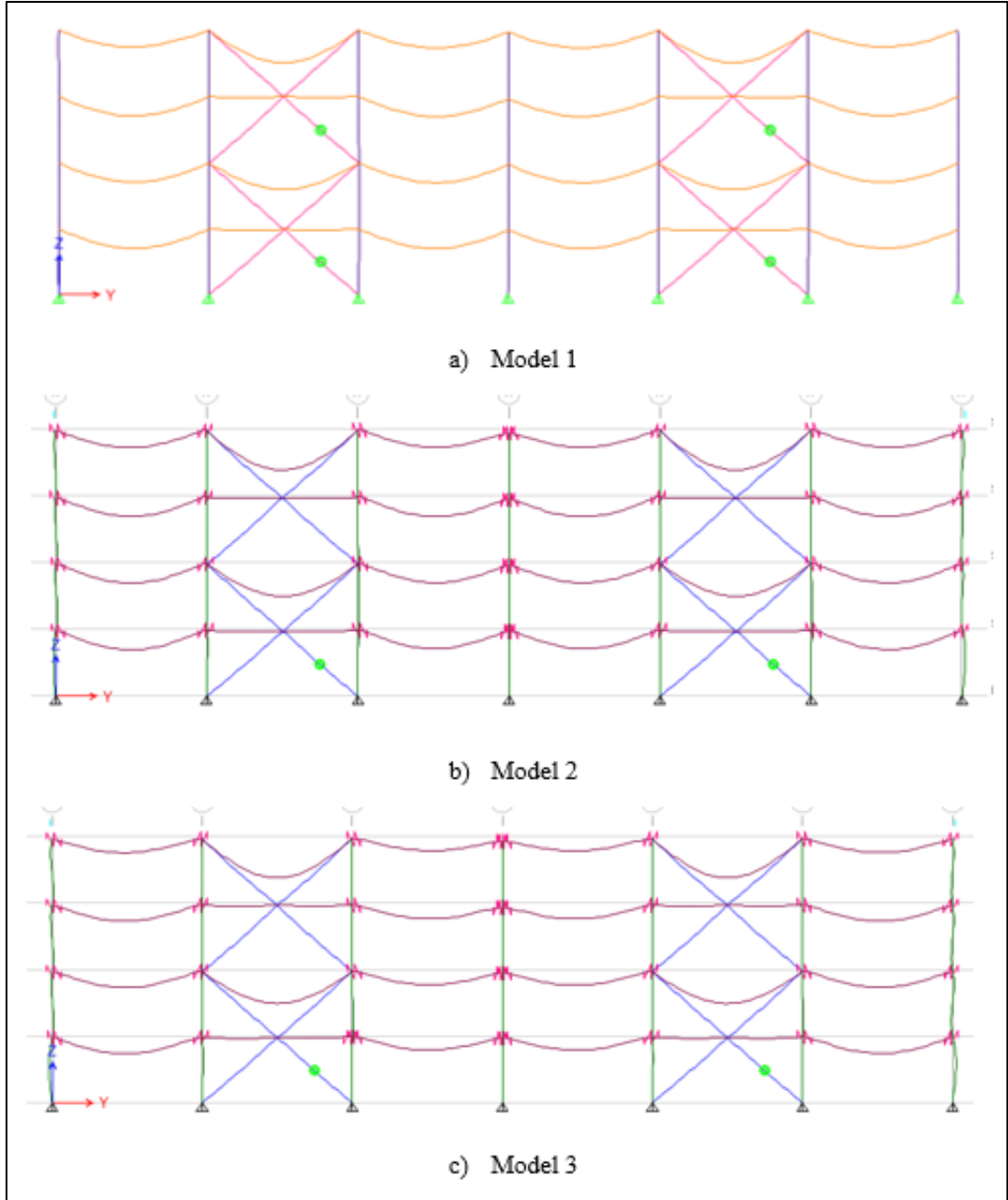


şekil 4.55: El Centro depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.56: El Centro depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.4g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.57’de bu karşılaştırma görülmektedir.



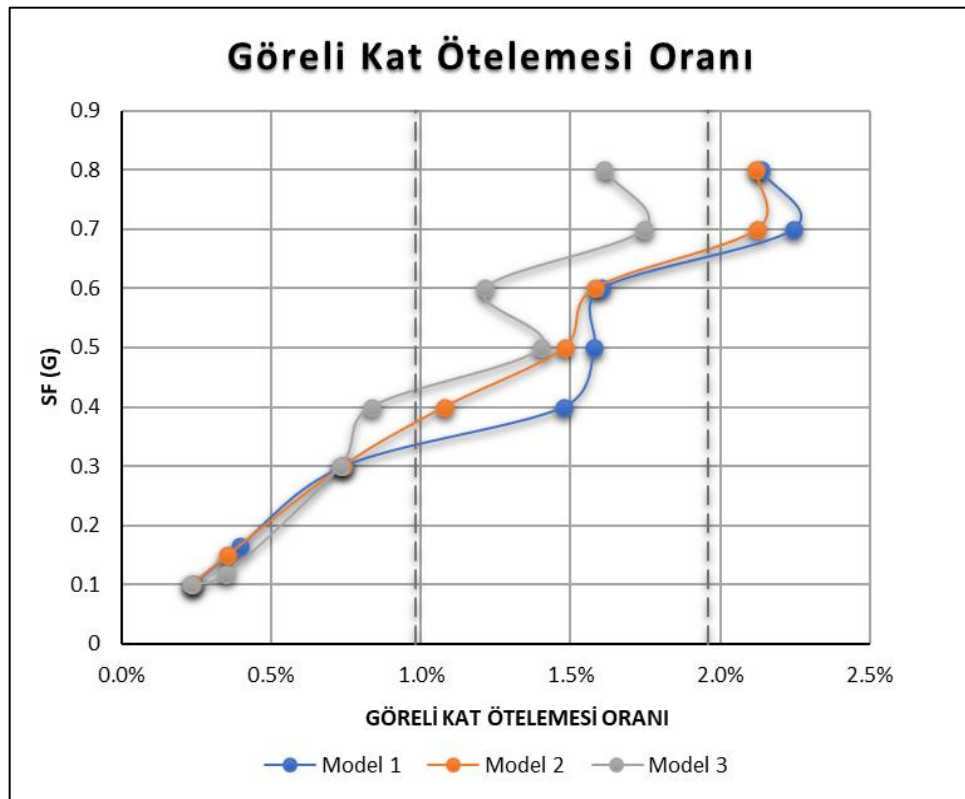
Şekil 4.57: El Centro depremi 4 katlı yapı için plastik mafsal karşılaştırması.

4.5.2.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

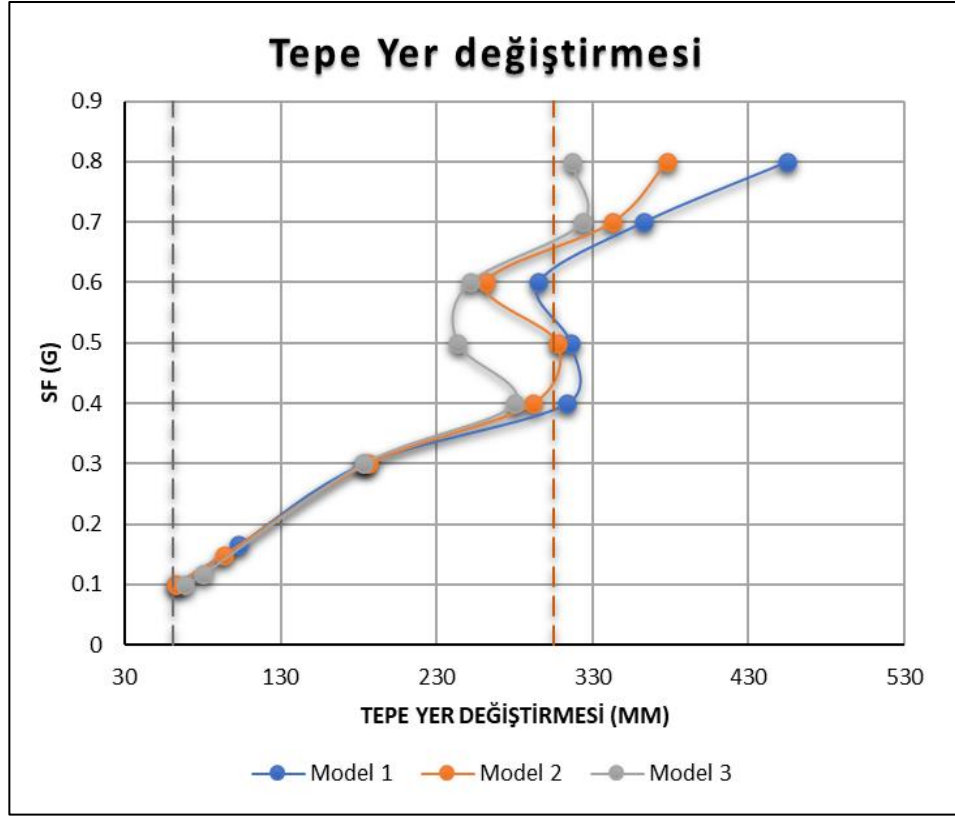
Bu bölümde El Centro depremine göre 9 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.8: El Centro depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

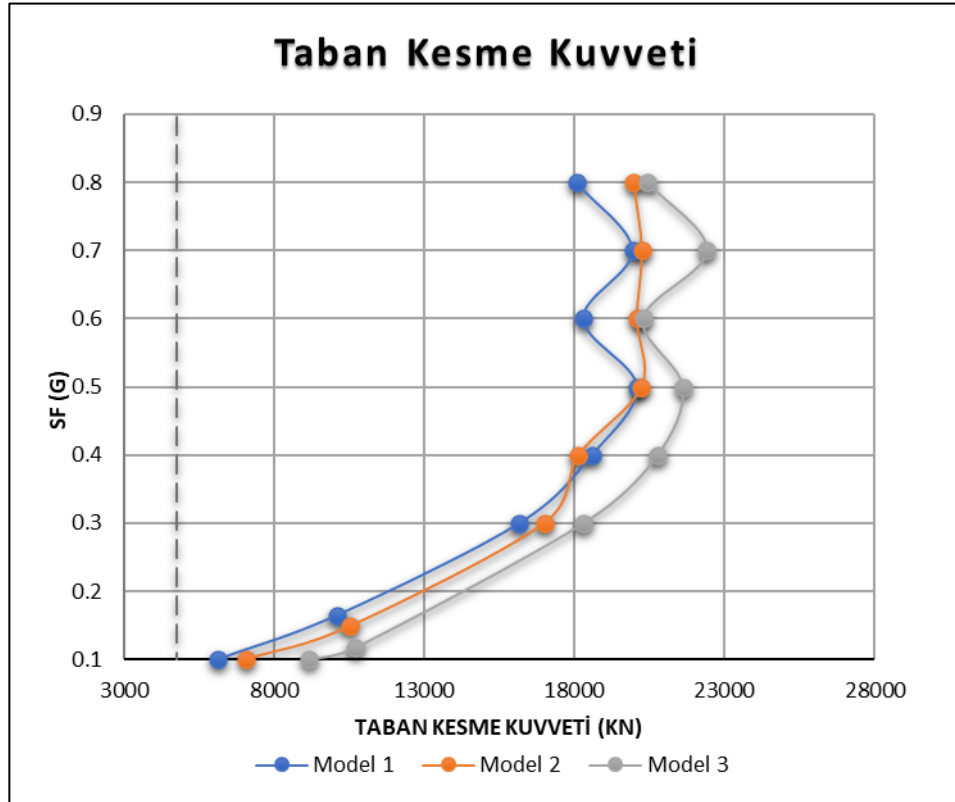
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.606 | 5.95 | 0.1 | 0.671 | 6.58 | 0.1 | 0.855 | 8.38 |
| 0.165 | 1.000 | 9.81 | 0.149 | 1.000 | 9.81 | 0.117 | 1.000 | 9.81 |
| 0.3 | 1.818 | 17.84 | 0.3 | 2.013 | 19.75 | 0.3 | 2.564 | 25.15 |
| 0.4 | 2.424 | 23.78 | 0.4 | 2.685 | 26.34 | 0.4 | 3.419 | 33.54 |
| 0.5 | 3.030 | 29.73 | 0.5 | 3.356 | 32.92 | 0.5 | 4.274 | 41.92 |
| 0.6 | 3.636 | 35.67 | 0.6 | 4.027 | 39.50 | 0.6 | 5.128 | 50.31 |
| 0.7 | 4.242 | 41.62 | 0.7 | 4.698 | 46.09 | 0.7 | 5.983 | 58.69 |
| 0.8 | 4.848 | 47.56 | 0.8 | 5.369 | 52.67 | 0.8 | 6.838 | 67.08 |



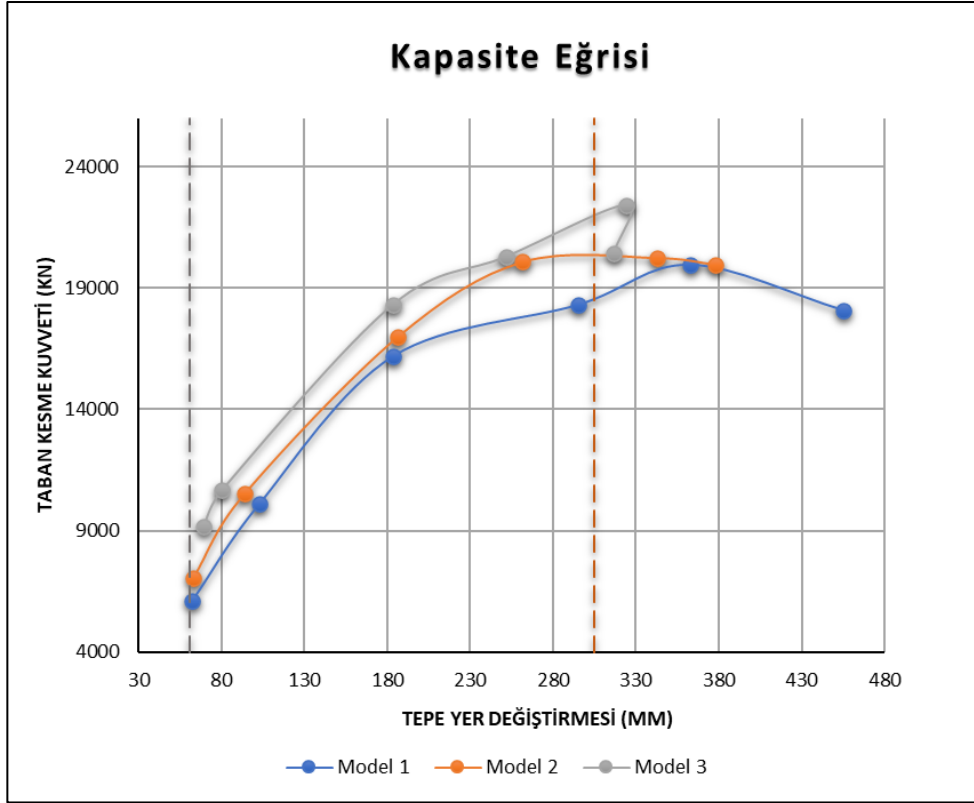
Şekil 4.58: El Centro depremi 9 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



şekil 4.59: El Centro depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

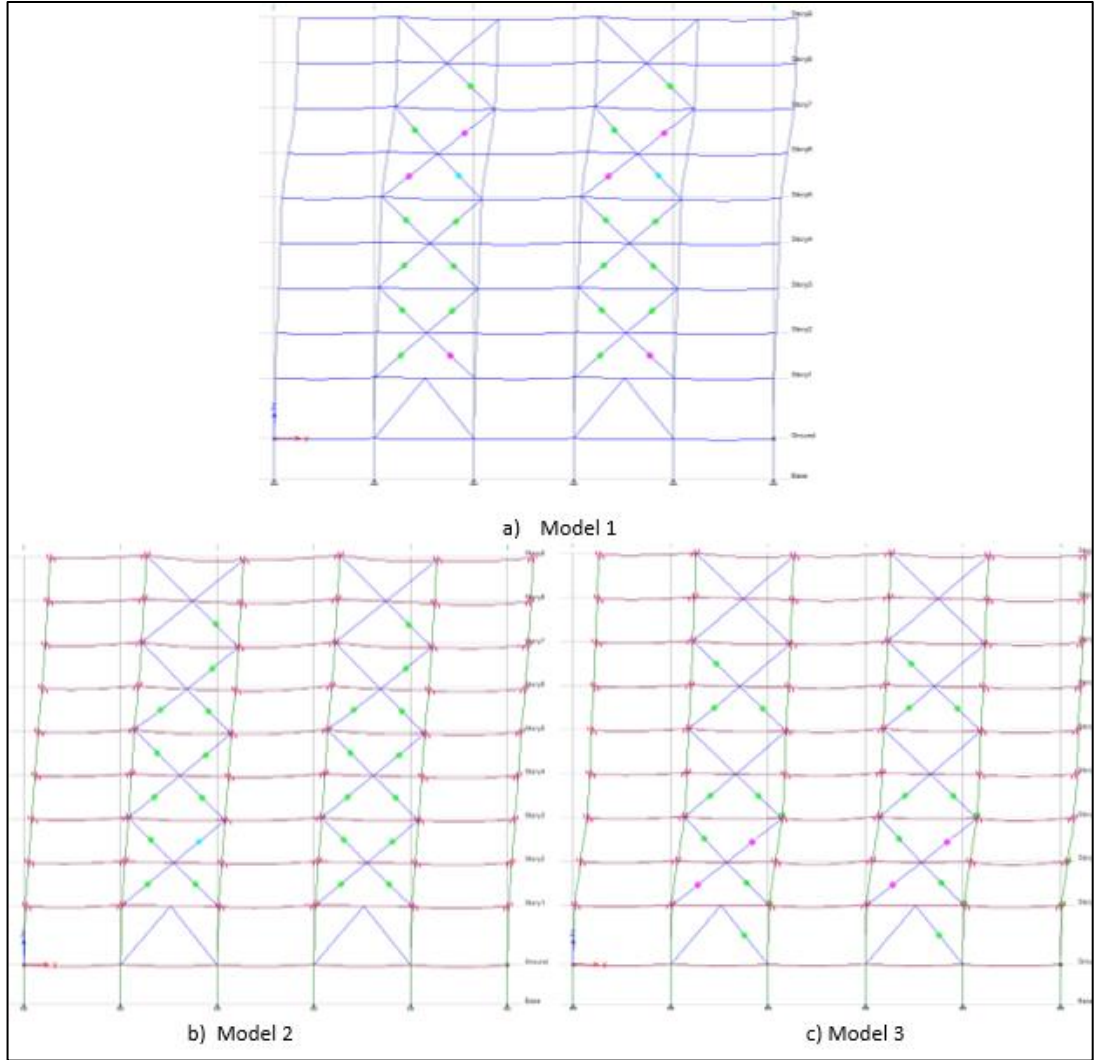


şekil 4.60: El Centro depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.61: El Centro depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırması 0.4g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.62’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.62: El Centro depremi 9 katlı yapı için plastik mafsal karşılaştırması.

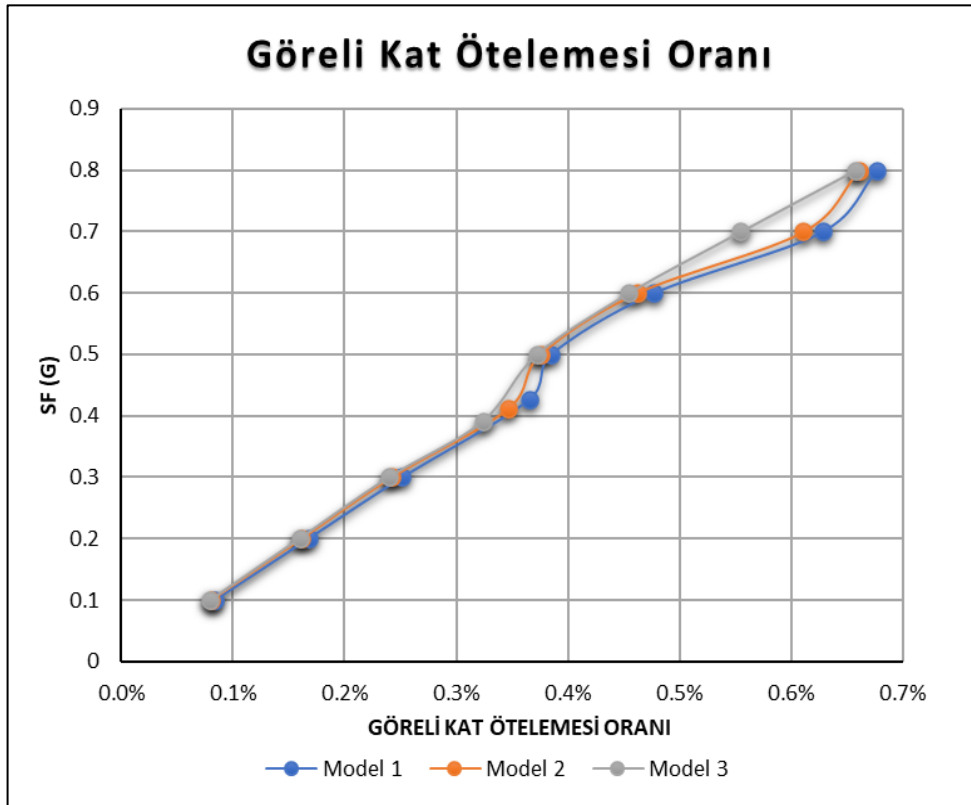
4.5.3. Chuetsu Depremi

4.5.3.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

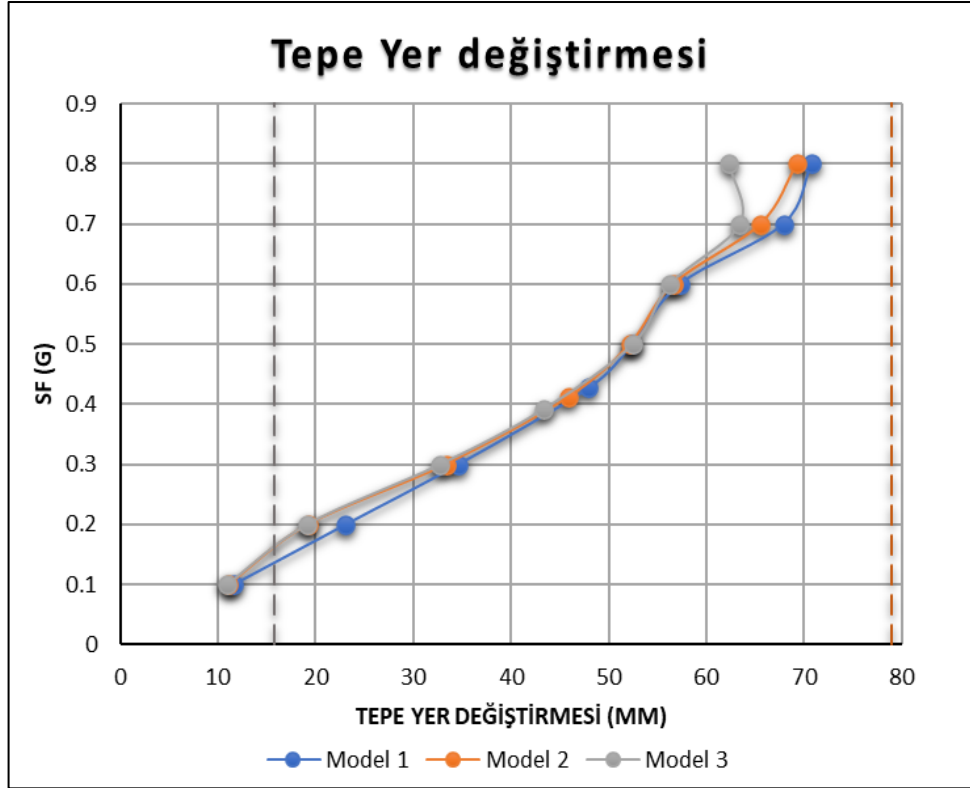
Bu bölümde Chuetsu depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.9: Chuetsu depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

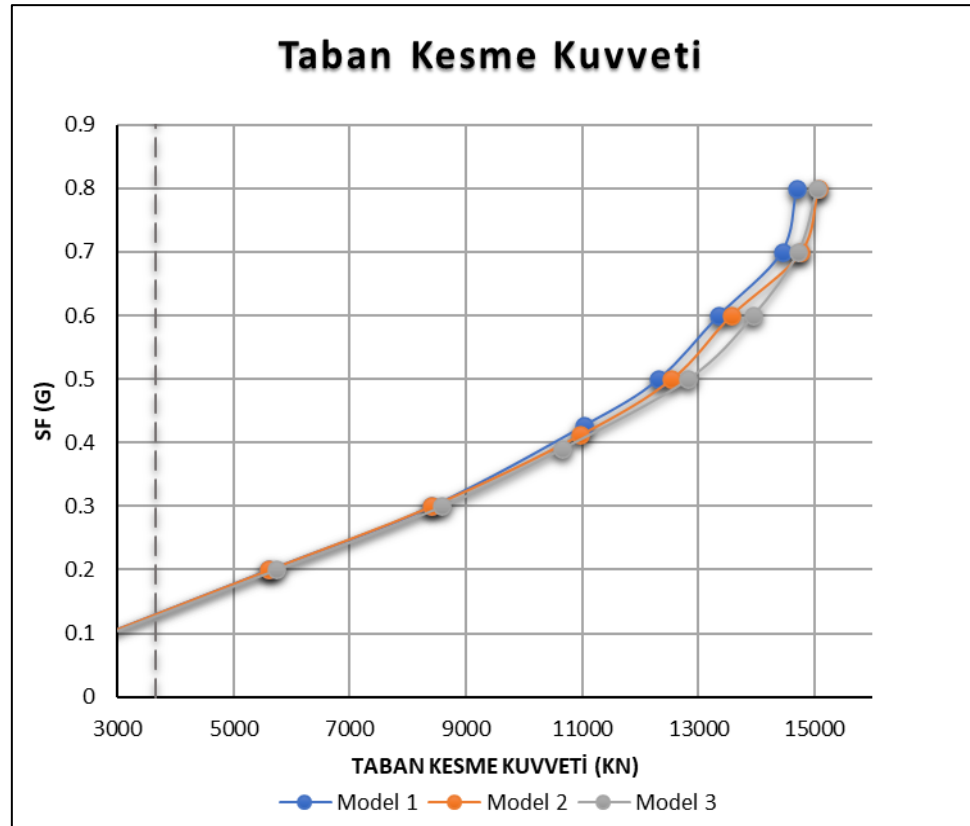
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.234 | 2.30 | 0.1 | 0.243 | 2.38 | 0.1 | 0.256 | 2.51 |
| 0.2 | 0.468 | 4.59 | 0.2 | 0.485 | 4.76 | 0.2 | 0.512 | 5.02 |
| 0.3 | 0.703 | 6.89 | 0.3 | 0.728 | 7.14 | 0.3 | 0.767 | 7.53 |
| 0.427 | 1.000 | 9.81 | 0.412 | 1.000 | 9.81 | 0.391 | 1.000 | 9.81 |
| 0.5 | 1.171 | 11.49 | 0.5 | 1.214 | 11.91 | 0.5 | 1.279 | 12.54 |
| 0.6 | 1.405 | 13.78 | 0.6 | 1.456 | 14.29 | 0.6 | 1.535 | 15.05 |
| 0.7 | 1.639 | 16.08 | 0.7 | 1.699 | 16.67 | 0.7 | 1.790 | 17.56 |
| 0.8 | 1.874 | 18.38 | 0.8 | 1.942 | 19.05 | 0.8 | 2.046 | 20.07 |



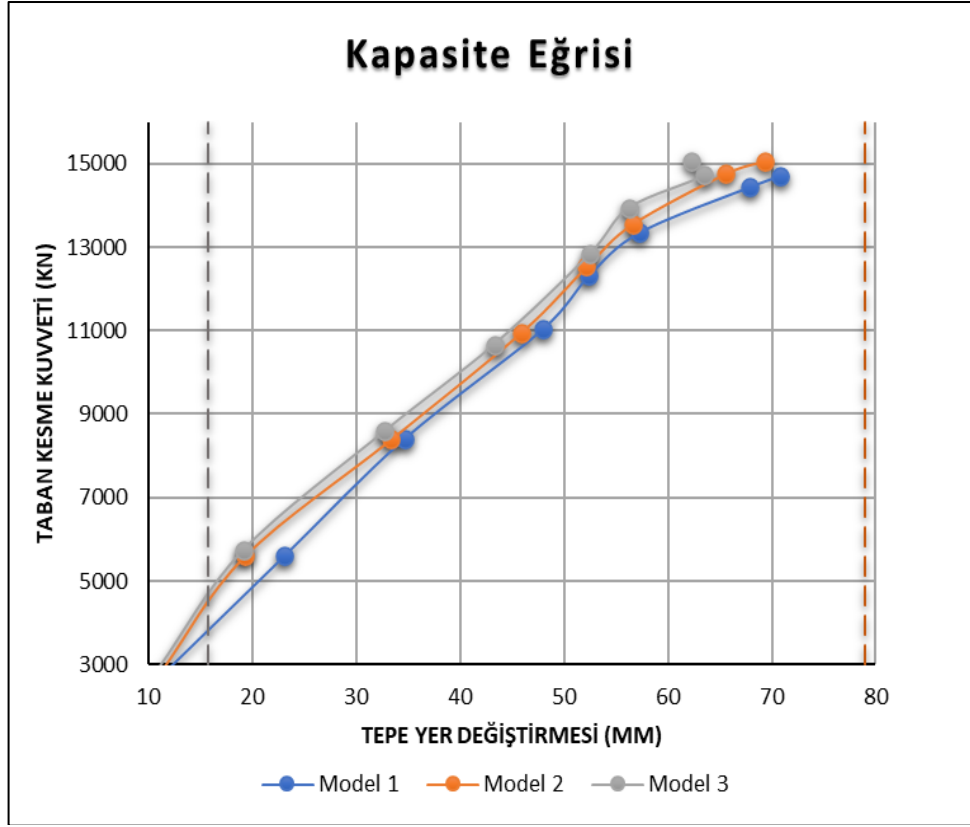
Şekil 4.63: Chuetsu depremi 4 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.64: Chuetsu depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

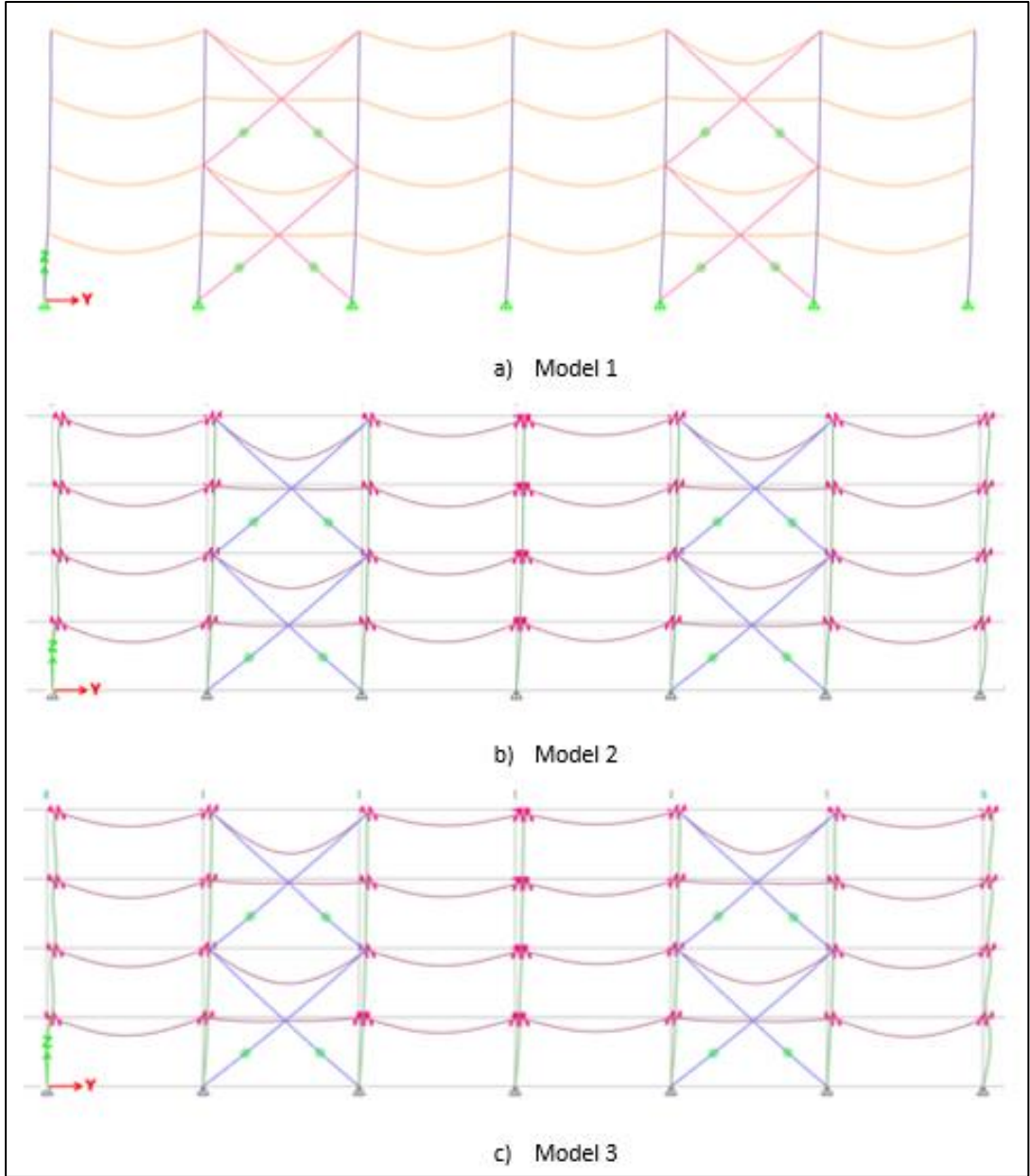


Şekil 4.65: Chuetsu depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.66: Chuetsu depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırması 0.5g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.67’de bu karşılaştırma görülmektedir.



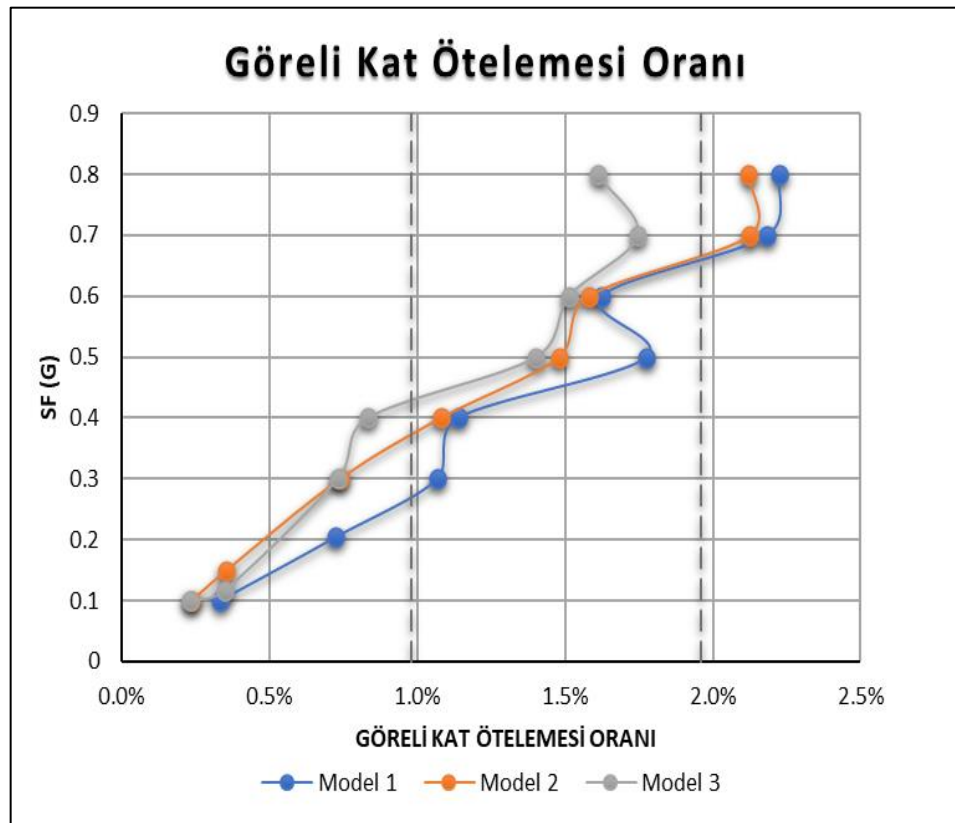
Şekil 4.67: Chuetsu depremi 4 katlı yapı için plastik mafsall karşılaştırması.

4.5.3.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

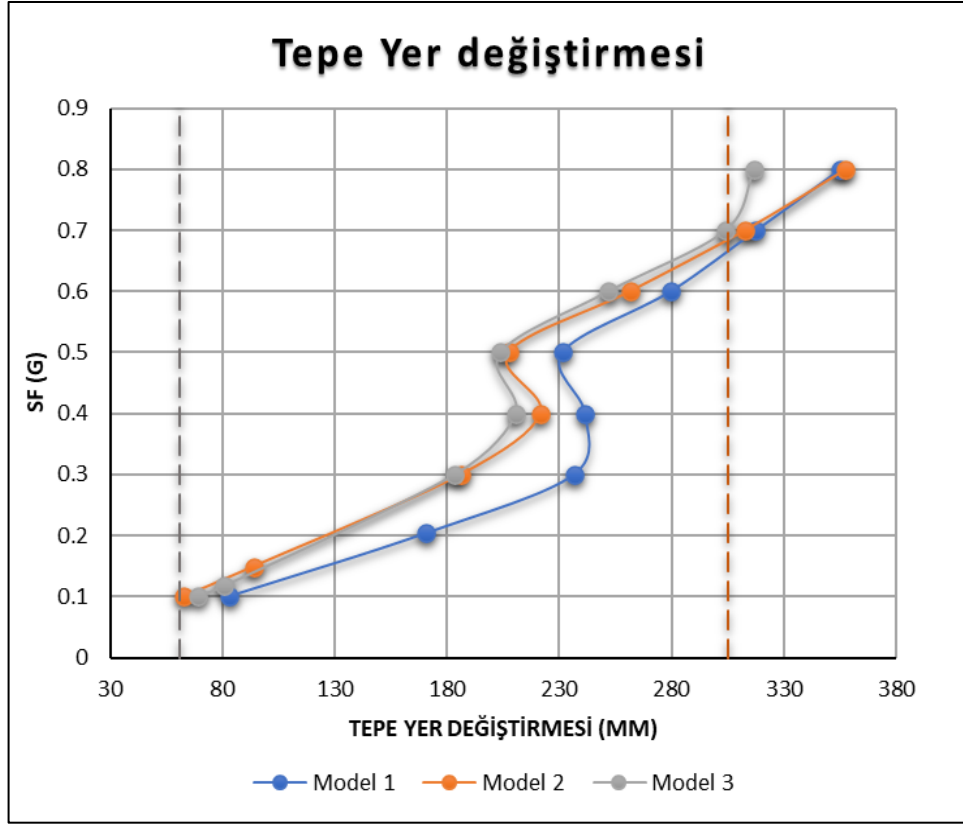
Bu bölümde Chuetsu depremine göre 9 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.10: Chuetsu depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

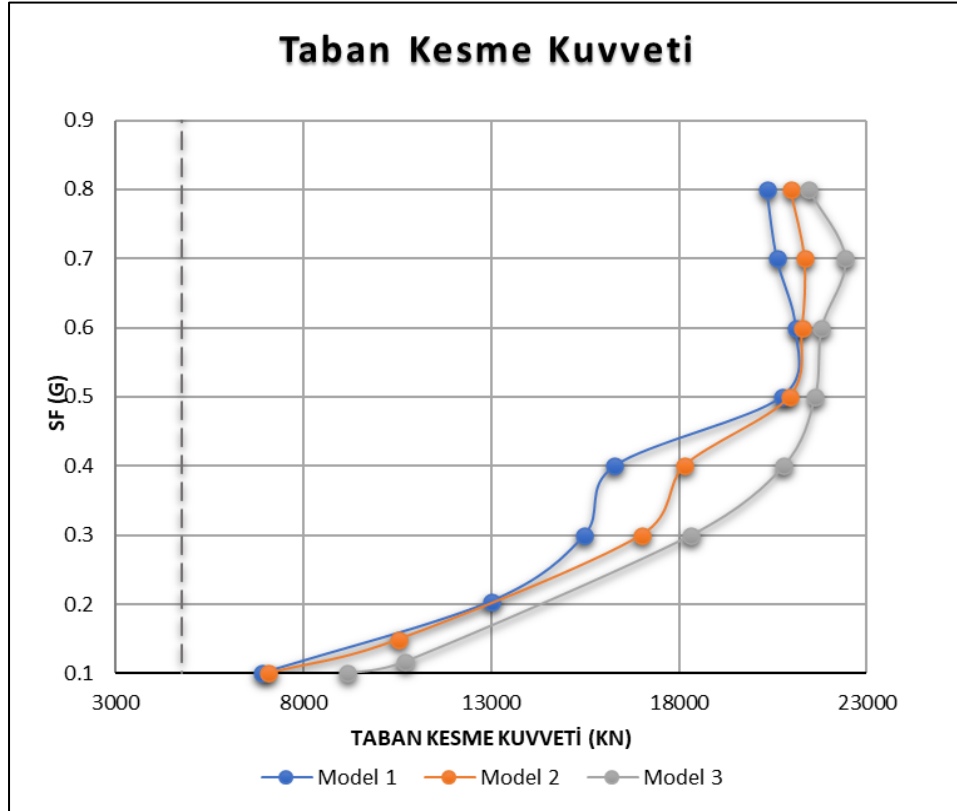
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.490 | 4.81 | 0.1 | 0.465 | 4.56 | 0.1 | 0.485 | 4.76 |
| 0.204 | 1.000 | 9.81 | 0.215 | 1.000 | 9.81 | 0.206 | 1.000 | 9.81 |
| 0.3 | 1.471 | 14.43 | 0.3 | 1.395 | 13.69 | 0.3 | 1.456 | 14.29 |
| 0.4 | 1.961 | 19.24 | 0.4 | 1.860 | 18.25 | 0.4 | 1.942 | 19.05 |
| 0.5 | 2.451 | 24.04 | 0.5 | 2.326 | 22.81 | 0.5 | 2.427 | 23.81 |
| 0.6 | 2.941 | 28.85 | 0.6 | 2.791 | 27.38 | 0.6 | 2.913 | 28.57 |
| 0.7 | 3.431 | 33.66 | 0.7 | 3.256 | 31.94 | 0.7 | 3.398 | 33.33 |
| 0.8 | 3.922 | 38.47 | 0.8 | 3.721 | 36.50 | 0.8 | 3.883 | 38.10 |



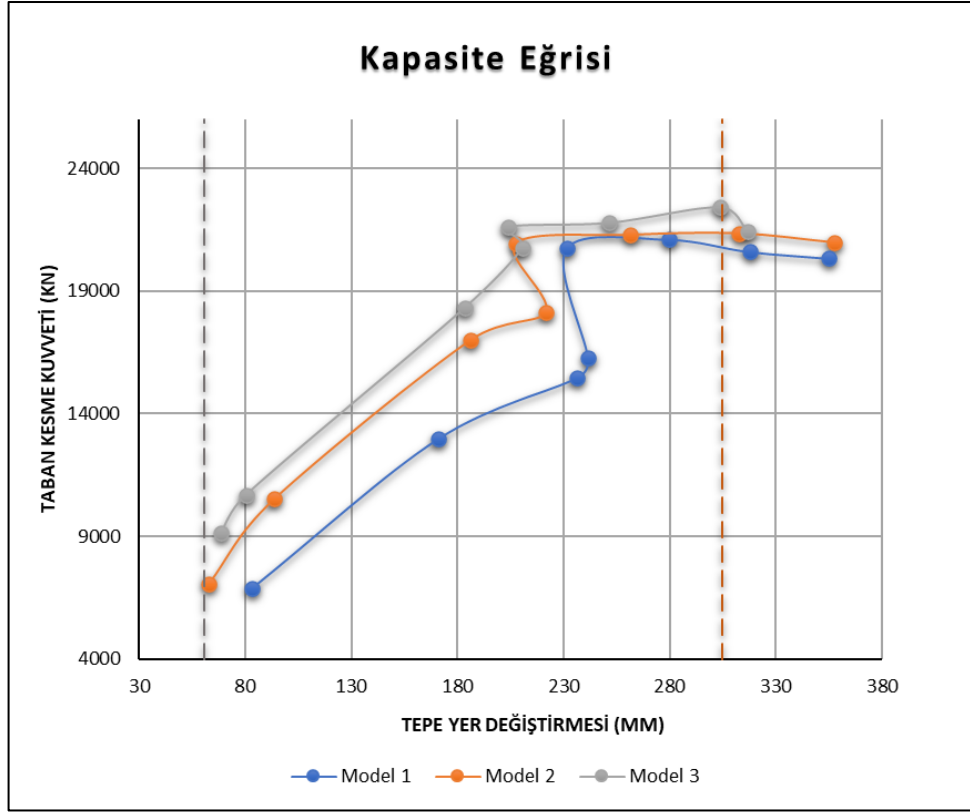
Şekil 4.68: Chuetsu depremi 9 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.69: Chuetsu depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

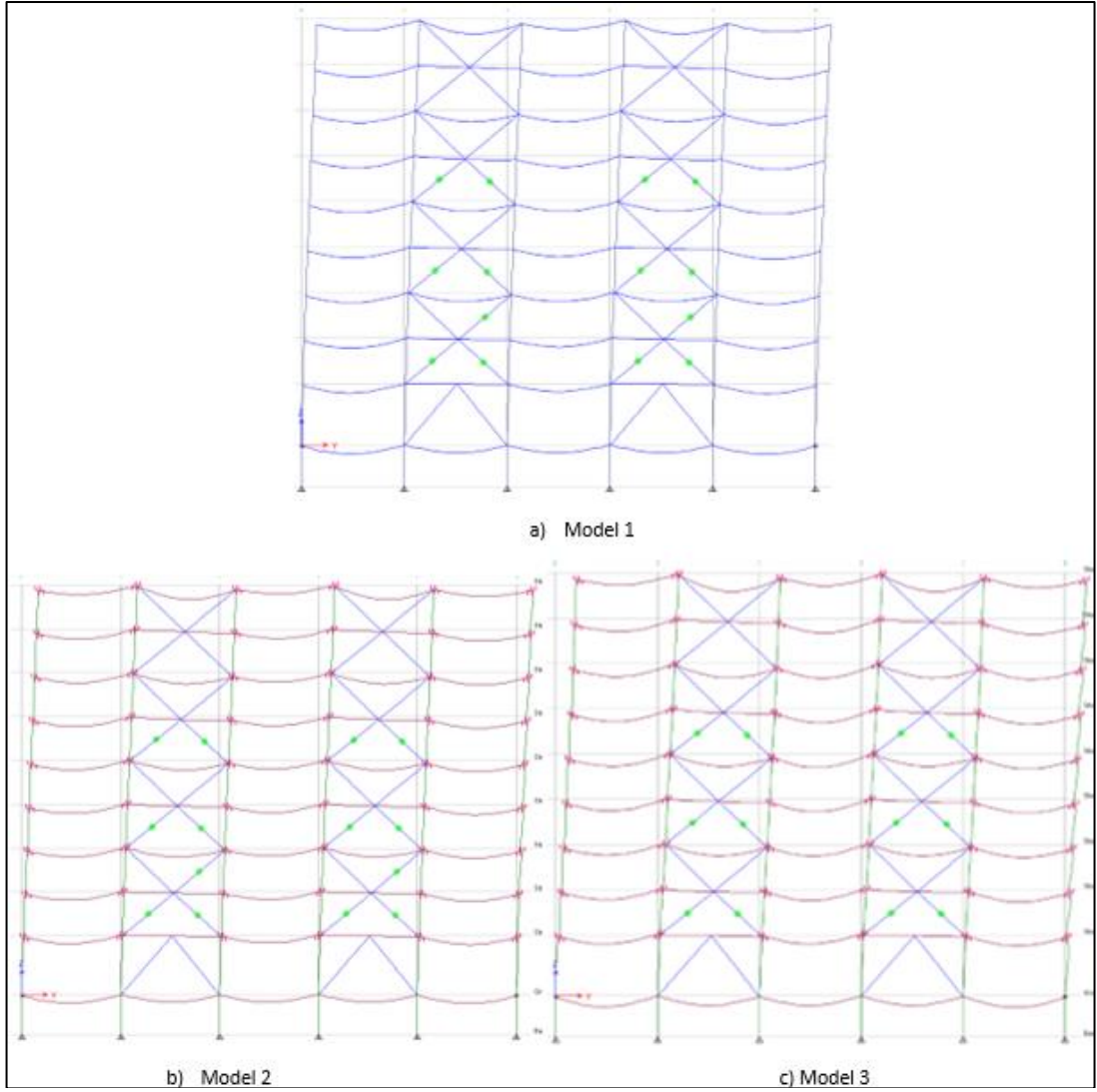


Şekil 4.70: Chuetsu depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.71: Chuetsu depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.2g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.72’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.72: Chuetsu depremi 9 katlı yapı için plastik mafsal karşılaştırması.

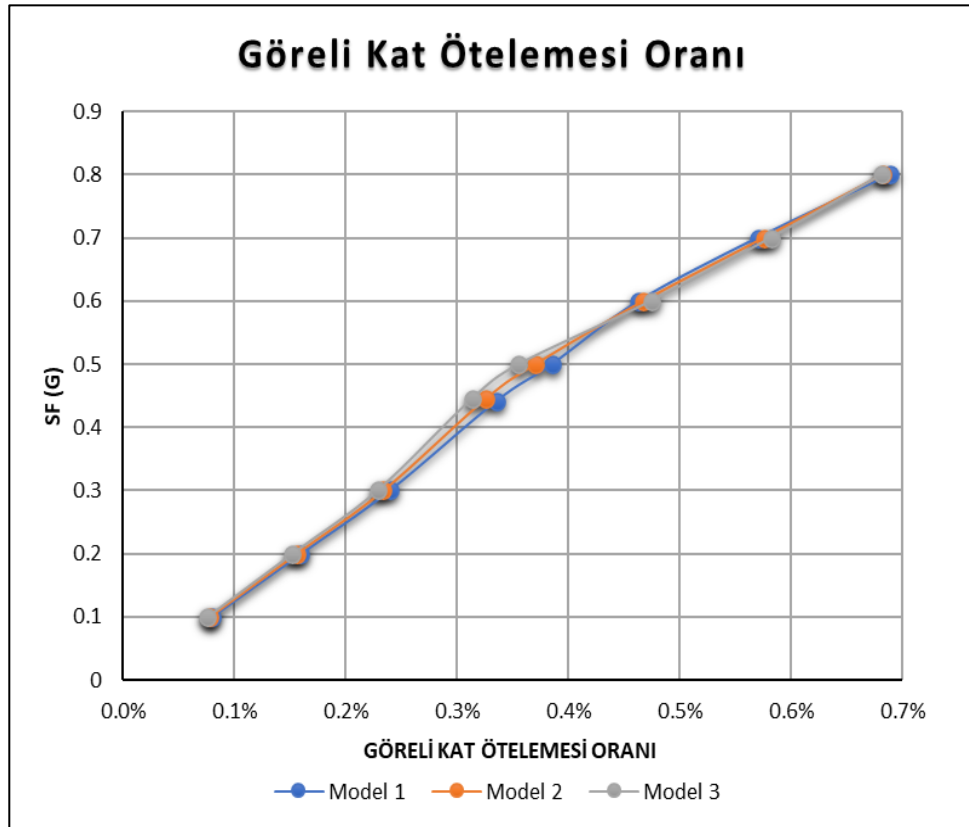
4.5.4. Parkfield Depremi

4.5.4.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

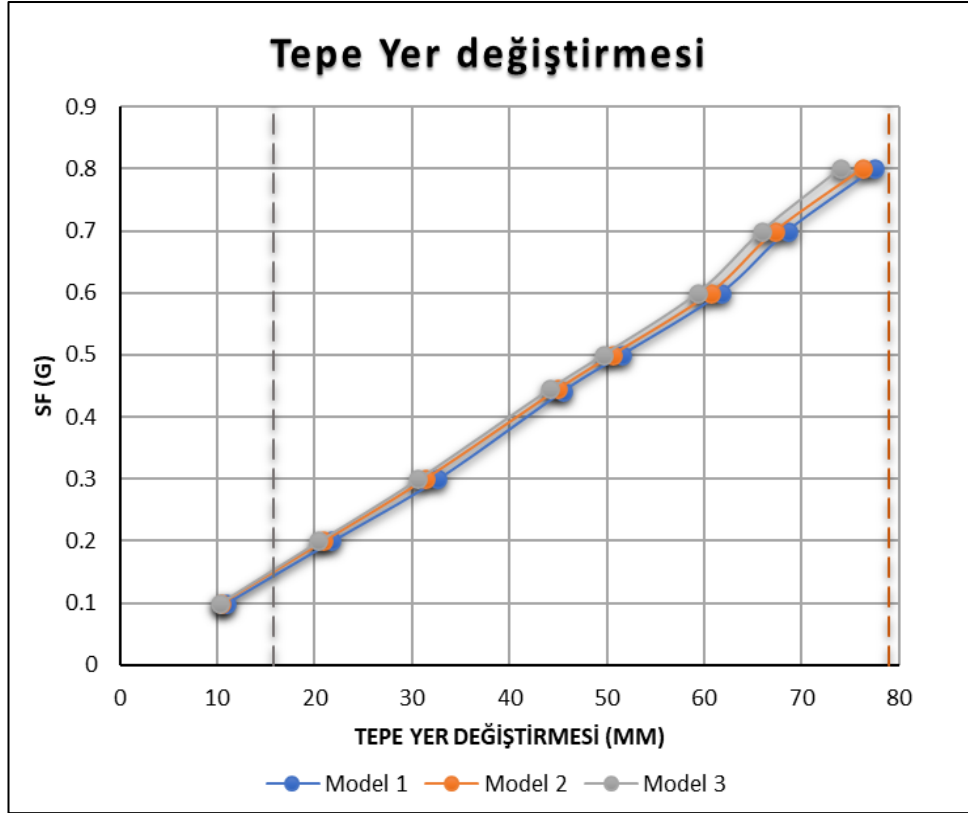
Bu bölümde Parkfield depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.11: Parkfield depremi 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

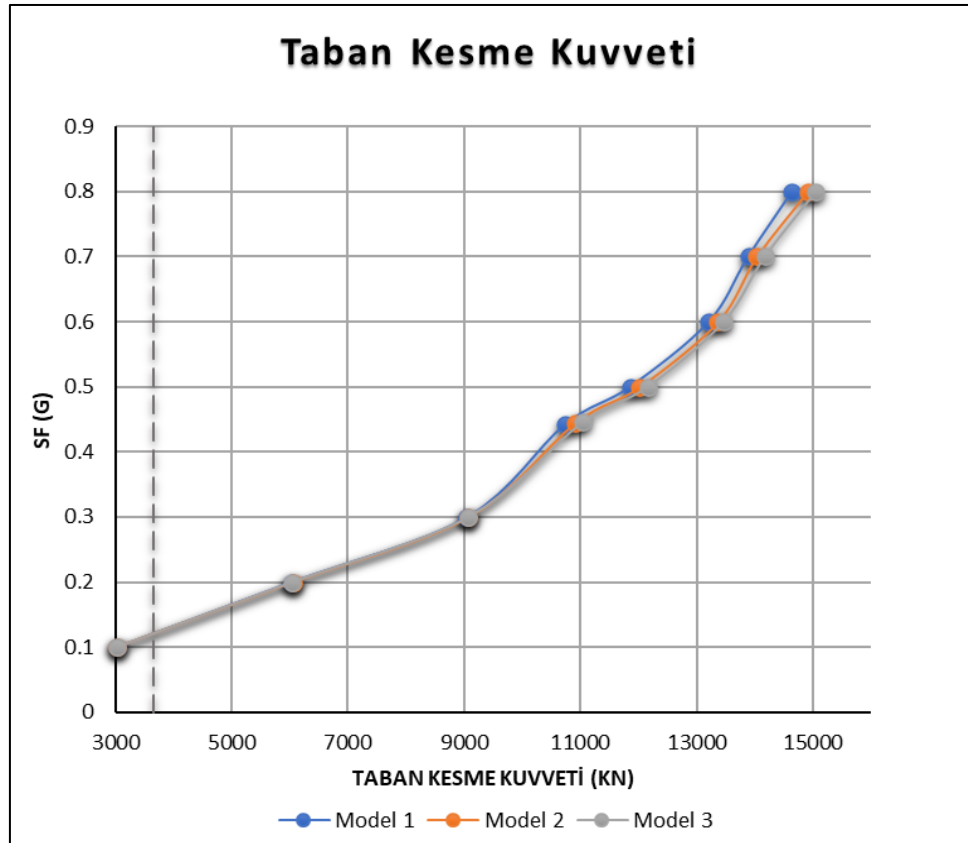
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.226 | 2.22 | 0.1 | 0.225 | 2.20 | 0.1 | 0.224 | 2.20 |
| 0.2 | 0.452 | 4.44 | 0.2 | 0.449 | 4.41 | 0.2 | 0.449 | 4.40 |
| 0.3 | 0.679 | 6.66 | 0.3 | 0.674 | 6.61 | 0.3 | 0.673 | 6.61 |
| 0.442 | 1.000 | 9.81 | 0.445 | 1.000 | 9.81 | 0.4455 | 1.000 | 9.81 |
| 0.5 | 1.131 | 11.10 | 0.5 | 1.124 | 11.02 | 0.5 | 1.122 | 11.01 |
| 0.6 | 1.357 | 13.32 | 0.6 | 1.348 | 13.23 | 0.6 | 1.347 | 13.21 |
| 0.7 | 1.584 | 15.54 | 0.7 | 1.573 | 15.43 | 0.7 | 1.571 | 15.41 |
| 0.8 | 1.810 | 17.76 | 0.8 | 1.798 | 17.64 | 0.8 | 1.796 | 17.62 |



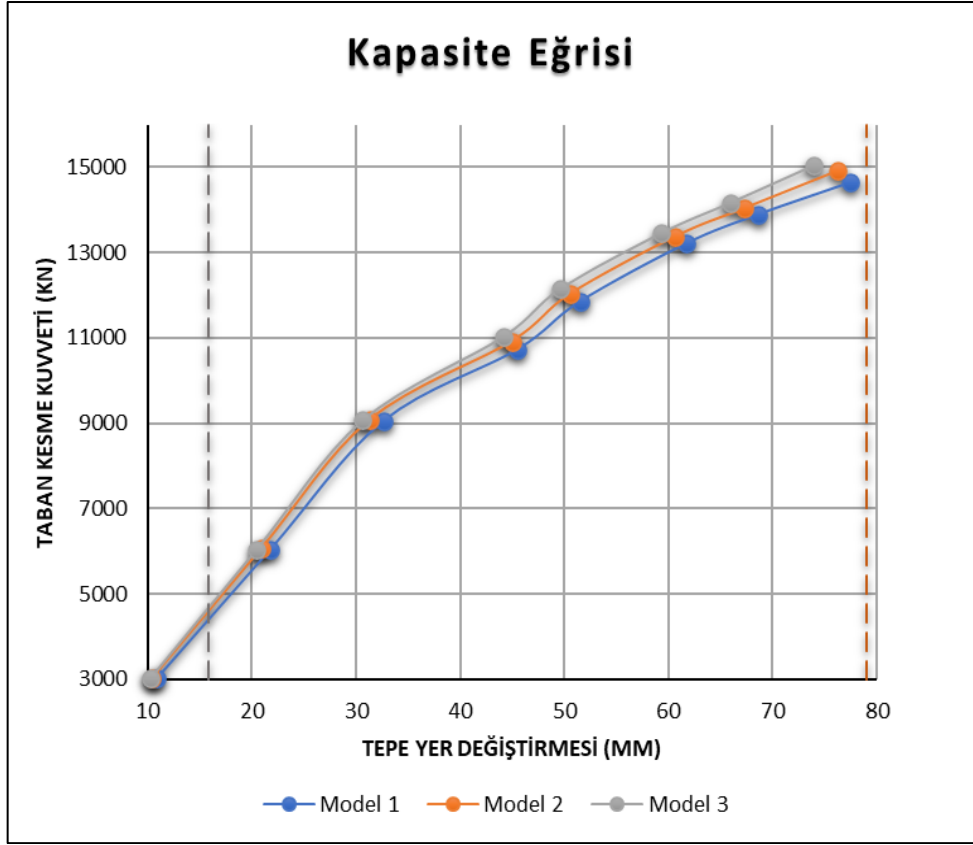
Şekil 4.73: Parkfield depremi 4 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.74: Parkfield depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

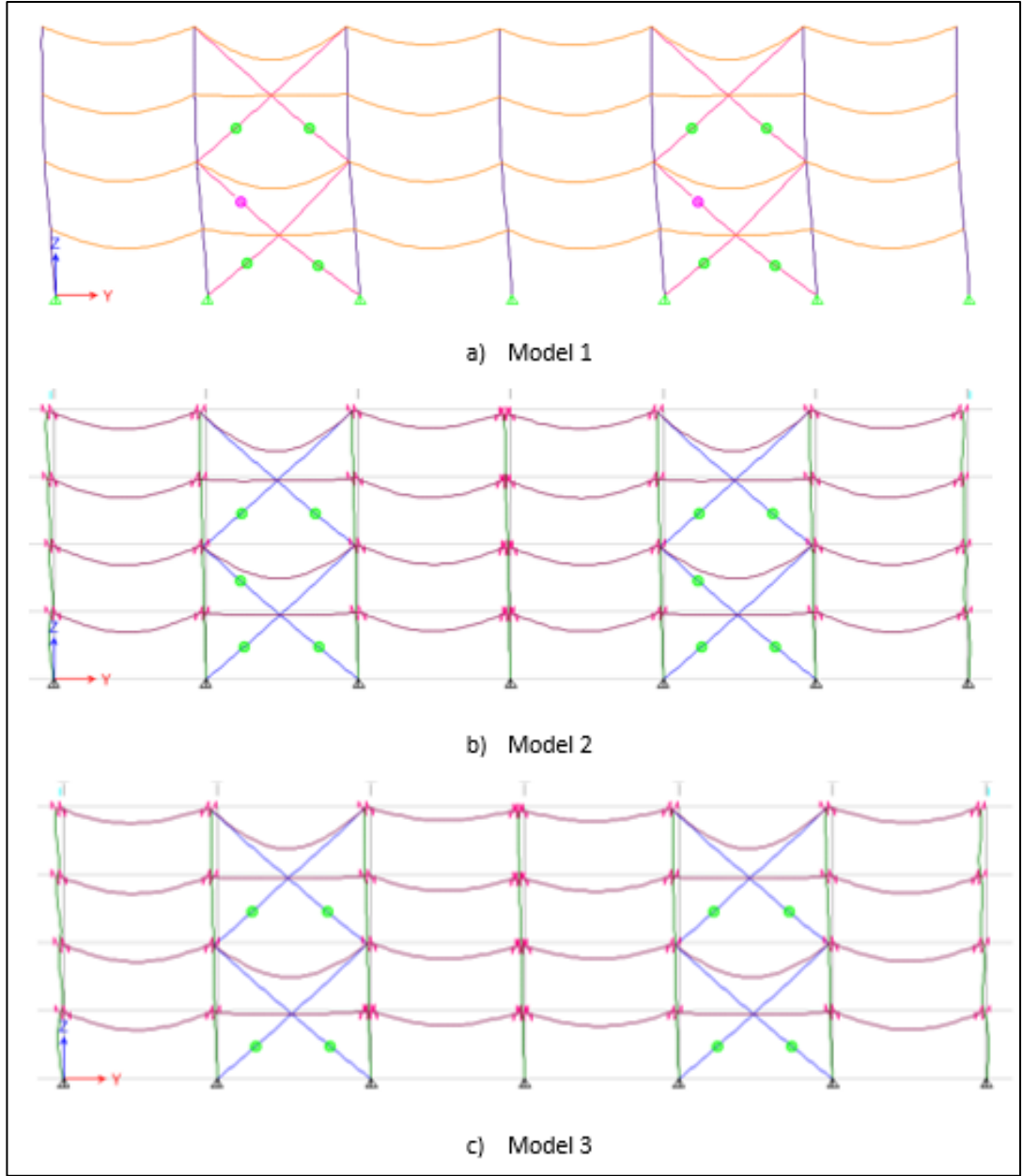


Şekil 4.75: Parkfield depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.76: Parkfield depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırması 0.6g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.77’de bu karşılaştırma görülmektedir.



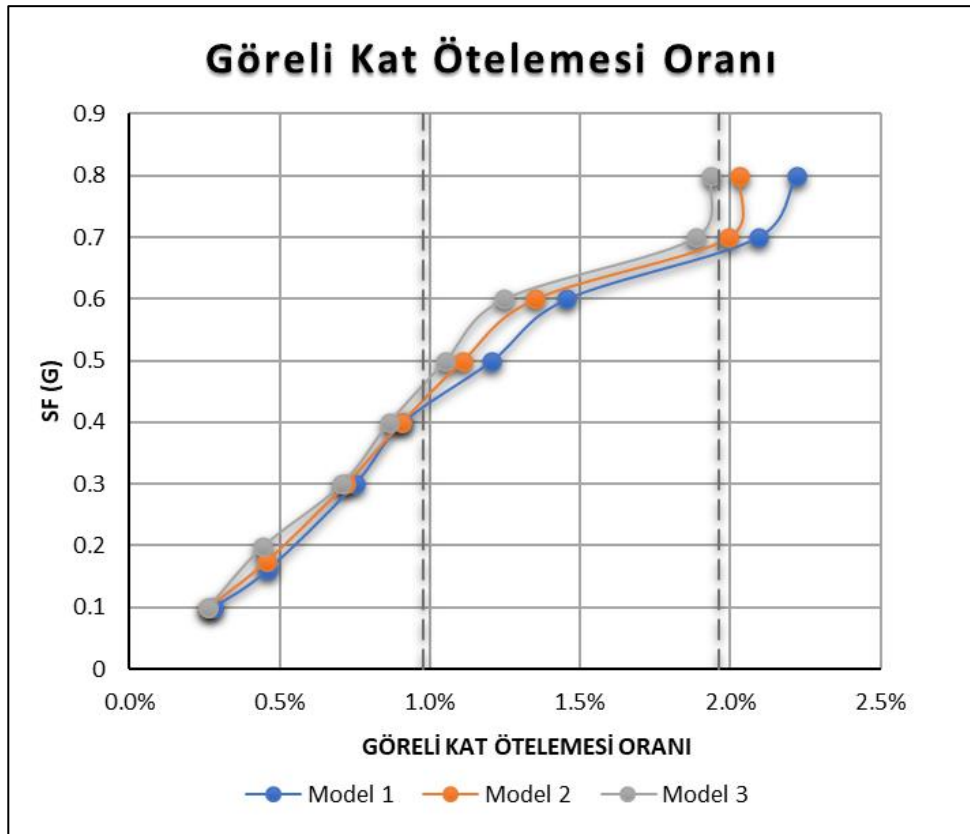
Şekil 4.77: Parkfield depremi 4 katlı yapı için plastik mafsalları karşılaştırması.

4.5.4.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

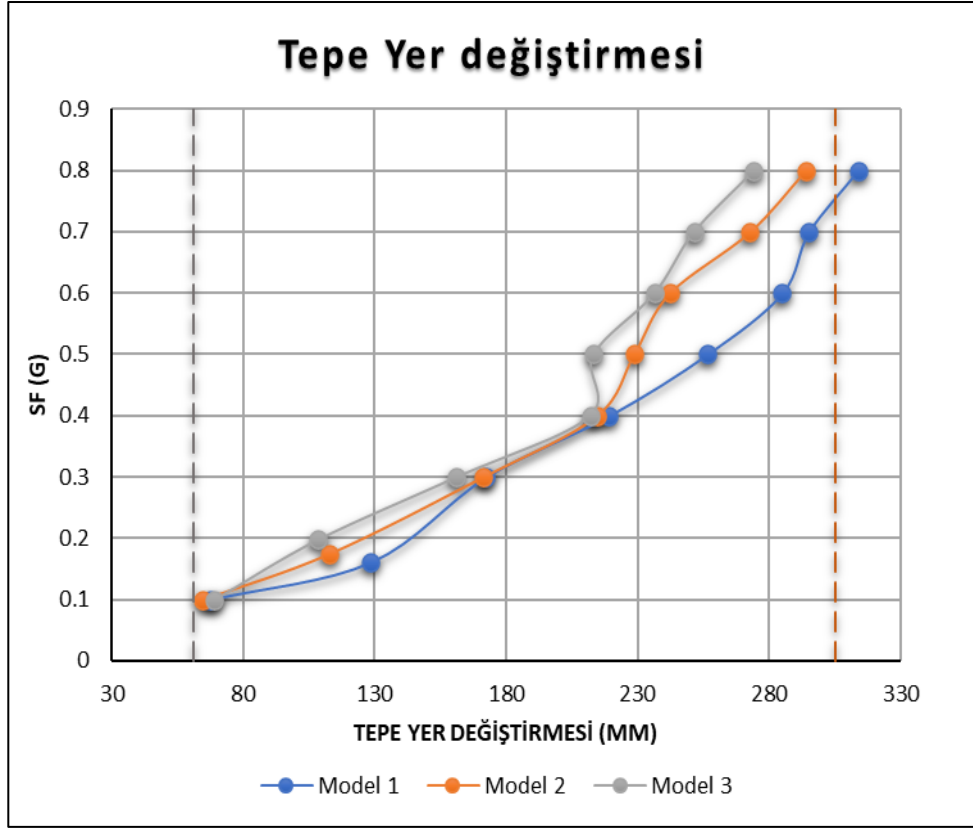
Bu bölümde Parkfield depremine göre 9 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.12: Parkfield depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

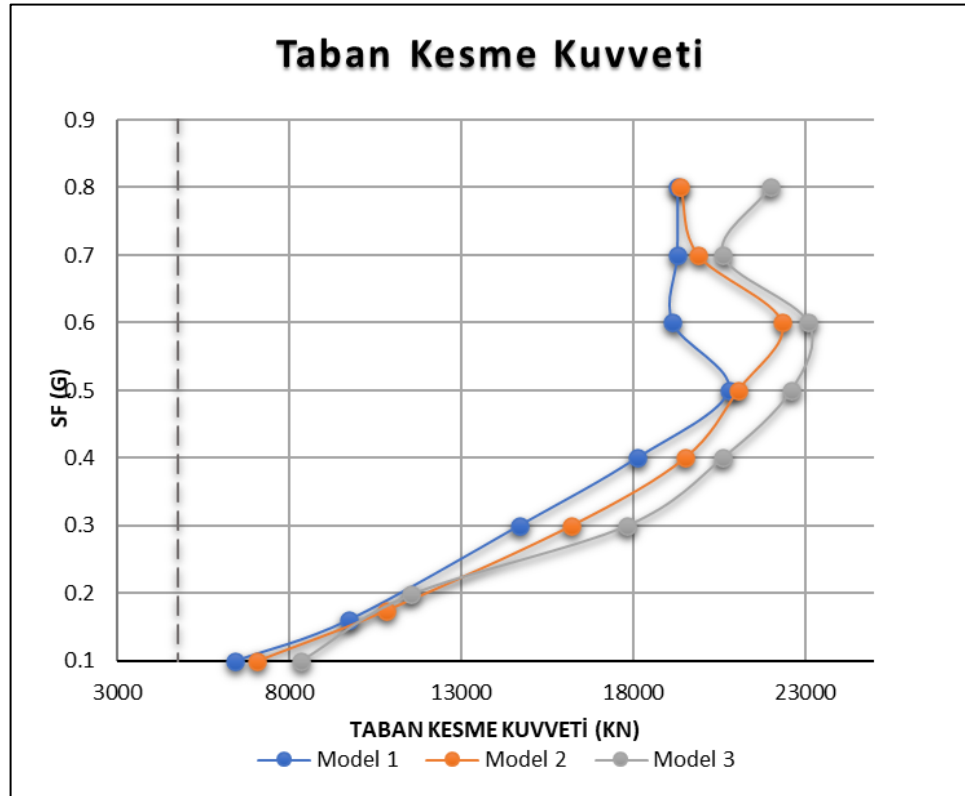
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.621 | 6.09 | 0.1 | 0.571 | 5.61 | 0.1 | 0.505 | 4.95 |
| 0.161 | 1.000 | 9.81 | 0.175 | 1.000 | 9.81 | 0.198 | 1.000 | 9.81 |
| 0.3 | 1.863 | 18.28 | 0.3 | 1.714 | 16.82 | 0.3 | 1.515 | 14.86 |
| 0.4 | 2.484 | 24.37 | 0.4 | 2.286 | 22.42 | 0.4 | 2.020 | 19.82 |
| 0.5 | 3.106 | 30.47 | 0.5 | 2.857 | 28.03 | 0.5 | 2.525 | 24.77 |
| 0.6 | 3.727 | 36.56 | 0.6 | 3.429 | 33.63 | 0.6 | 3.030 | 29.73 |
| 0.7 | 4.348 | 42.65 | 0.7 | 4.000 | 39.24 | 0.7 | 3.535 | 34.68 |
| 0.8 | 4.969 | 48.75 | 0.8 | 4.571 | 44.85 | 0.8 | 4.040 | 39.64 |



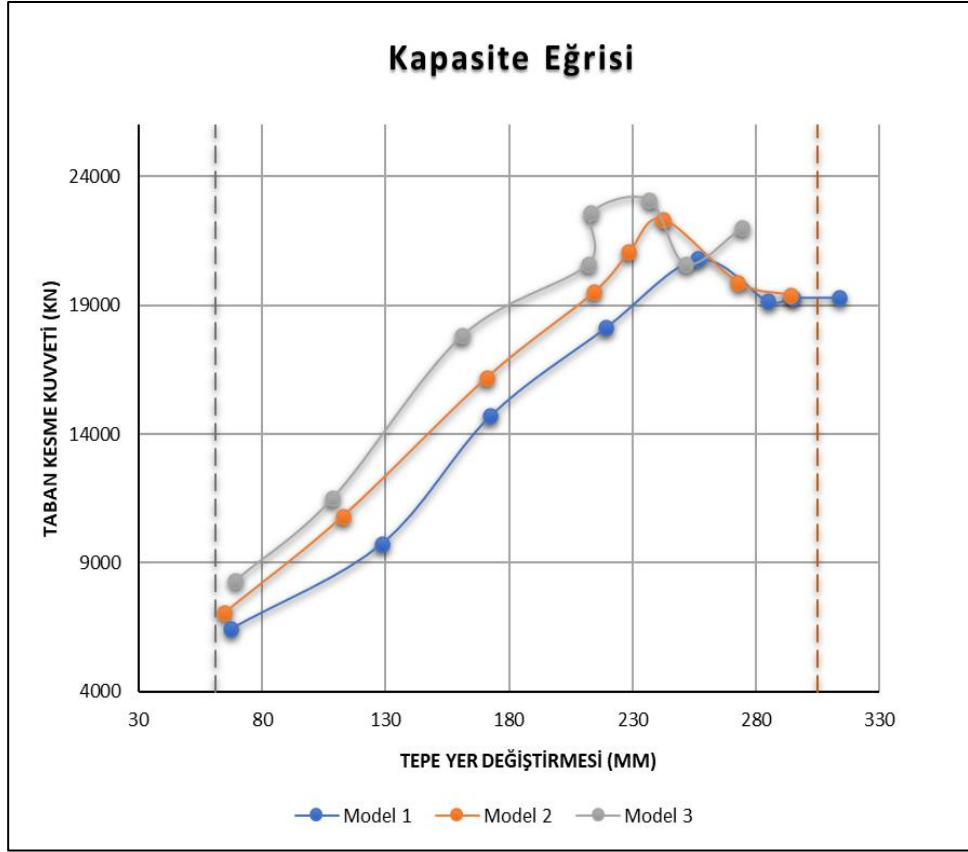
Şekil 4.78: Parkfield depremi 9 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.79: Parkfield depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

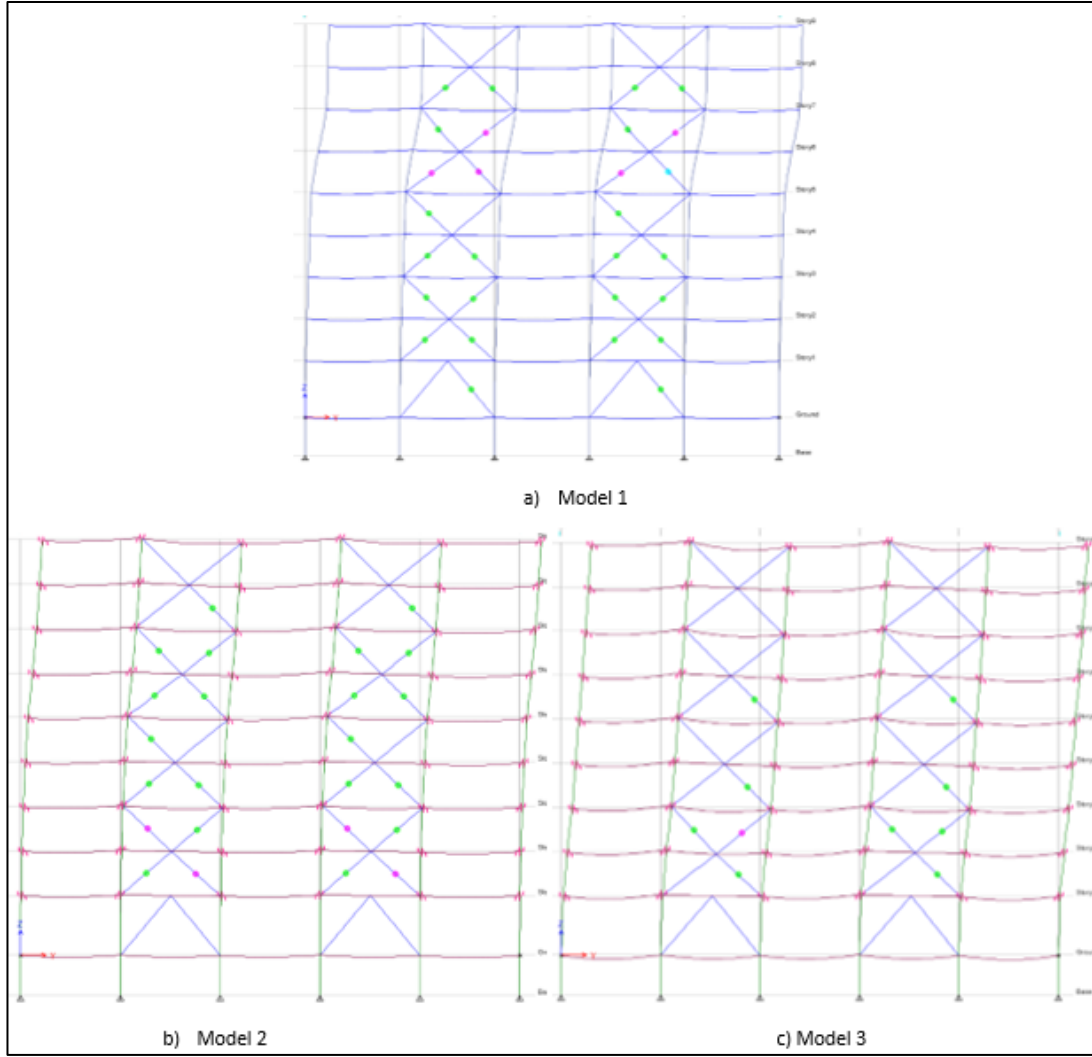


Şekil 4.80: Parkfield depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.81: Parkfield depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.5g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.82’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.82: Parkfield depremi 9 katlı yapı için plastik mafsalları karşılaştırması.

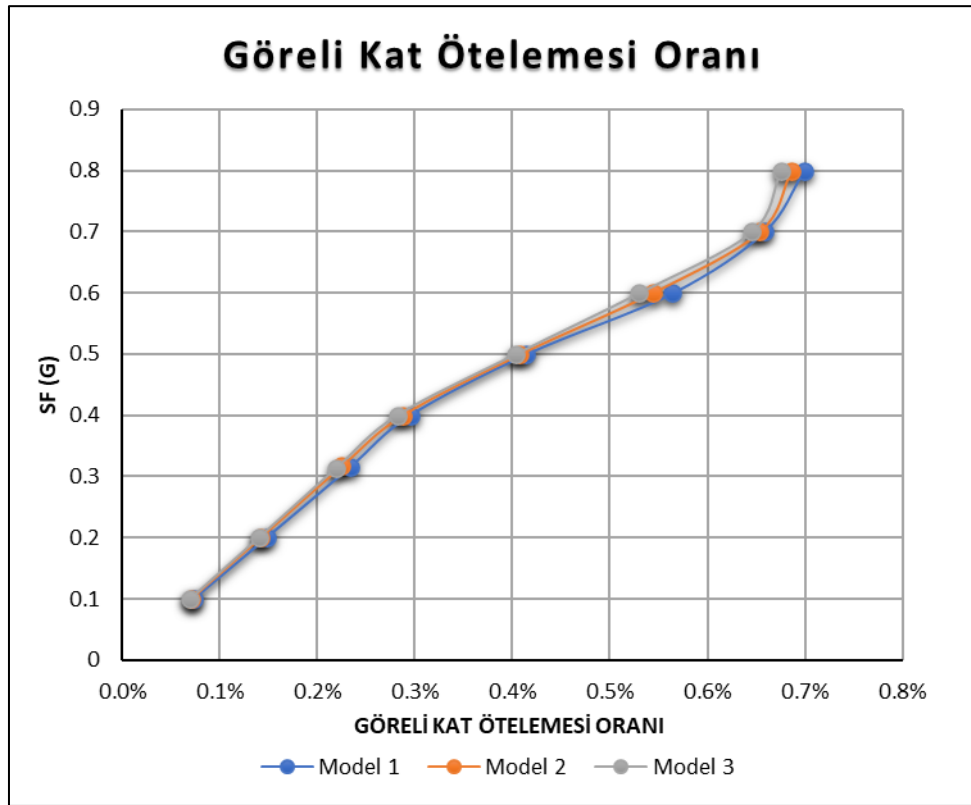
4.5.5. Loma Prieta Depremi

4.5.5.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

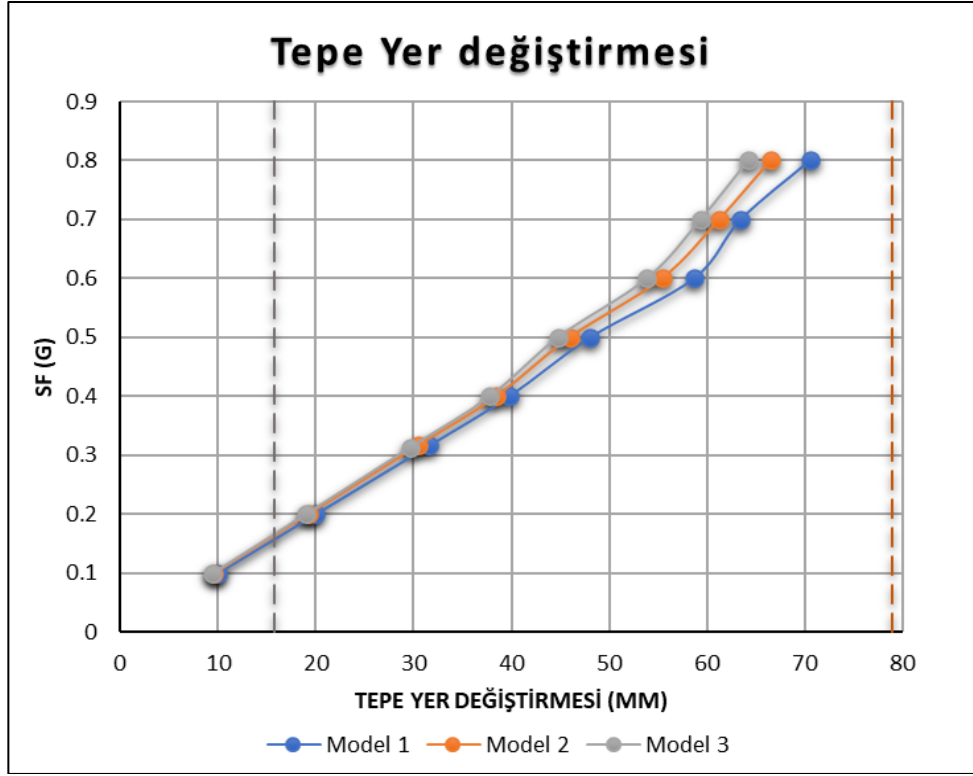
Bu bölümde Loma Prieta depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.13: Loma Prieta depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

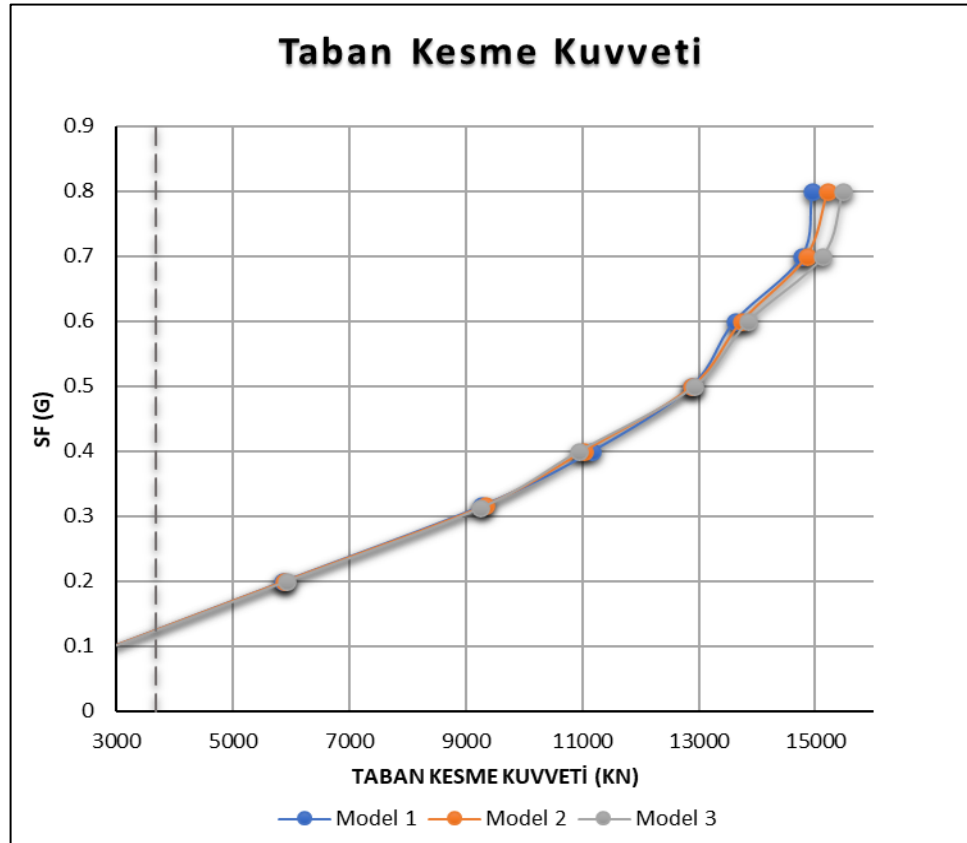
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.316 | 3.10 | 0.1 | 0.315 | 3.09 | 0.1 | 0.319 | 3.13 |
| 0.2 | 0.633 | 6.21 | 0.2 | 0.631 | 6.19 | 0.2 | 0.639 | 6.27 |
| 0.316 | 1.000 | 9.81 | 0.317 | 1.000 | 9.81 | 0.313 | 1.000 | 9.81 |
| 0.4 | 1.266 | 12.42 | 0.4 | 1.262 | 12.38 | 0.4 | 1.278 | 12.54 |
| 0.5 | 1.582 | 15.52 | 0.5 | 1.577 | 15.47 | 0.5 | 1.597 | 15.67 |
| 0.6 | 1.899 | 18.63 | 0.6 | 1.893 | 18.57 | 0.6 | 1.917 | 18.81 |
| 0.7 | 2.215 | 21.73 | 0.7 | 2.208 | 21.66 | 0.7 | 2.236 | 21.94 |
| 0.8 | 2.532 | 24.84 | 0.8 | 2.524 | 24.76 | 0.8 | 2.556 | 25.07 |



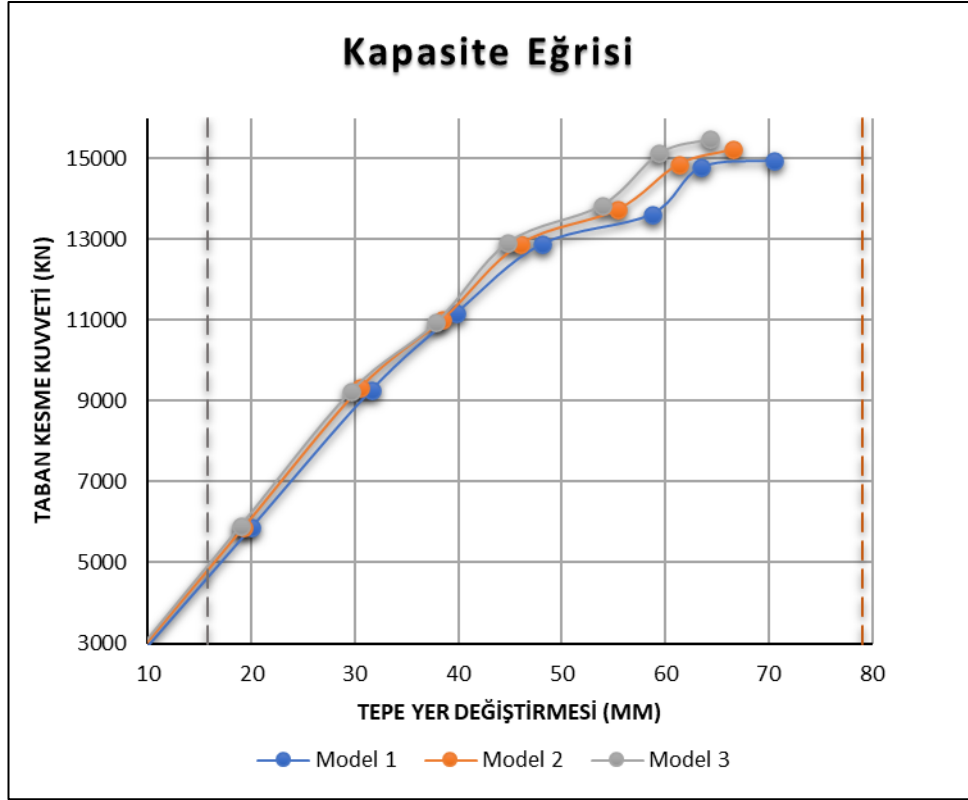
Şekil 4.83: Loma Prieta depremi için 4 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.84: Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

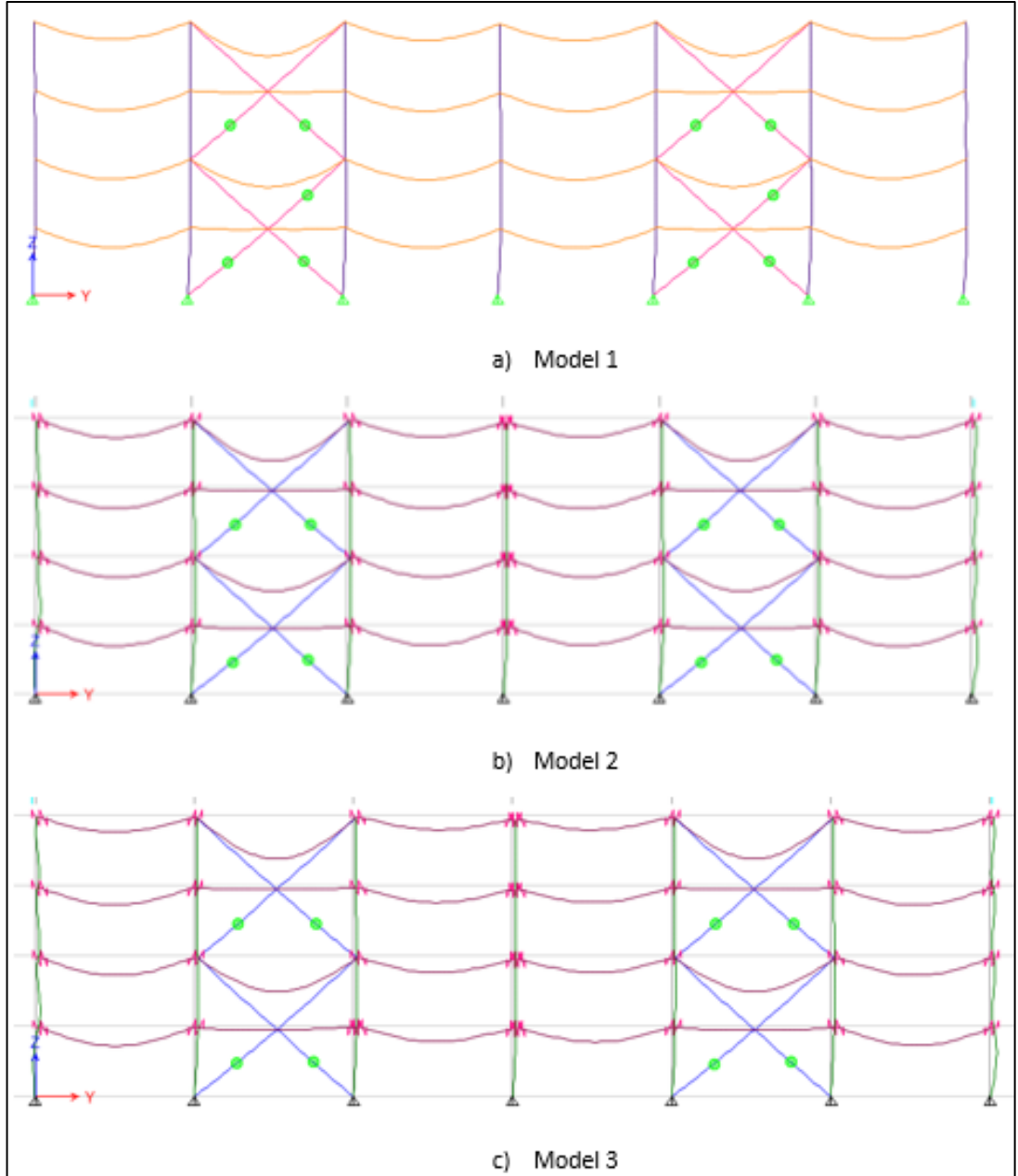


Şekil 4.85: Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.86: Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırması 0.6g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.87’de bu karşılaştırma görülmektedir.



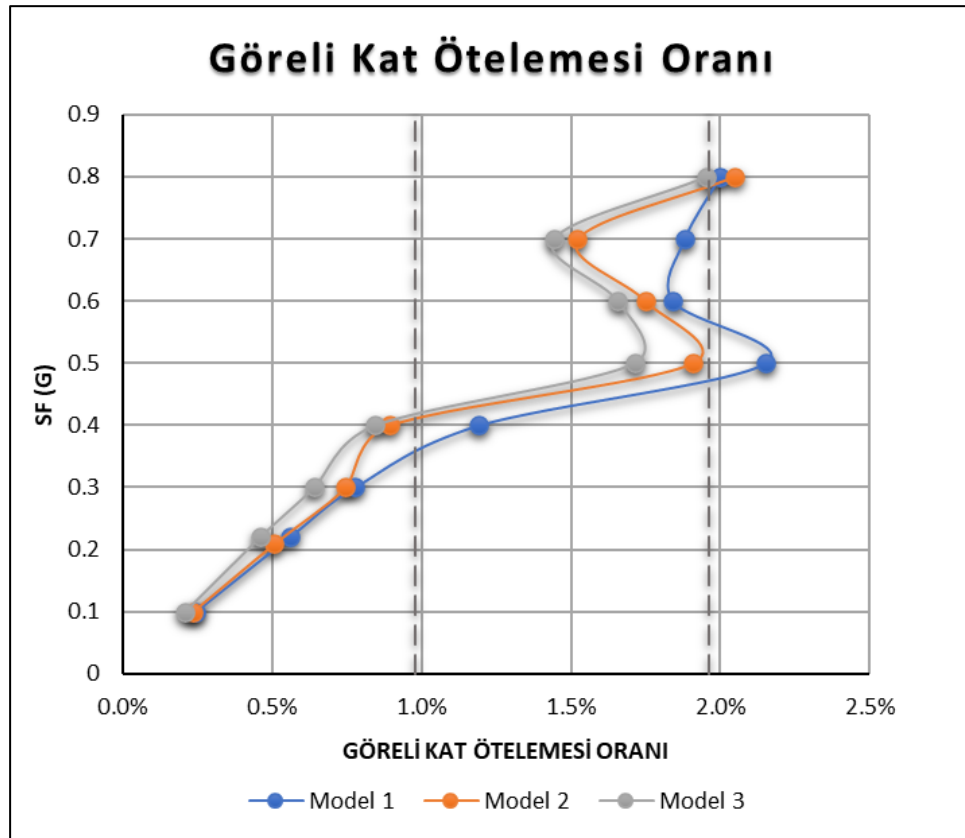
Şekil 4.87: Loma Prieta depremi 4 katlı yapı için plastik mafsall karşılaştırması.

4.5.5.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

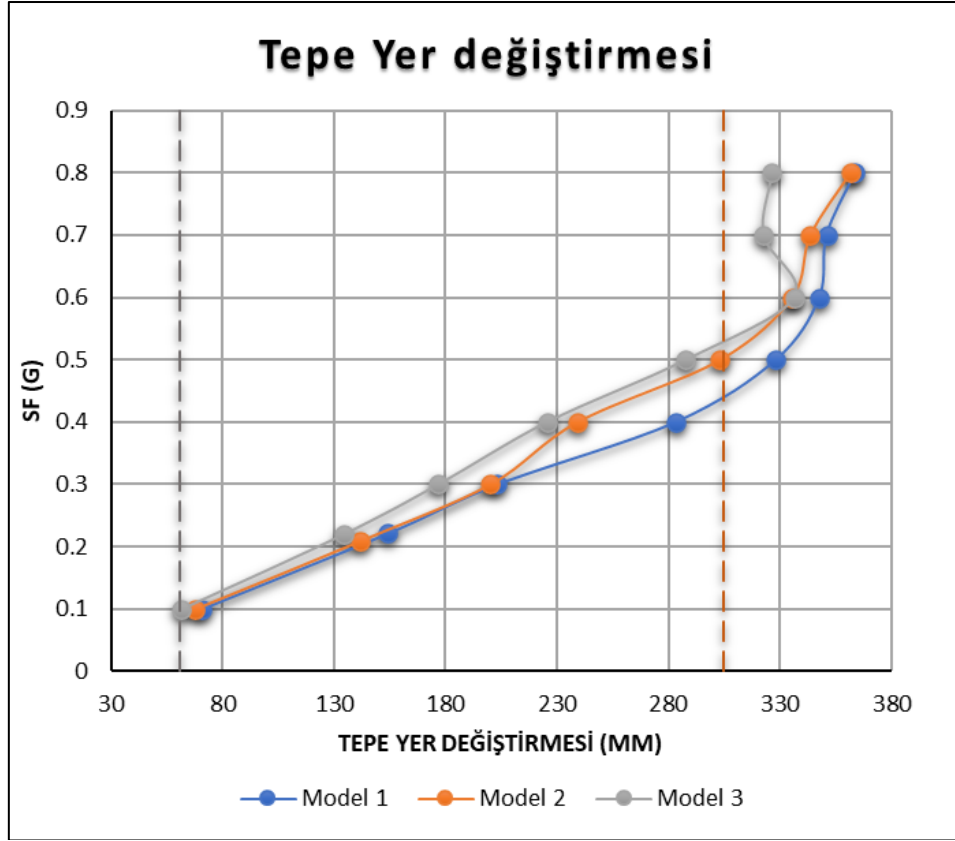
Bu bölümde Loma Prieta depremine göre 9 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.14: Loma Prieta depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

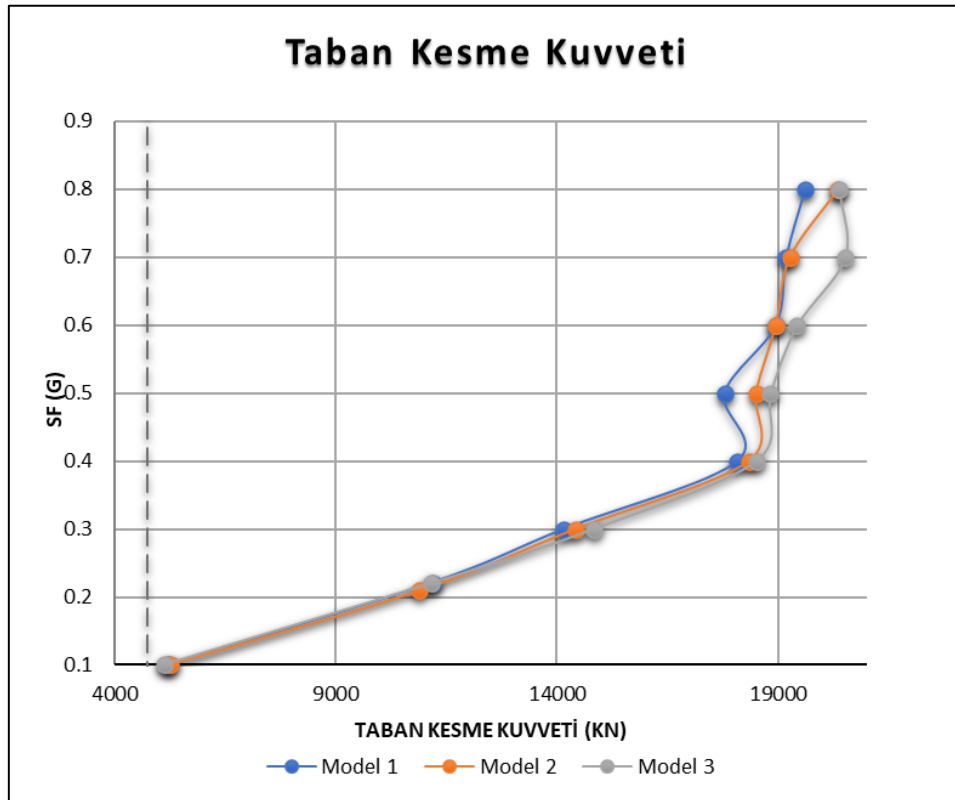
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.452 | 4.44 | 0.1 | 0.478 | 4.69 | 0.1 | 0.455 | 4.46 |
| 0.221 | 1.000 | 9.81 | 0.209 | 1.000 | 9.81 | 0.22 | 1.000 | 9.81 |
| 0.3 | 1.357 | 13.32 | 0.3 | 1.435 | 14.08 | 0.3 | 1.364 | 13.38 |
| 0.4 | 1.810 | 17.76 | 0.4 | 1.914 | 18.78 | 0.4 | 1.818 | 17.84 |
| 0.5 | 2.262 | 22.19 | 0.5 | 2.392 | 23.47 | 0.5 | 2.273 | 22.30 |
| 0.6 | 2.715 | 26.63 | 0.6 | 2.871 | 28.16 | 0.6 | 2.727 | 26.75 |
| 0.7 | 3.167 | 31.07 | 0.7 | 3.349 | 32.86 | 0.7 | 3.182 | 31.21 |
| 0.8 | 3.620 | 35.51 | 0.8 | 3.828 | 37.55 | 0.8 | 3.636 | 35.67 |



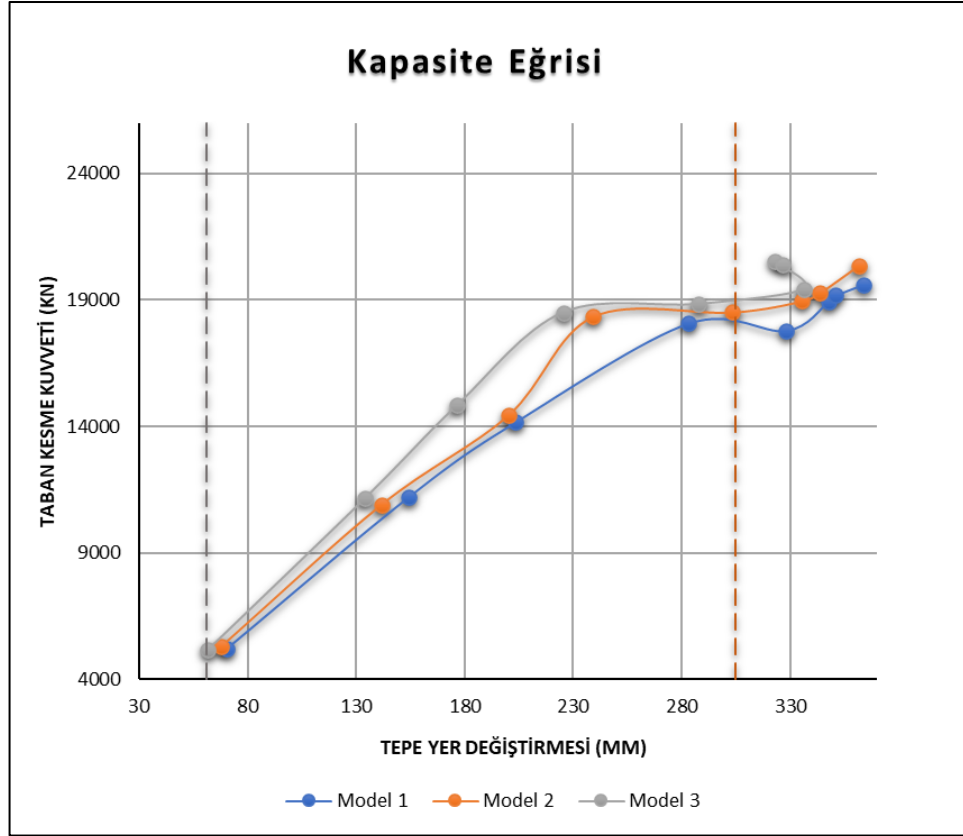
Şekil 4.88: Loma Prieta depremi için 9 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.89:Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

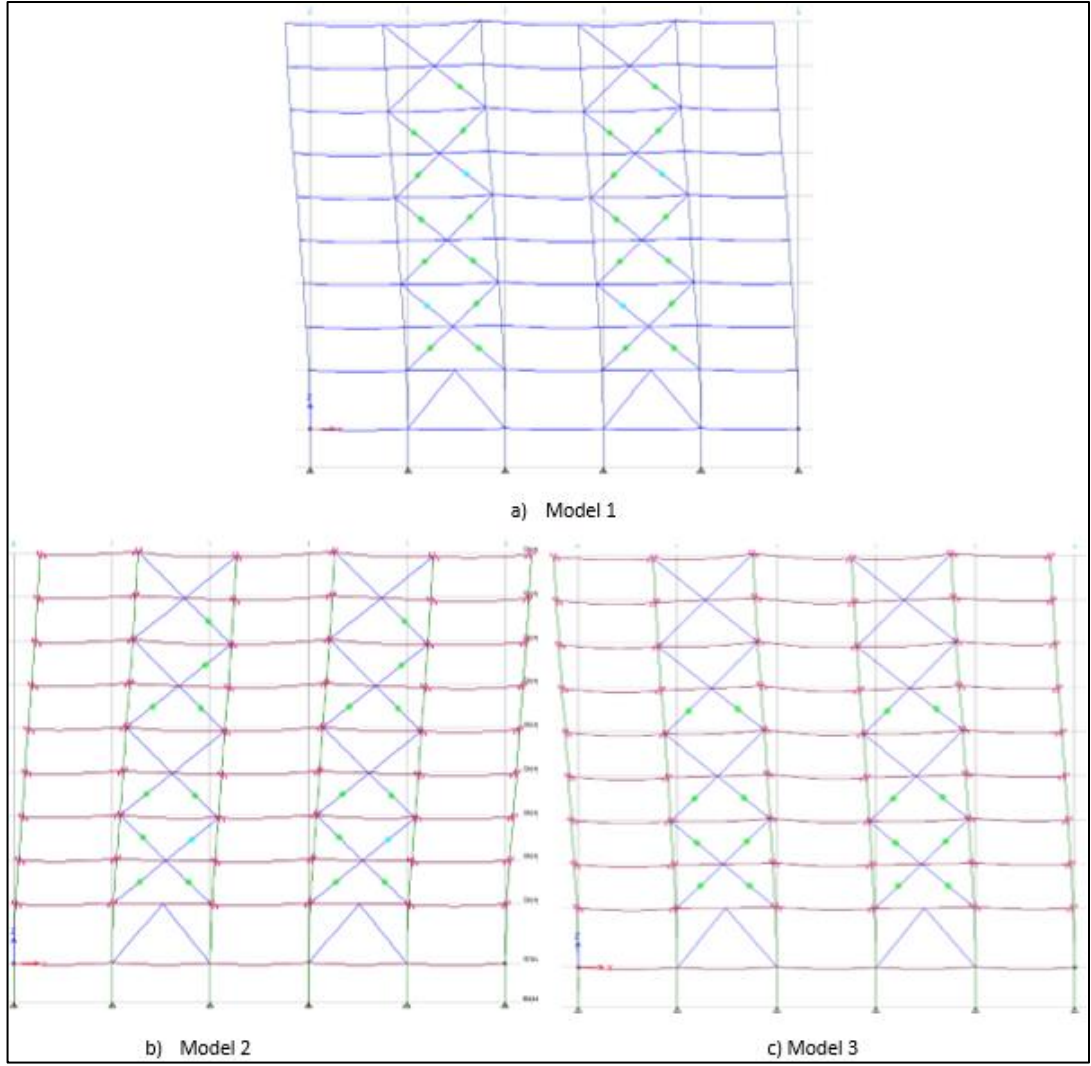


Şekil 4.90:Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.91: Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.4g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.92’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.92: Loma Prieta depremi 9 katlı yapı için plastik mafsall karşılaştırması.

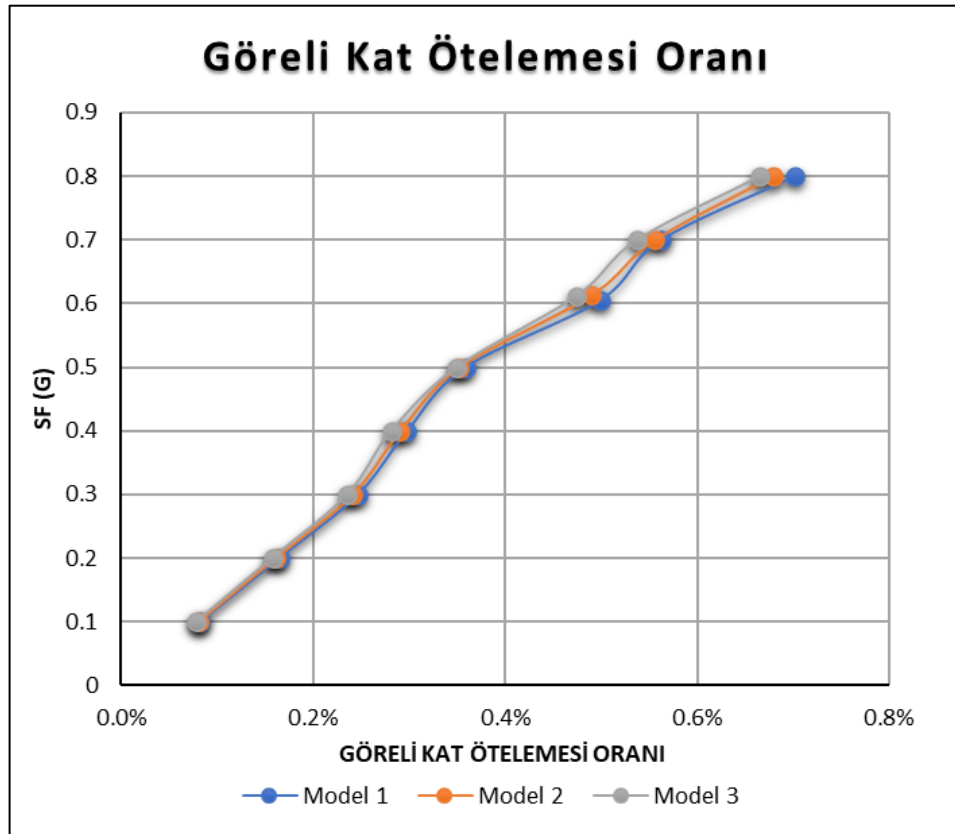
4.5.6. New Zealand Depremi

4.5.6.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

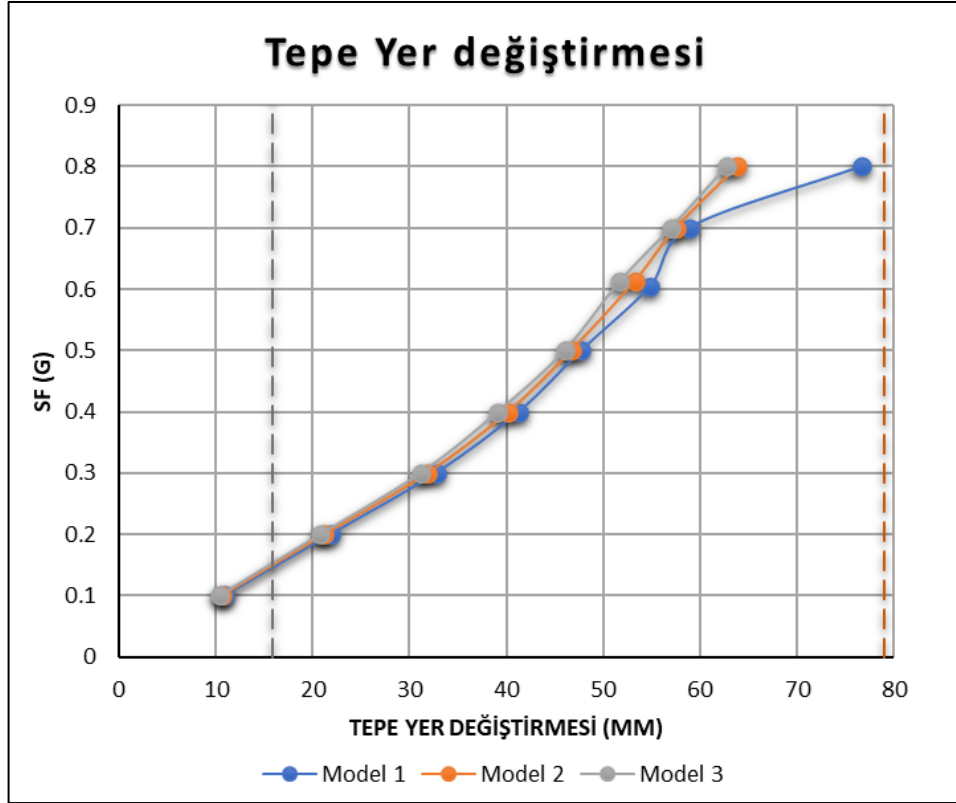
Bu bölümde New Zealand depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.15: New Zealand depremine göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

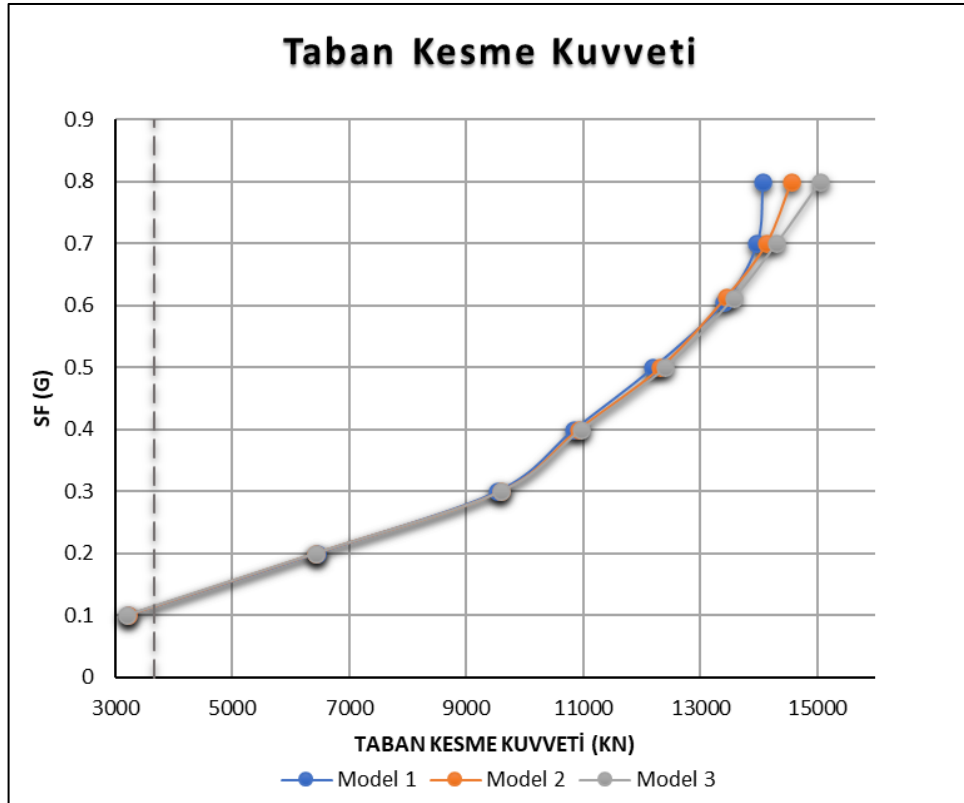
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.165 | 1.62 | 0.1 | 0.163 | 1.60 | 0.1 | 0.163 | 1.60 |
| 0.2 | 0.331 | 3.24 | 0.2 | 0.326 | 3.20 | 0.2 | 0.327 | 3.21 |
| 0.3 | 0.496 | 4.86 | 0.3 | 0.489 | 4.80 | 0.3 | 0.490 | 4.81 |
| 0.4 | 0.661 | 6.49 | 0.4 | 0.653 | 6.40 | 0.4 | 0.654 | 6.41 |
| 0.5 | 0.826 | 8.11 | 0.5 | 0.816 | 8.00 | 0.5 | 0.817 | 8.01 |
| 0.605 | 1.000 | 9.81 | 0.613 | 1.000 | 9.81 | 0.612 | 1.000 | 9.81 |
| 0.7 | 1.157 | 11.35 | 0.7 | 1.142 | 11.20 | 0.7 | 1.144 | 11.22 |
| 0.8 | 1.322 | 12.97 | 0.8 | 1.305 | 12.80 | 0.8 | 1.307 | 12.82 |



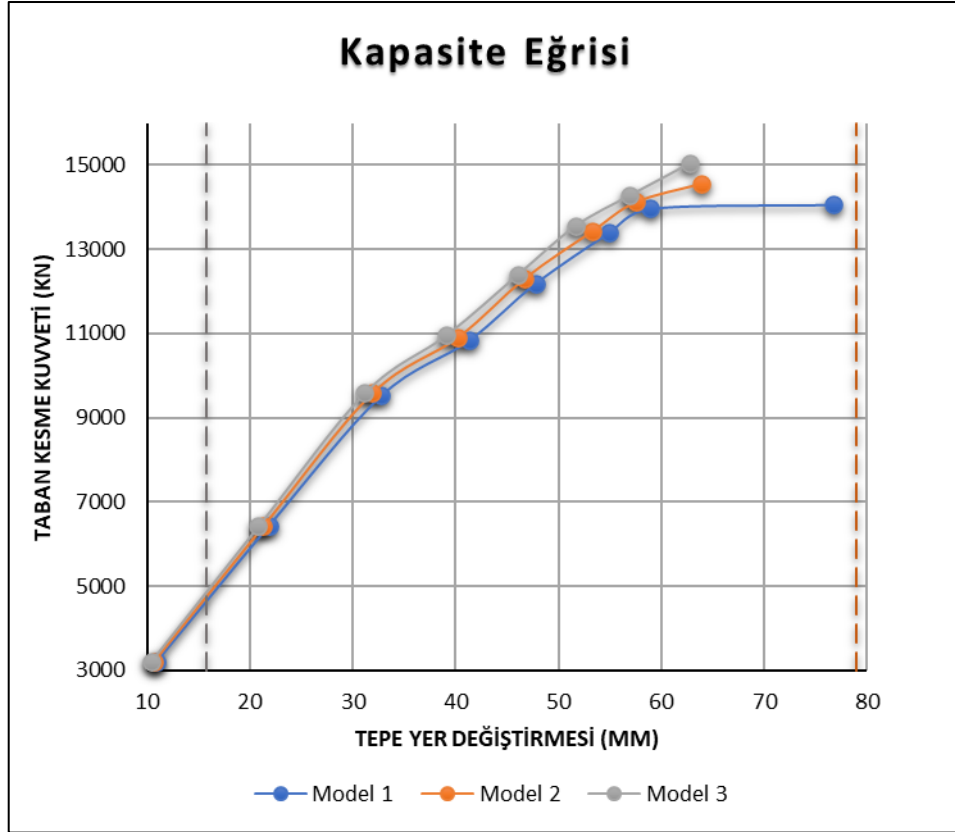
Şekil 4.93: New Zealand depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.94: New Zealand depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

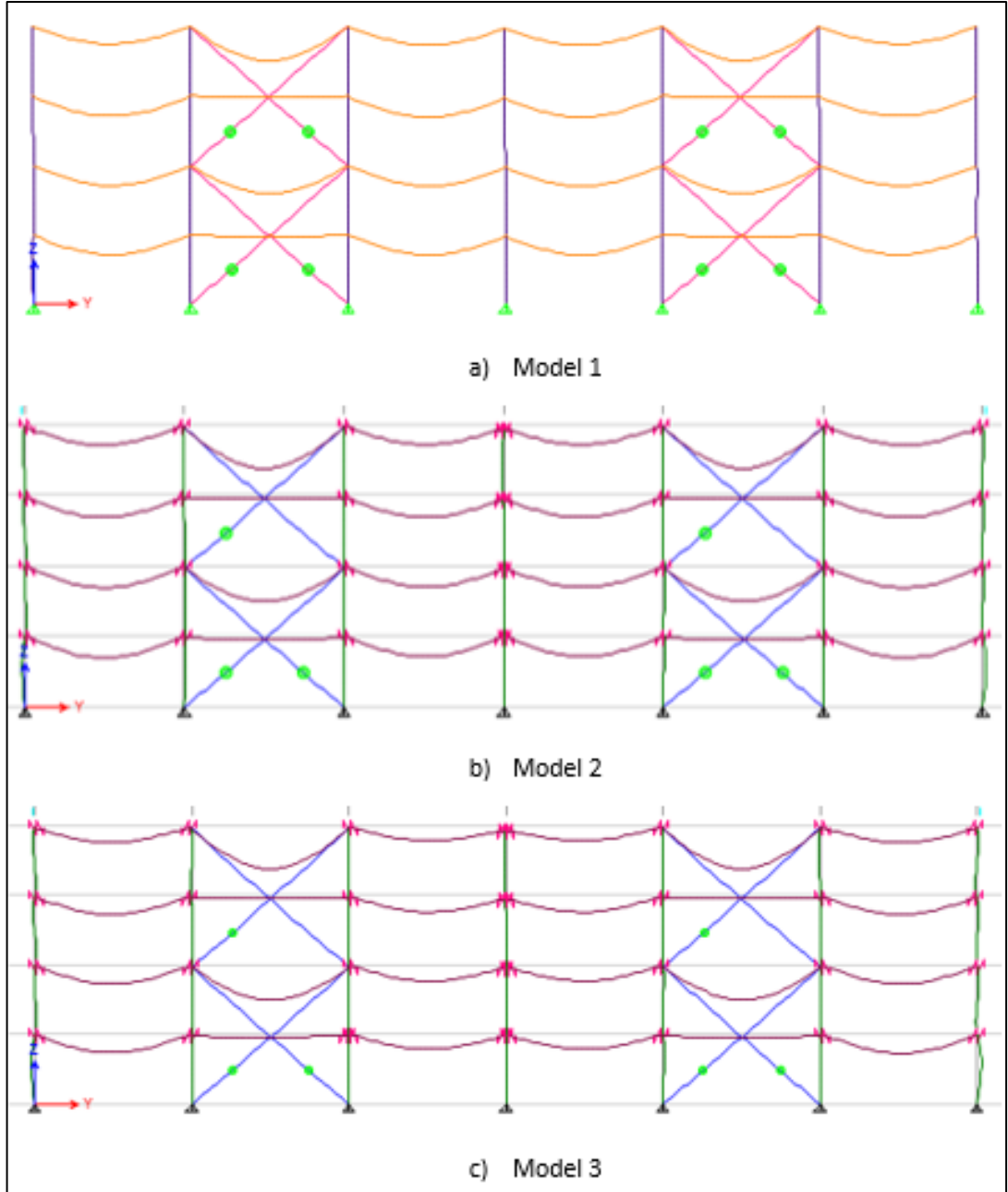


Şekil 4.95: New Zealand depremi 4 katlı yapı taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.96: New Zealand depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırması 0.5g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.97’de bu karşılaştırma görülmektedir.



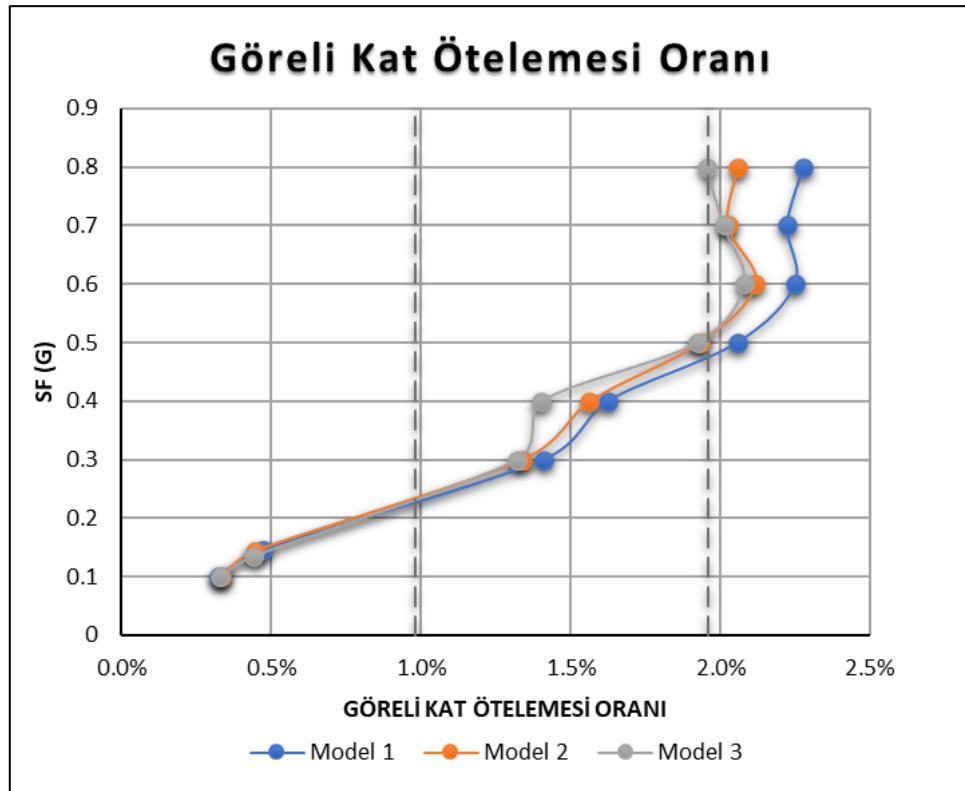
Şekil 4.97: New Zealand depremi 4 katlı yapı için plastik mafsalları karşılaştırması.

4.5.6.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

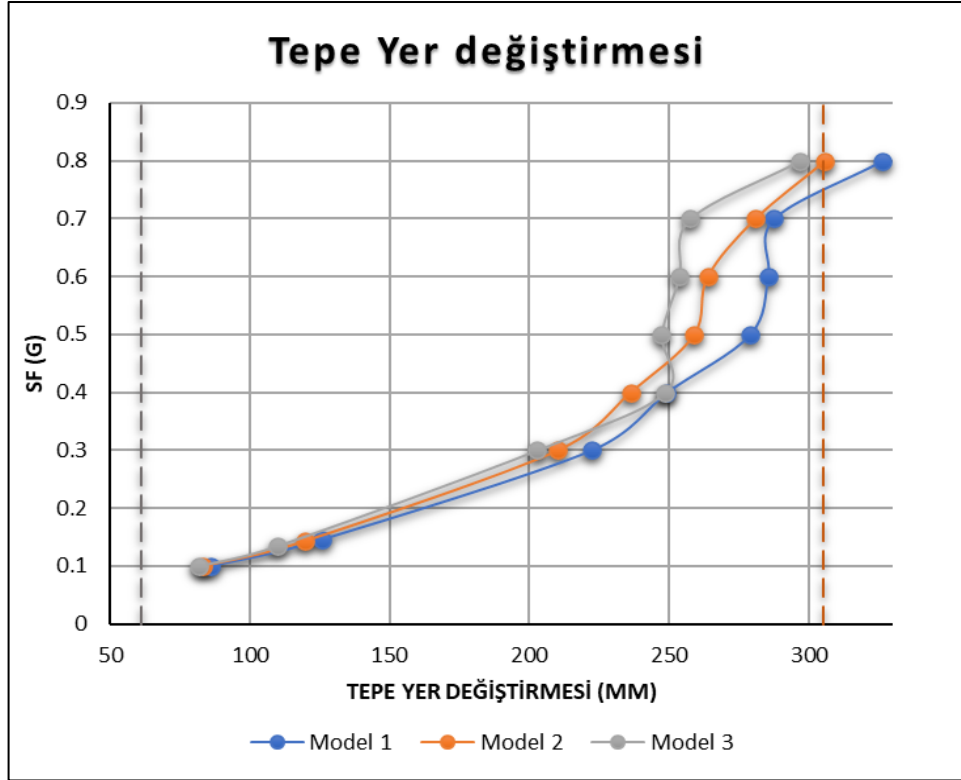
Bu bölümde New Zealand depremine göre 9 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.16: New Zealand depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

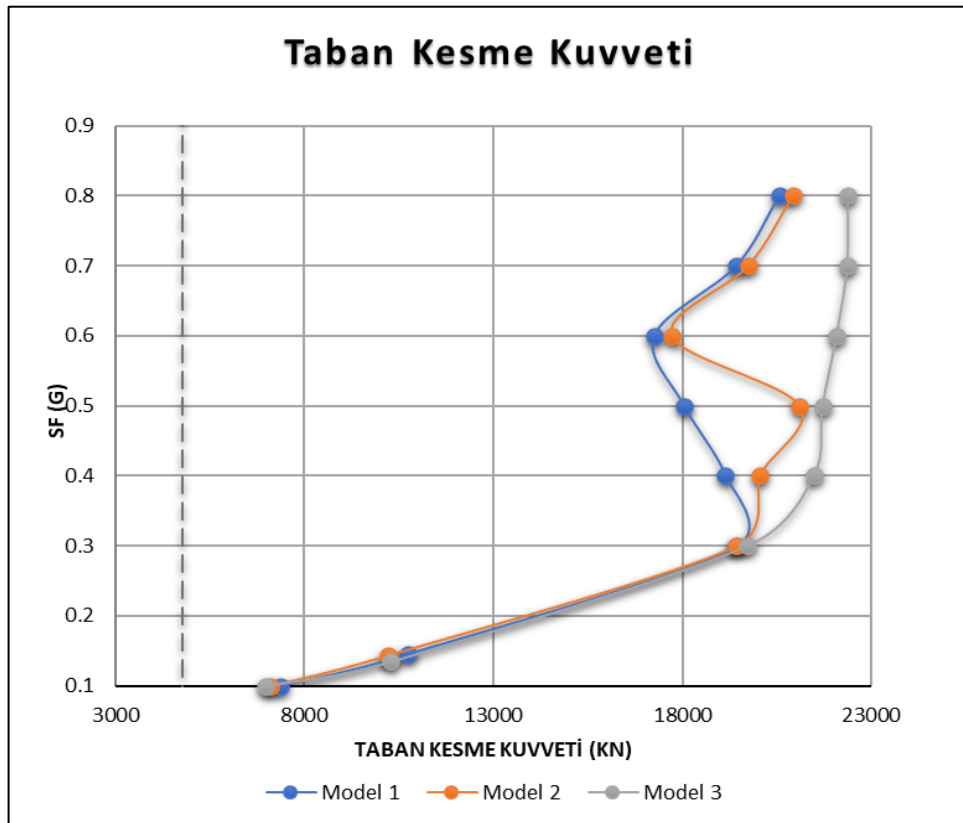
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.685 | 6.72 | 0.1 | 0.694 | 6.81 | 0.1 | 0.741 | 7.27 |
| 0.146 | 1.000 | 9.81 | 0.144 | 1.000 | 9.81 | 0.135 | 1.000 | 9.81 |
| 0.3 | 2.055 | 20.16 | 0.3 | 2.083 | 20.44 | 0.3 | 2.222 | 21.80 |
| 0.4 | 2.740 | 26.88 | 0.4 | 2.778 | 27.25 | 0.4 | 2.963 | 29.07 |
| 0.5 | 3.425 | 33.60 | 0.5 | 3.472 | 34.06 | 0.5 | 3.704 | 36.33 |
| 0.6 | 4.110 | 40.32 | 0.6 | 4.167 | 40.88 | 0.6 | 4.444 | 43.60 |
| 0.7 | 4.795 | 47.03 | 0.7 | 4.861 | 47.69 | 0.7 | 5.185 | 50.87 |
| 0.8 | 5.479 | 53.75 | 0.8 | 5.556 | 54.50 | 0.8 | 5.926 | 58.13 |



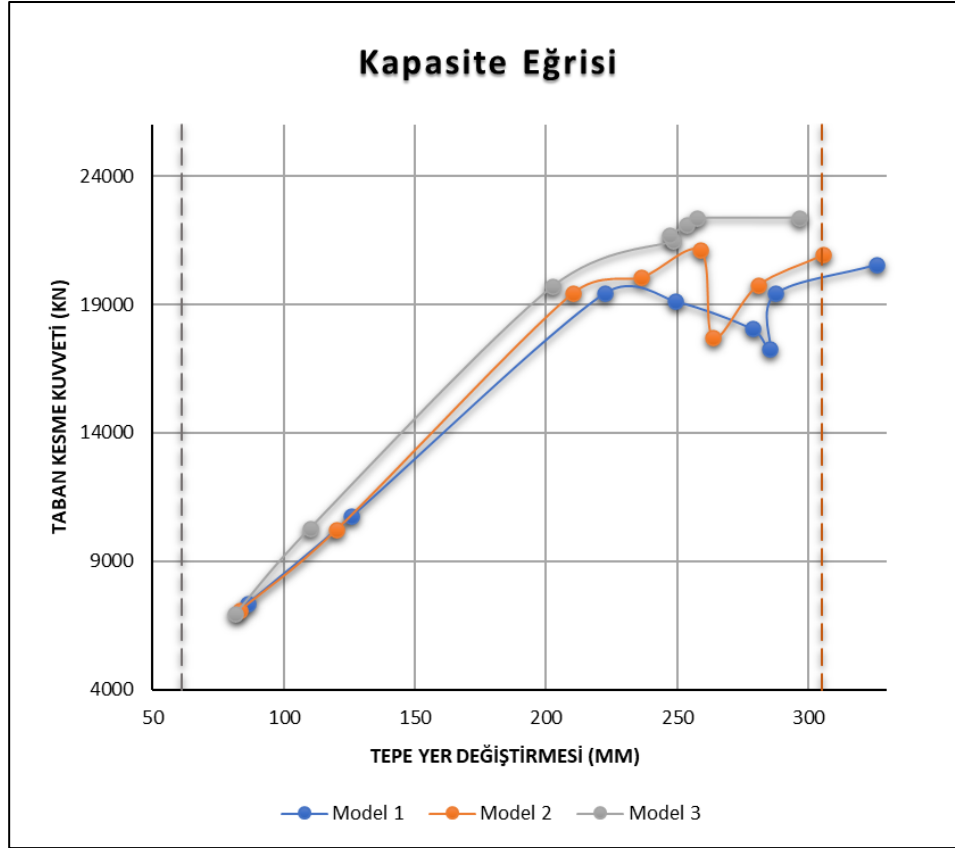
Şekil 4.98: New Zealand depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.99: New Zealand depremi 9 katlı yapı tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

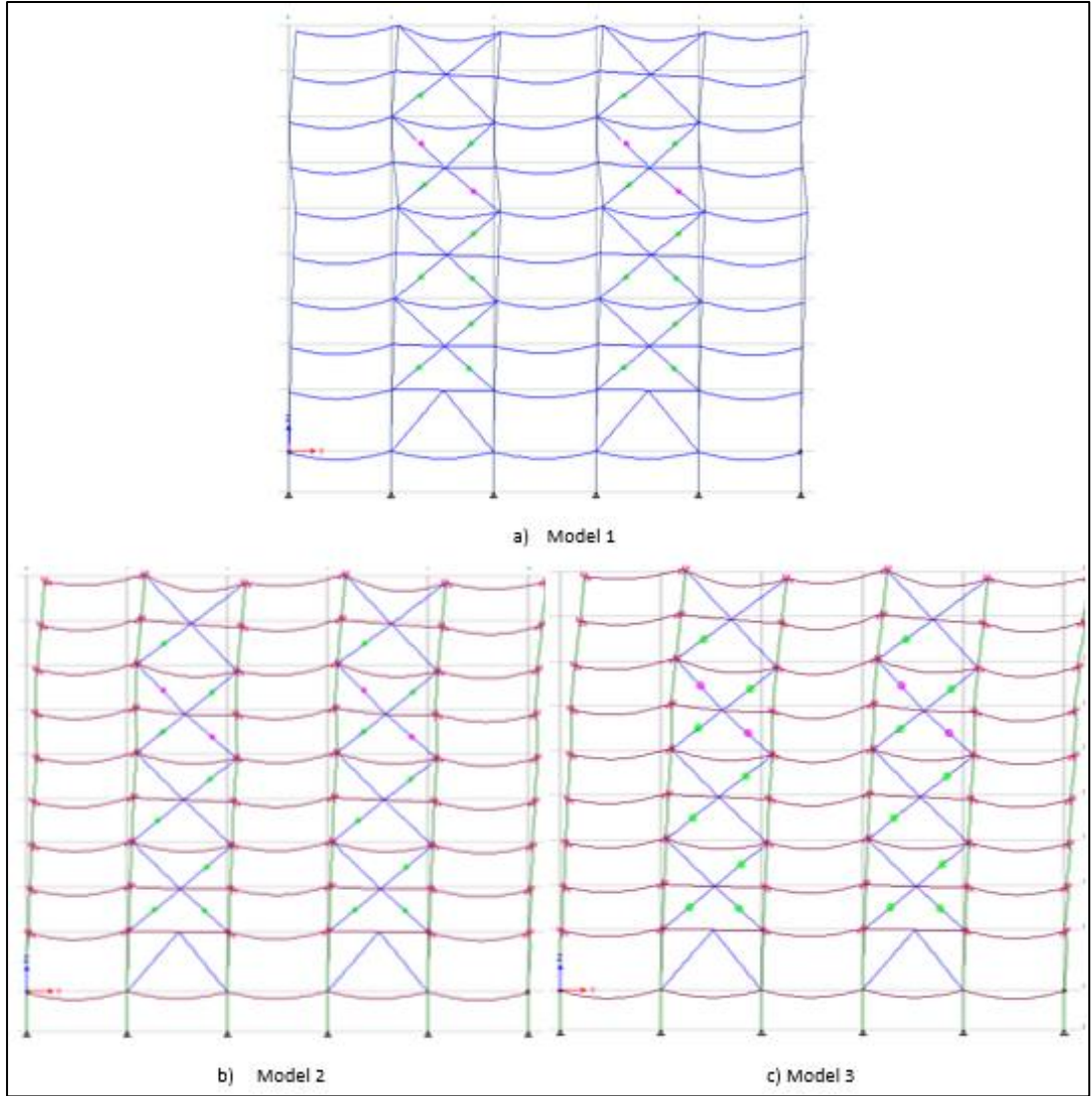


Şekil 4.100: New Zealand depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.101: New Zealand depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.4g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.102’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.102: New Zealand depremi 9 katlı yapı için plastik mafsalları karşılaştırması.

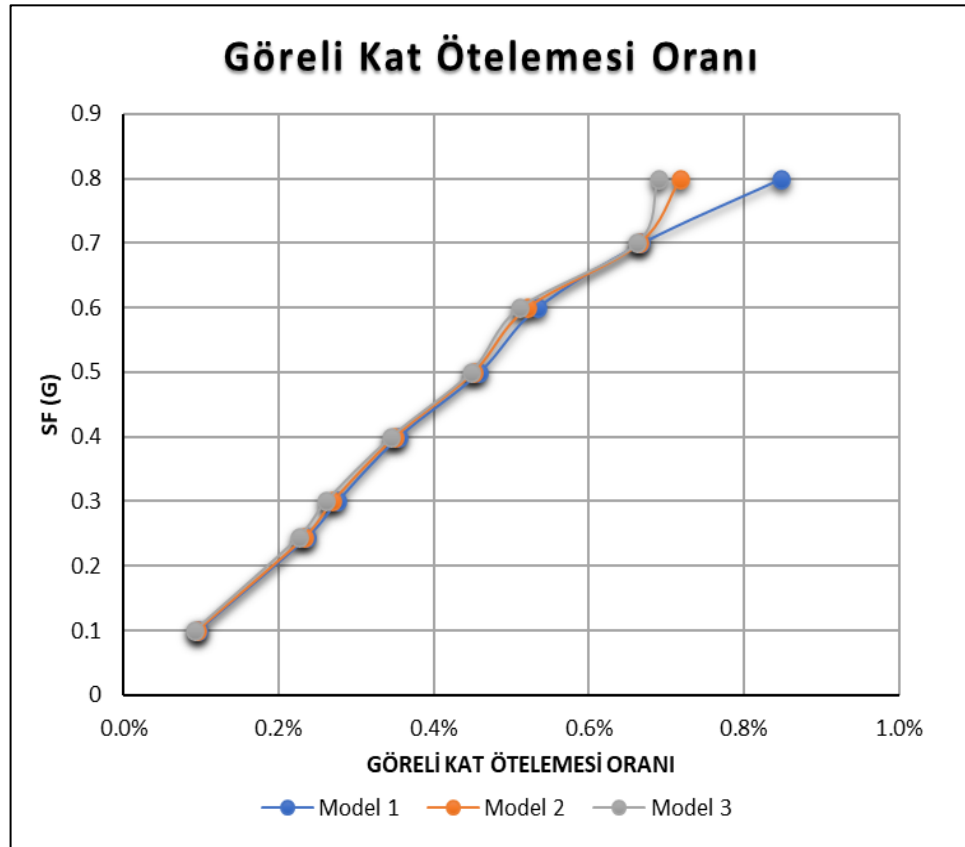
4.5.7. Iwate Depremi

4.5.7.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

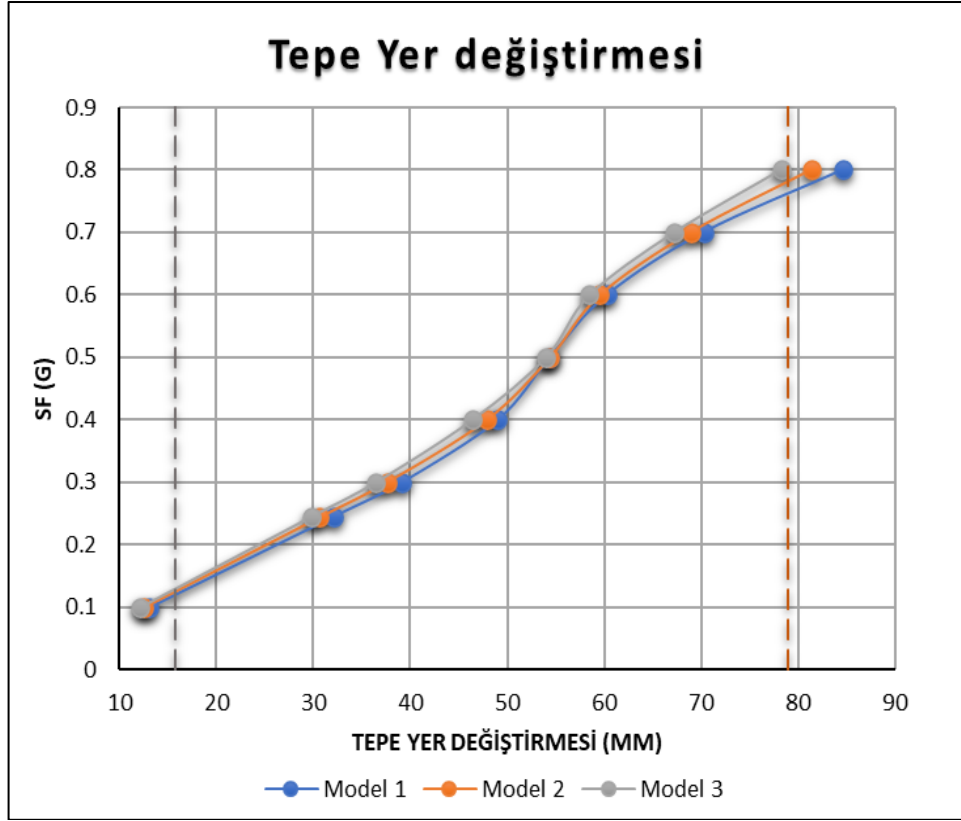
Bu bölümde Iwate depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.17: Iwate depremi'ne göre 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

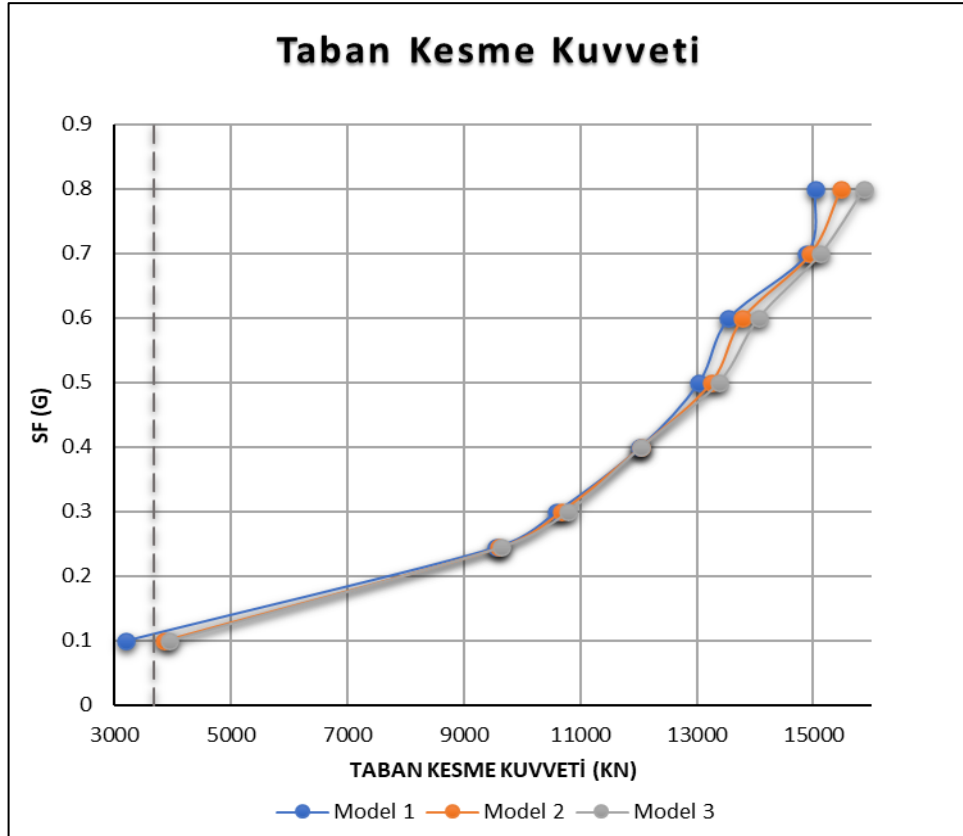
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.408 | 4.00 | 0.1 | 0.410 | 4.02 | 0.1 | 0.408 | 4.00 |
| 0.245 | 1.000 | 9.81 | 0.244 | 1.000 | 9.81 | 0.245 | 1.000 | 9.81 |
| 0.3 | 1.224 | 12.01 | 0.3 | 1.230 | 12.06 | 0.3 | 1.224 | 12.01 |
| 0.4 | 1.633 | 16.02 | 0.4 | 1.639 | 16.08 | 0.4 | 1.633 | 16.02 |
| 0.5 | 2.041 | 20.02 | 0.5 | 2.049 | 20.10 | 0.5 | 2.041 | 20.02 |
| 0.6 | 2.449 | 24.02 | 0.6 | 2.459 | 24.12 | 0.6 | 2.449 | 24.02 |
| 0.7 | 2.857 | 28.03 | 0.7 | 2.869 | 28.14 | 0.7 | 2.857 | 28.03 |
| 0.8 | 3.265 | 32.03 | 0.8 | 3.279 | 32.16 | 0.8 | 3.265 | 32.03 |



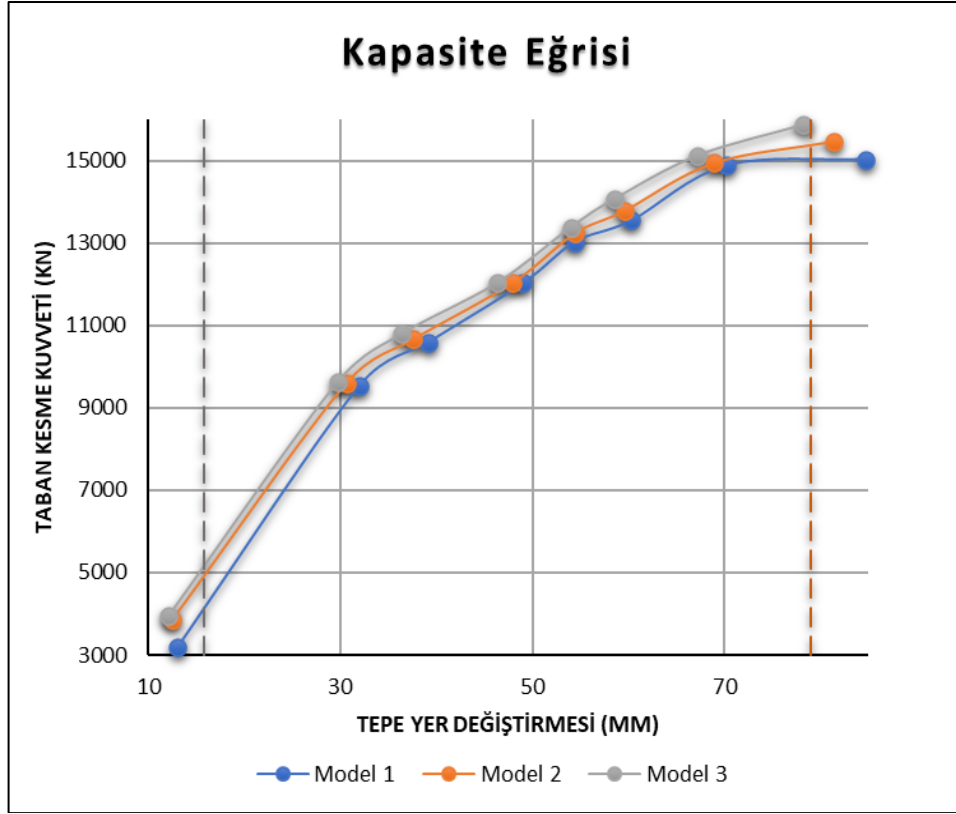
Şekil 4.103: Iwate depremi 4 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.104: Iwate depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

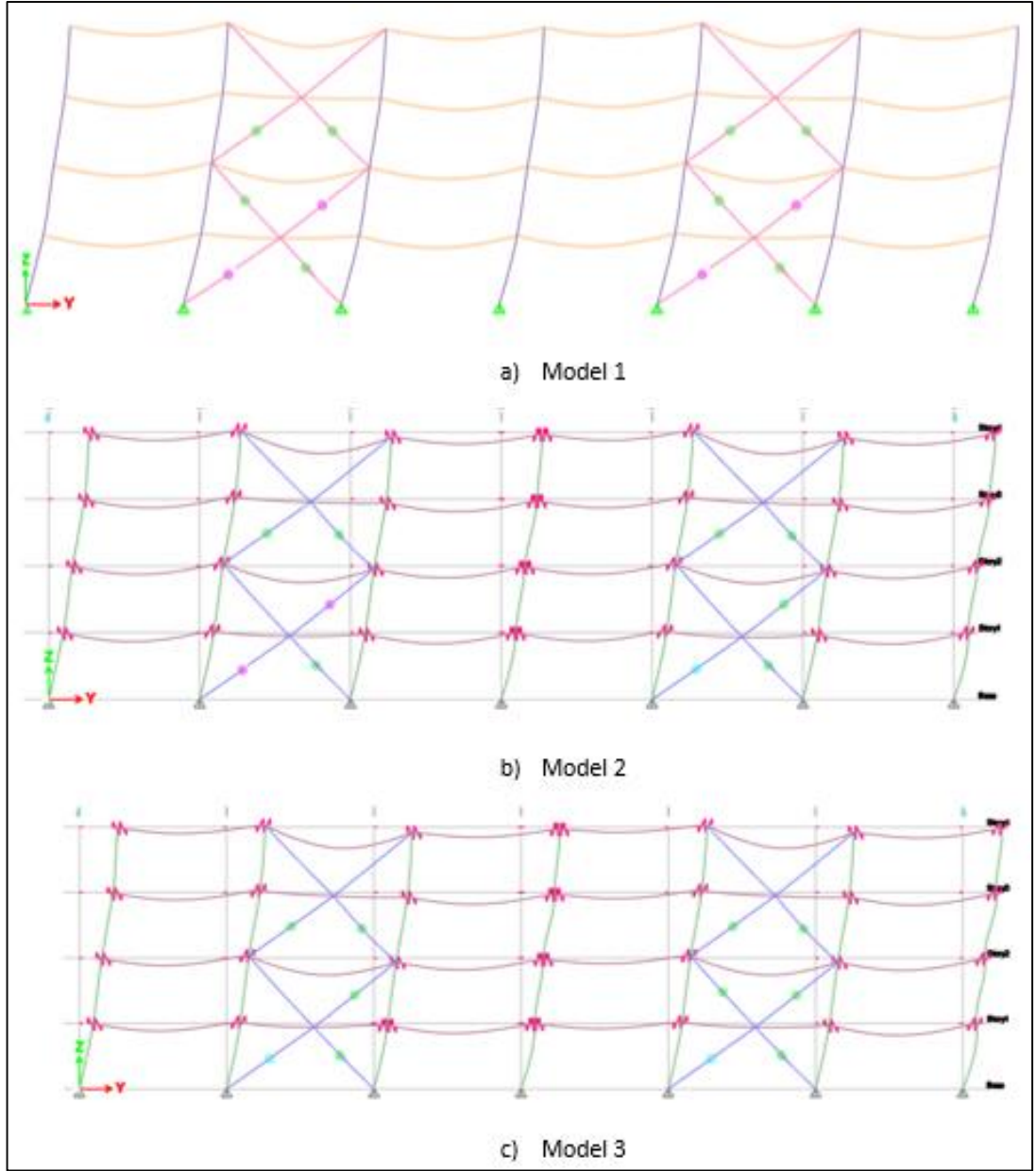


Şekil 4.105: Iwate depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.106: Iwate depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırması 0.8g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.107’de bu karşılaştırma görülmektedir.



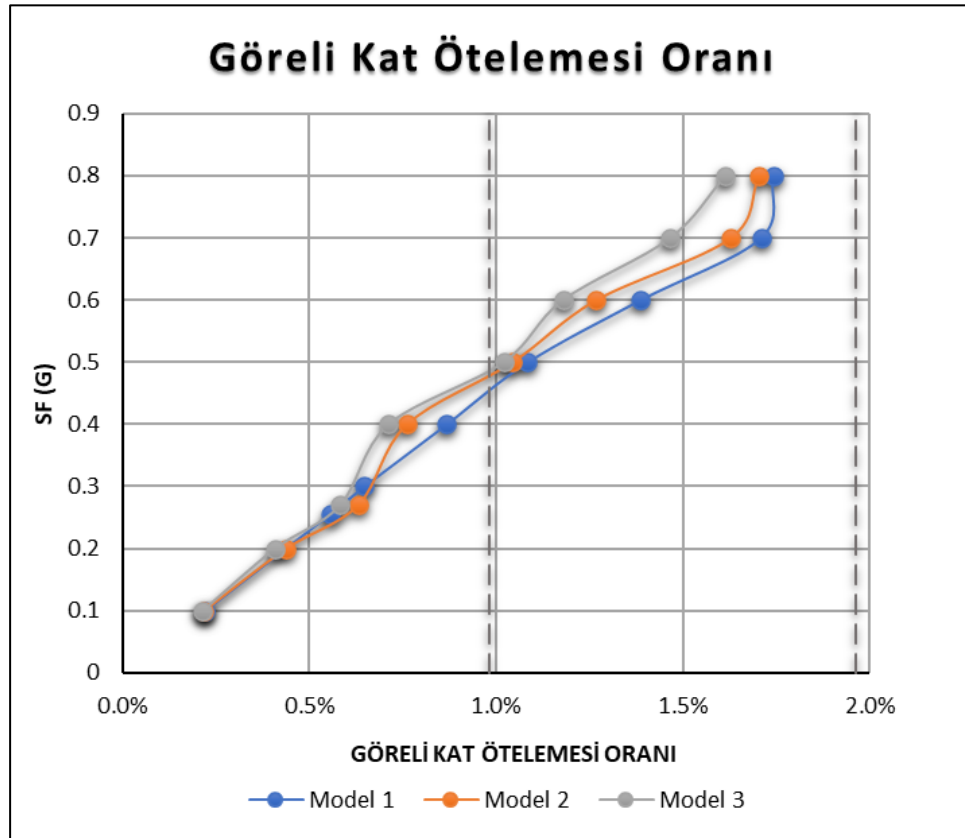
Şekil 4.107: Iwate depremi 4 katlı yapı için plastik mafsall karşılaştırması.

4.5.7.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

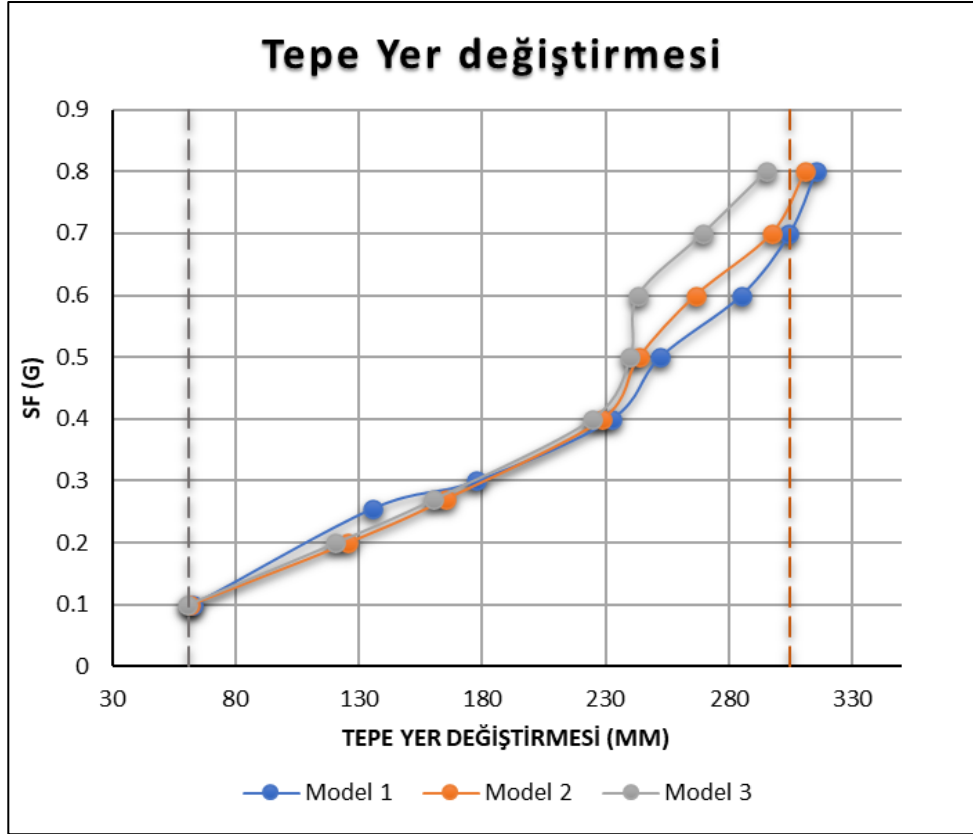
Bu bölümde Iwate depremine göre 9 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.18: Iwate depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

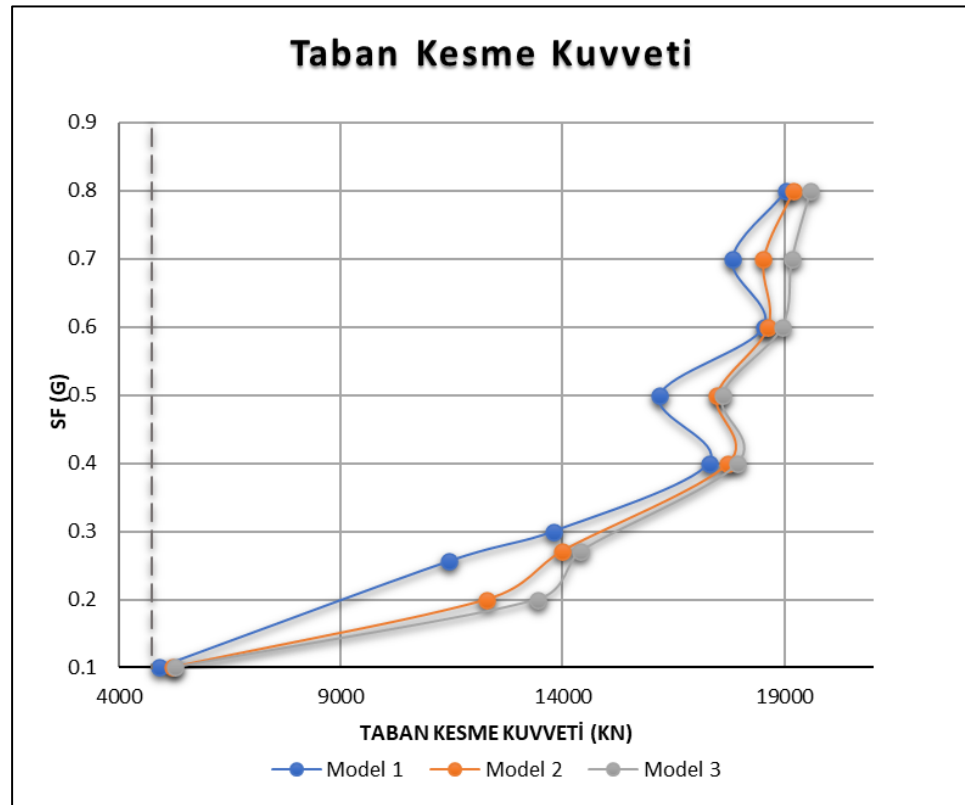
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.391 | 3.83 | 0.1 | 0.369 | 3.62 | 0.1 | 0.370 | 3.63 |
| 0.256 | 1.000 | 9.81 | 0.2 | 0.738 | 7.24 | 0.2 | 0.741 | 7.27 |
| 0.3 | 1.172 | 11.50 | 0.271 | 1.000 | 9.81 | 0.27 | 1.000 | 9.81 |
| 0.4 | 1.563 | 15.33 | 0.4 | 1.476 | 14.48 | 0.4 | 1.481 | 14.53 |
| 0.5 | 1.953 | 19.16 | 0.5 | 1.845 | 18.10 | 0.5 | 1.852 | 18.17 |
| 0.6 | 2.344 | 22.99 | 0.6 | 2.214 | 21.72 | 0.6 | 2.222 | 21.80 |
| 0.7 | 2.734 | 26.82 | 0.7 | 2.583 | 25.34 | 0.7 | 2.593 | 25.43 |
| 0.8 | 3.125 | 30.66 | 0.8 | 2.952 | 28.96 | 0.8 | 2.963 | 29.07 |



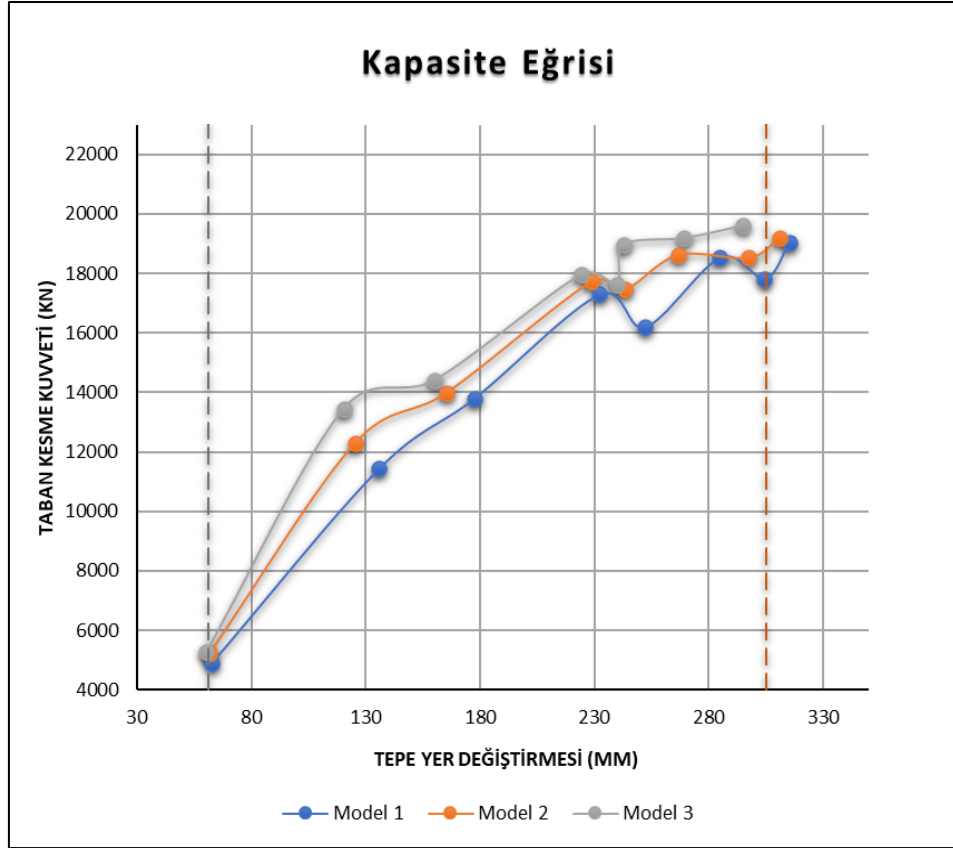
Şekil 4.108: Iwate depremi 9 katlı yapı için görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.109: Iwate depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

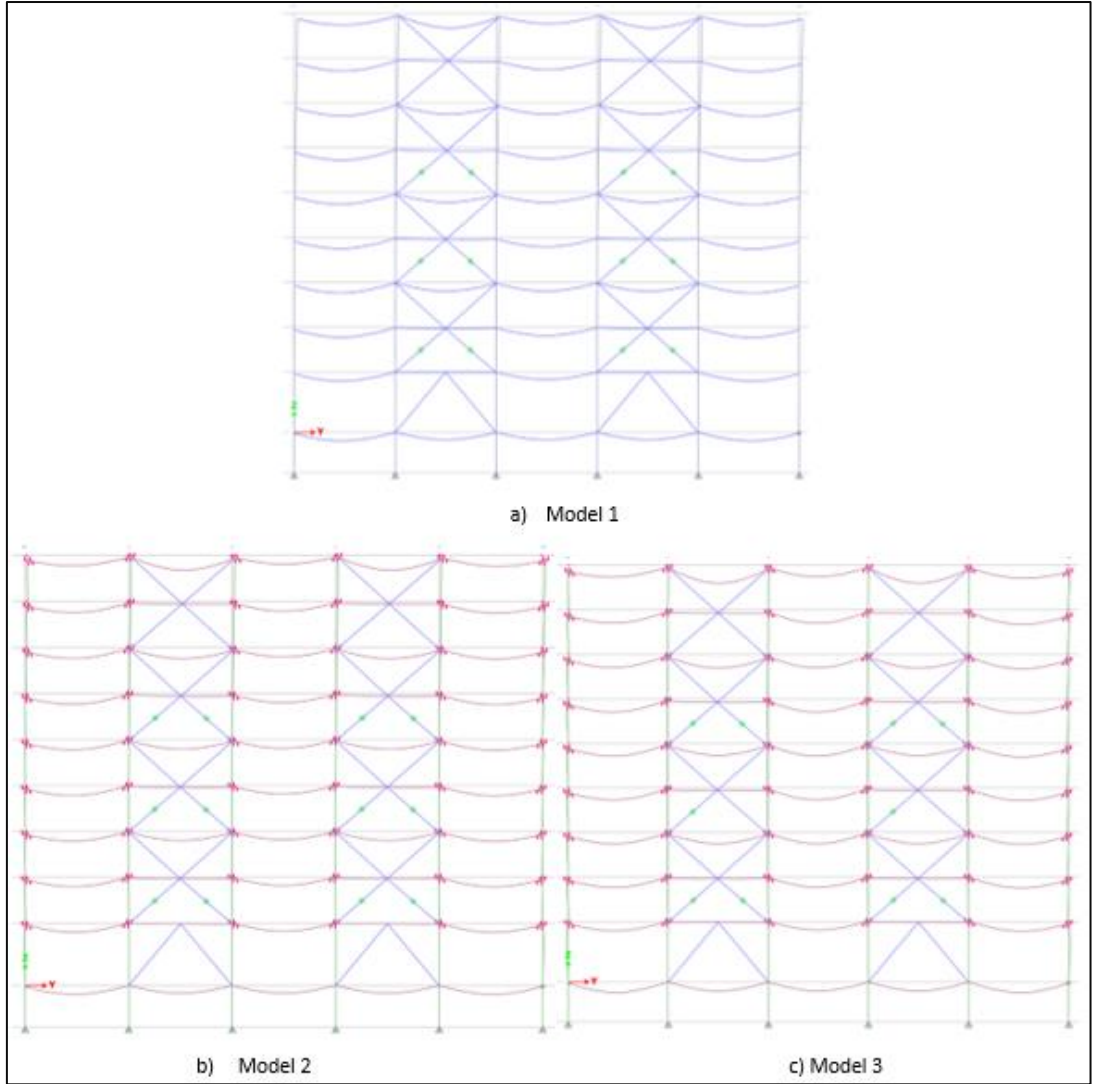


Şekil 4.110: Iwate depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.111: Iwate depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.3g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.112’de bu karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 4.112: Iwate depremi 9 katlı yapı için plastik mafsal karşılaştırması.

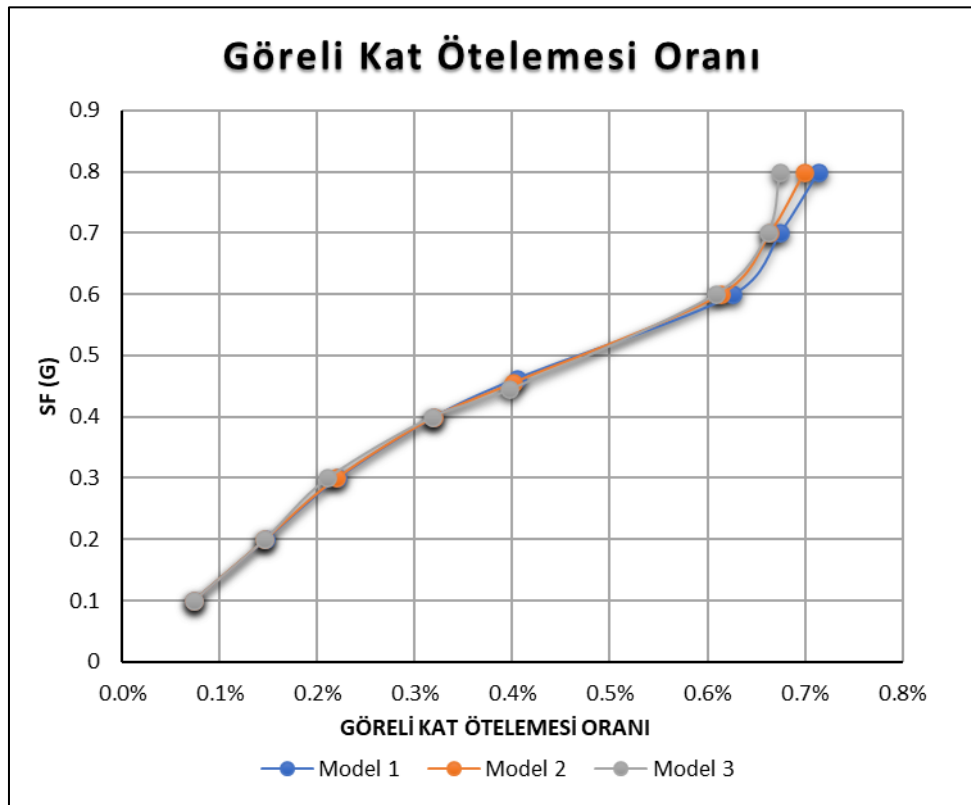
4.5.8. L'Aquila Depremi

4.5.8.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

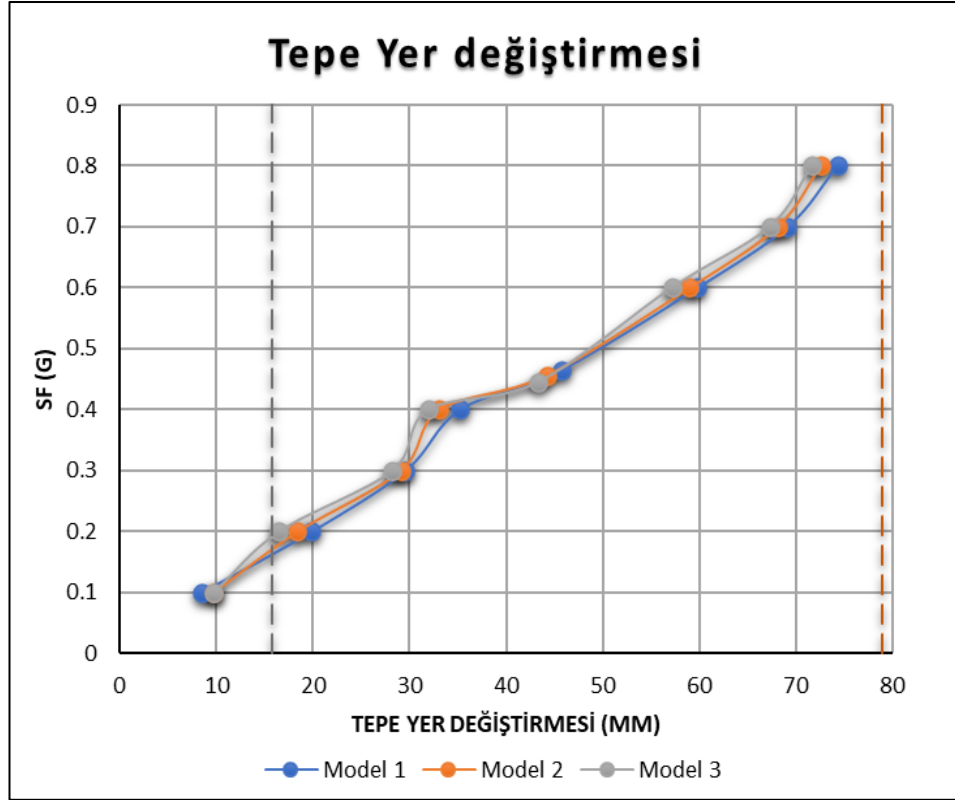
Bu bölümde L'Aquila depremine göre 4 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.19: L'Aquila depremi 4 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

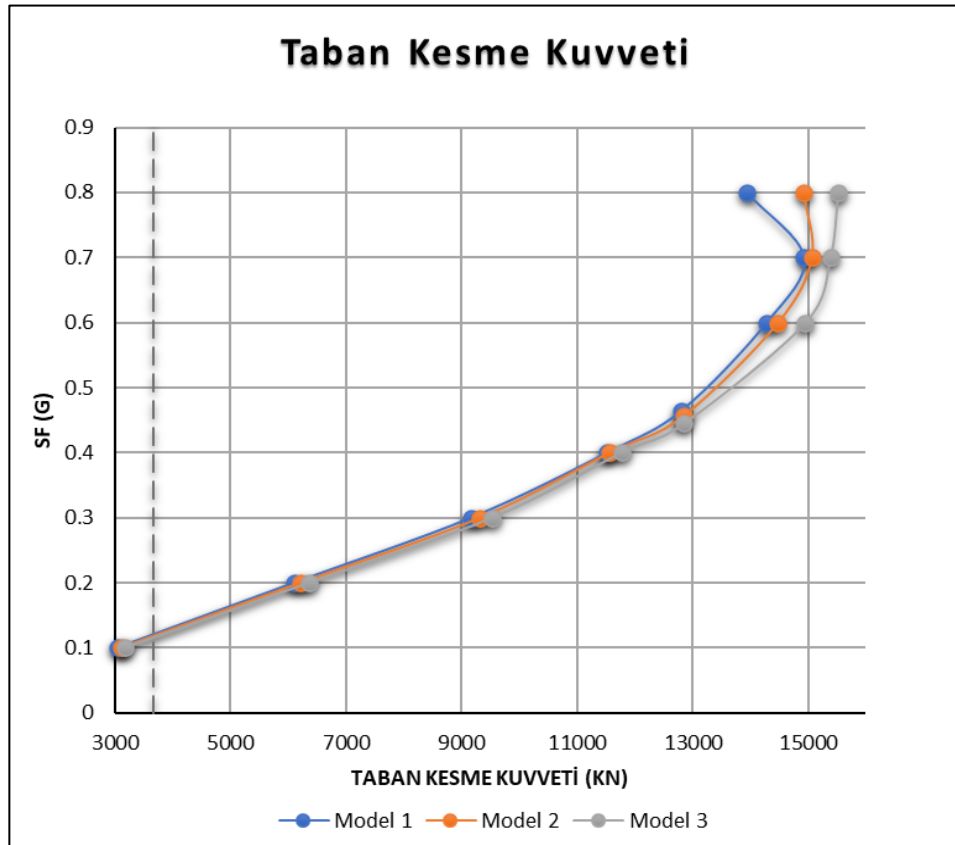
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.216 | 2.12 | 0.1 | 0.219 | 2.15 | 0.1 | 0.225 | 2.20 |
| 0.2 | 0.432 | 4.24 | 0.2 | 0.439 | 4.30 | 0.2 | 0.449 | 4.41 |
| 0.3 | 0.648 | 6.36 | 0.3 | 0.658 | 6.45 | 0.3 | 0.674 | 6.61 |
| 0.4 | 0.864 | 8.48 | 0.4 | 0.877 | 8.61 | 0.4 | 0.899 | 8.82 |
| 0.463 | 1.000 | 9.81 | 0.456 | 1.000 | 9.81 | 0.445 | 1.000 | 9.81 |
| 0.6 | 1.296 | 12.71 | 0.6 | 1.316 | 12.91 | 0.6 | 1.348 | 13.23 |
| 0.7 | 1.512 | 14.83 | 0.7 | 1.535 | 15.06 | 0.7 | 1.573 | 15.43 |
| 0.8 | 1.728 | 16.95 | 0.8 | 1.754 | 17.21 | 0.8 | 1.798 | 17.64 |



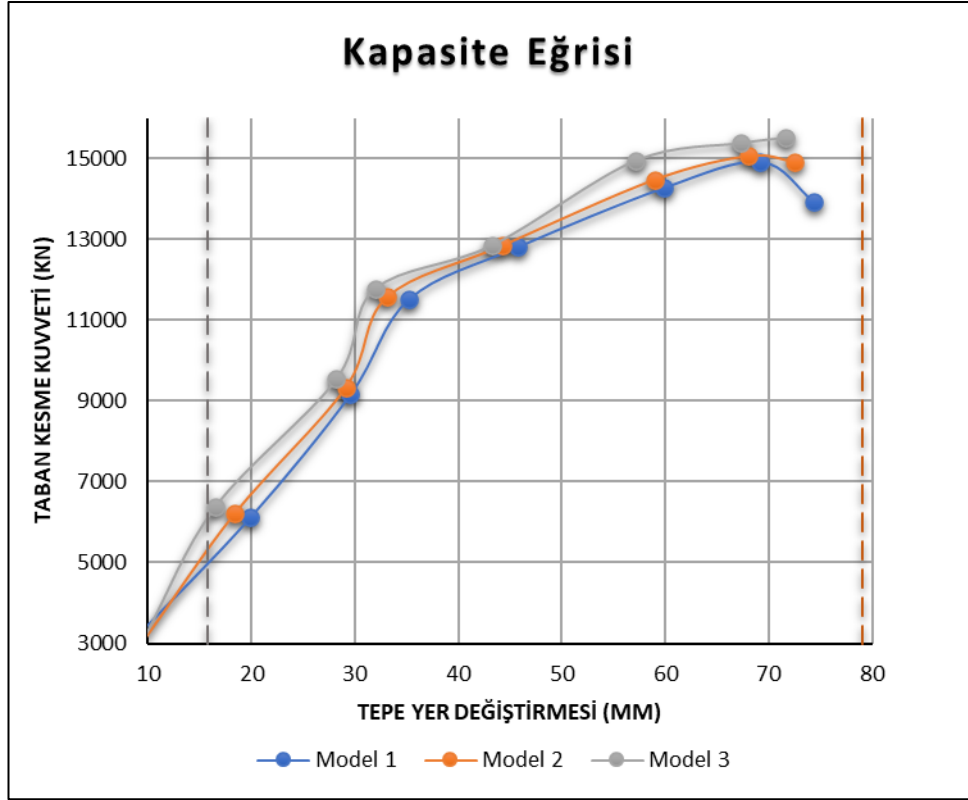
Şekil 4.113: L'Aquila depremi 4 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.114: L'Aquila depremi 4 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

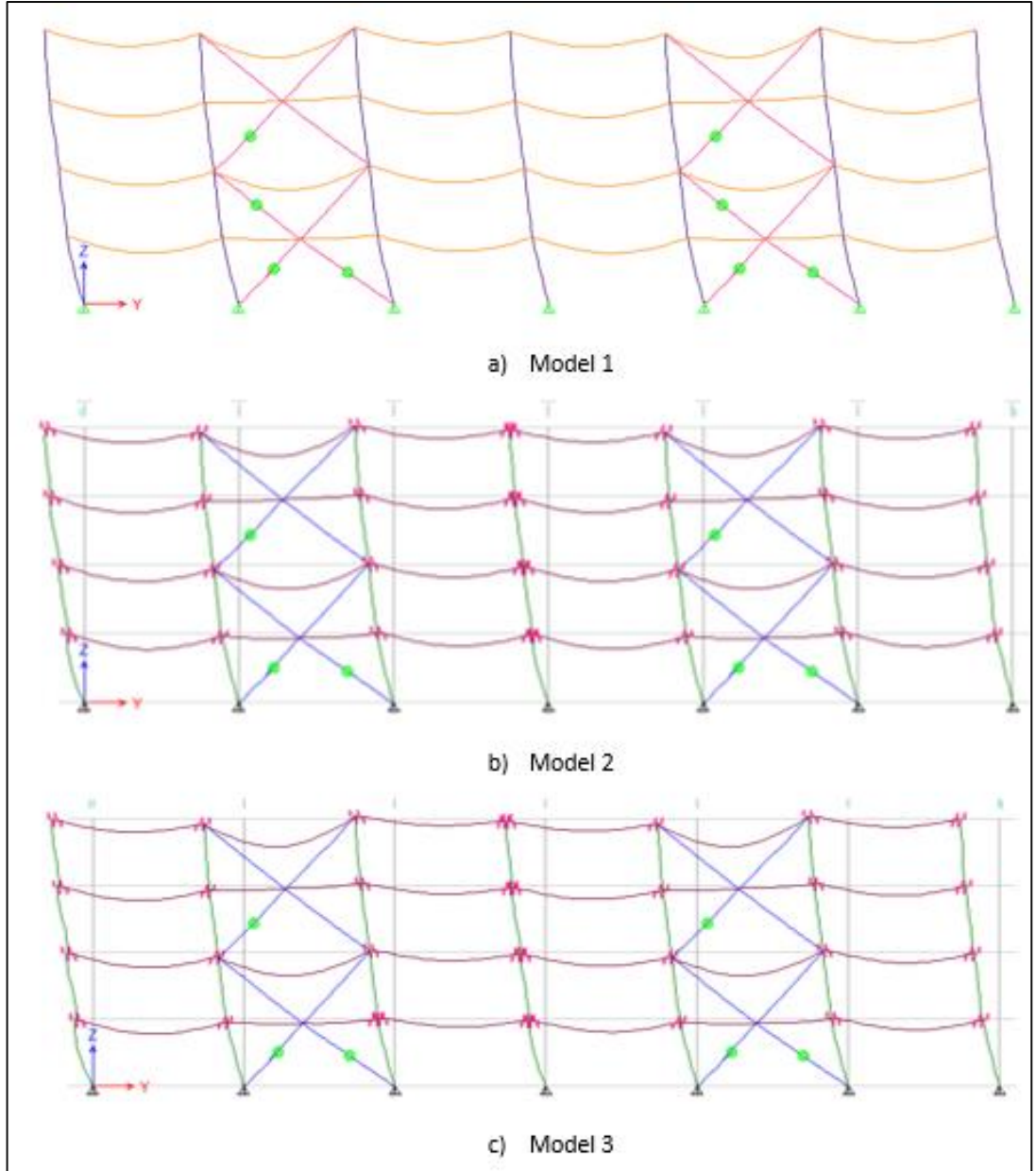


Şekil 4.115: L'Aquila depremi 4 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.116: L'Aquila depremi 4 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

4 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırması 0.6g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.117'de bu karşılaştırma görülmektedir.



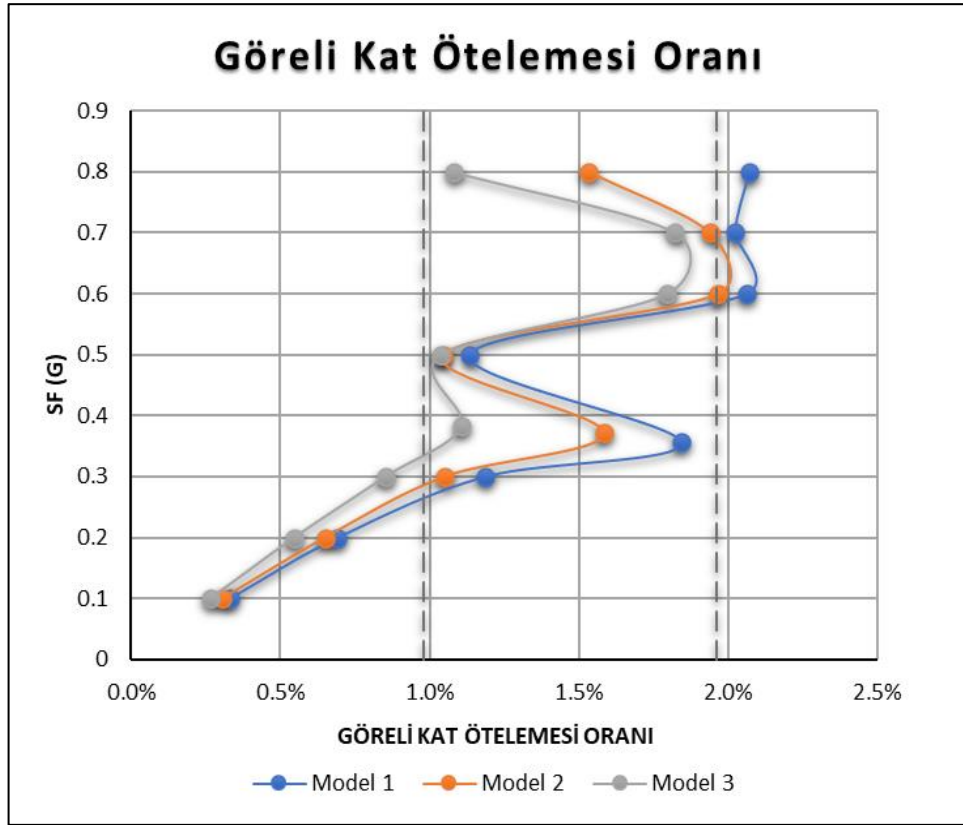
Şekil 4.117: L'Aquila depremi 4 katlı yapı için plastik mafsall karşılaştırması.

4.5.8.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

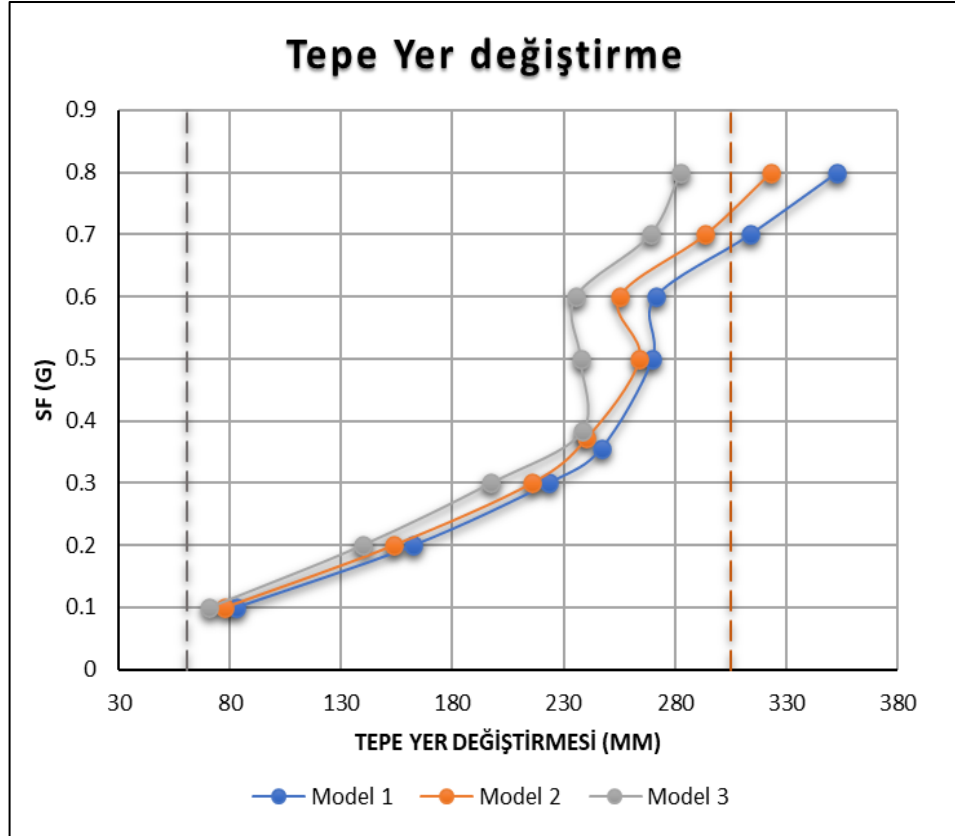
Bu bölümde L'Aquila depremine göre 9 katlı yapı için karşılaştırmalı grafikler gösterilmektedir.

Tablo 4.20: L'Aquila depremine göre 9 katlı yapıda tüm modeller için ölçek faktörleri.

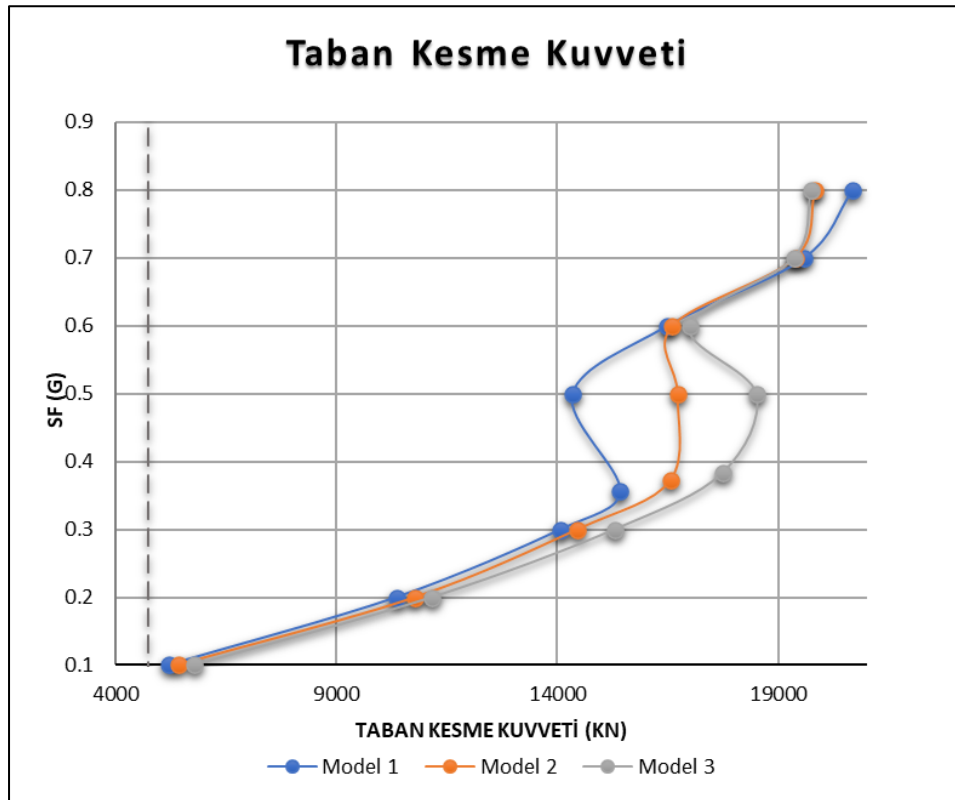
| Model 1 | | | Model 2 | | | Model 3 | | |
|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------|
| (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² | (SF) g | (SF) unitless | Scale m/s ² |
| 0.1 | 0.281 | 2.76 | 0.1 | 0.269 | 2.64 | 0.1 | 0.261 | 2.56 |
| 0.2 | 0.562 | 5.51 | 0.2 | 0.538 | 5.27 | 0.2 | 0.522 | 5.12 |
| 0.3 | 0.843 | 8.27 | 0.3 | 0.806 | 7.91 | 0.3 | 0.783 | 7.68 |
| 0.356 | 1.000 | 9.81 | 0.372 | 1.000 | 9.81 | 0.383 | 1.000 | 9.81 |
| 0.5 | 1.404 | 13.78 | 0.5 | 1.344 | 13.19 | 0.5 | 1.305 | 12.81 |
| 0.6 | 1.685 | 16.53 | 0.6 | 1.613 | 15.82 | 0.6 | 1.567 | 15.37 |
| 0.7 | 1.966 | 19.29 | 0.7 | 1.882 | 18.46 | 0.7 | 1.828 | 17.93 |
| 0.8 | 2.247 | 22.04 | 0.8 | 2.151 | 21.10 | 0.8 | 2.089 | 20.49 |



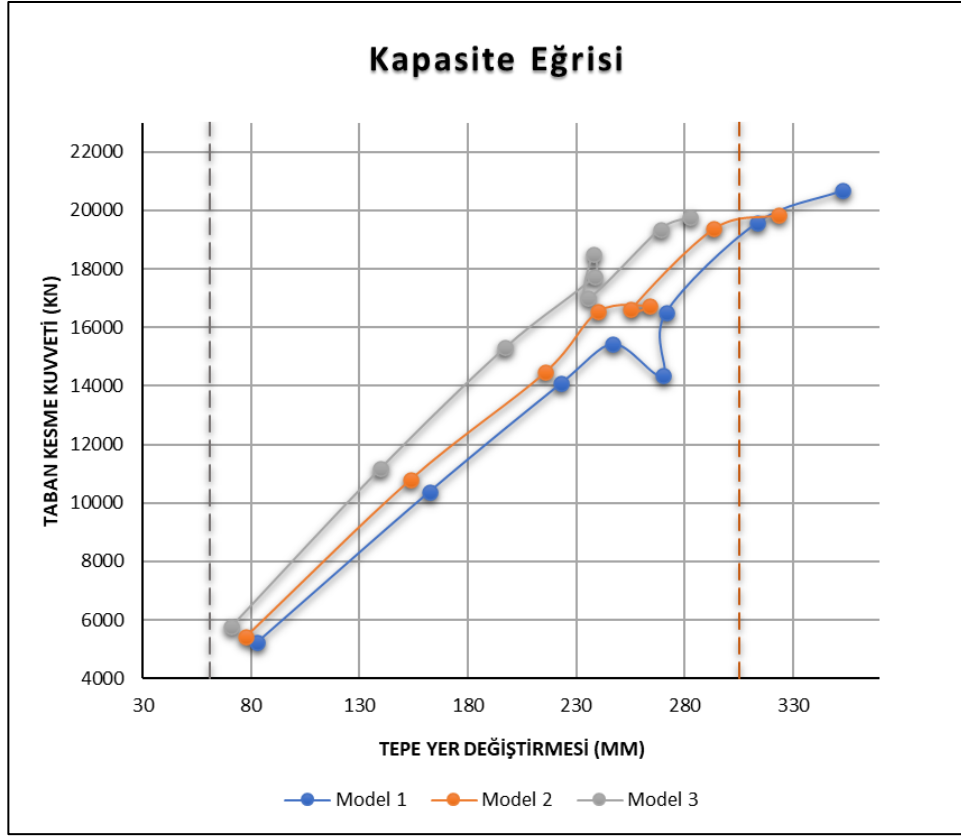
Şekil 4.118: L'Aquila depremi 9 katlı yapı görelî kat ötelemesi oranı karşılaştırması.



Şekil 4.119: L'Aquila depremi 9 katlı yapı için tepe yer değiştirmesi karşılaştırması.

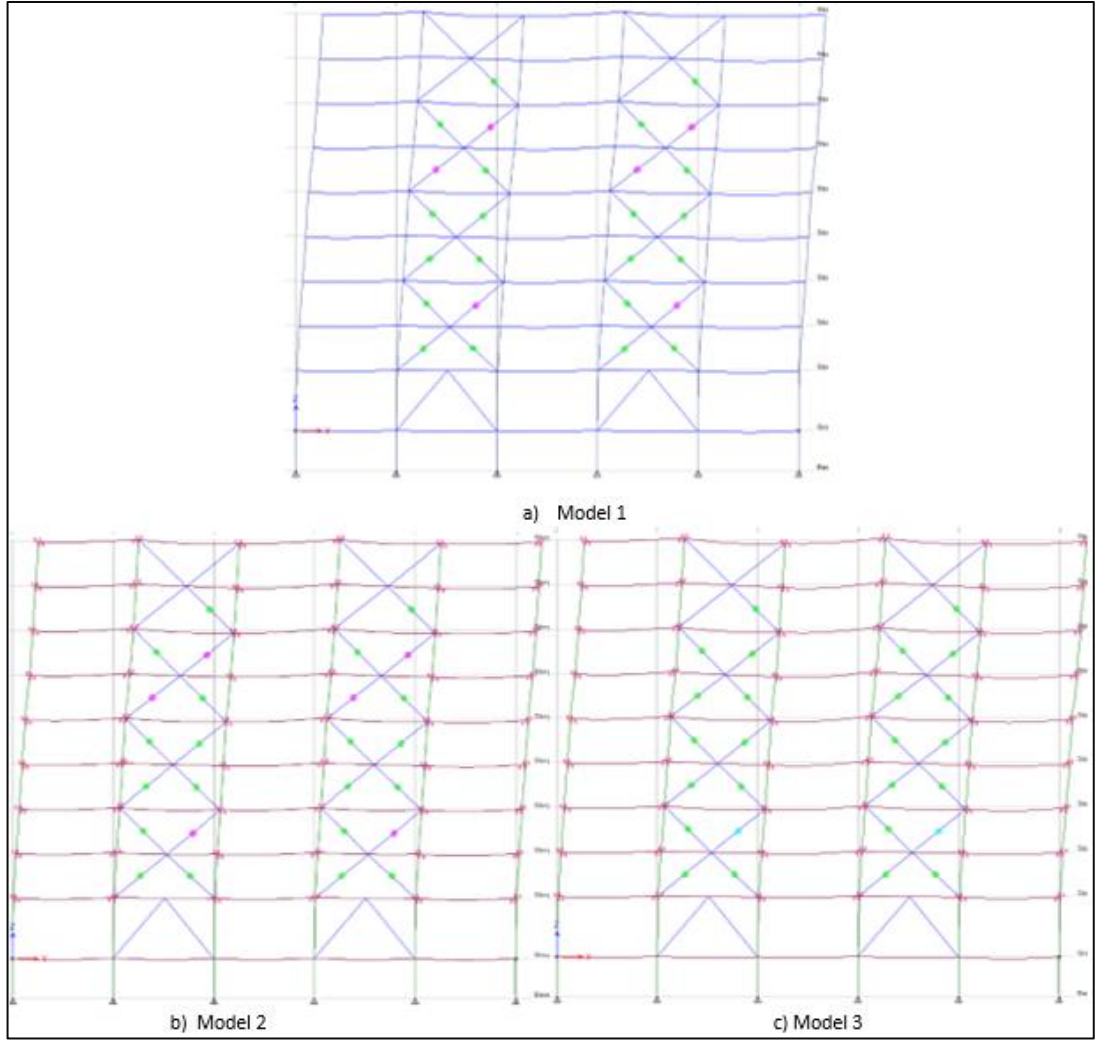


Şekil 4.120: L'Aquila depremi 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırması.



Şekil 4.121: L'Aquila depremi 9 katlı yapı için kapasite eğrisi karşılaştırması.

9 katlı yapıda plastik mafsallaşmanın karşılaştırmasında 0.7g ölçek faktörü kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.122'de bu karşılaştırma görülmektedir.

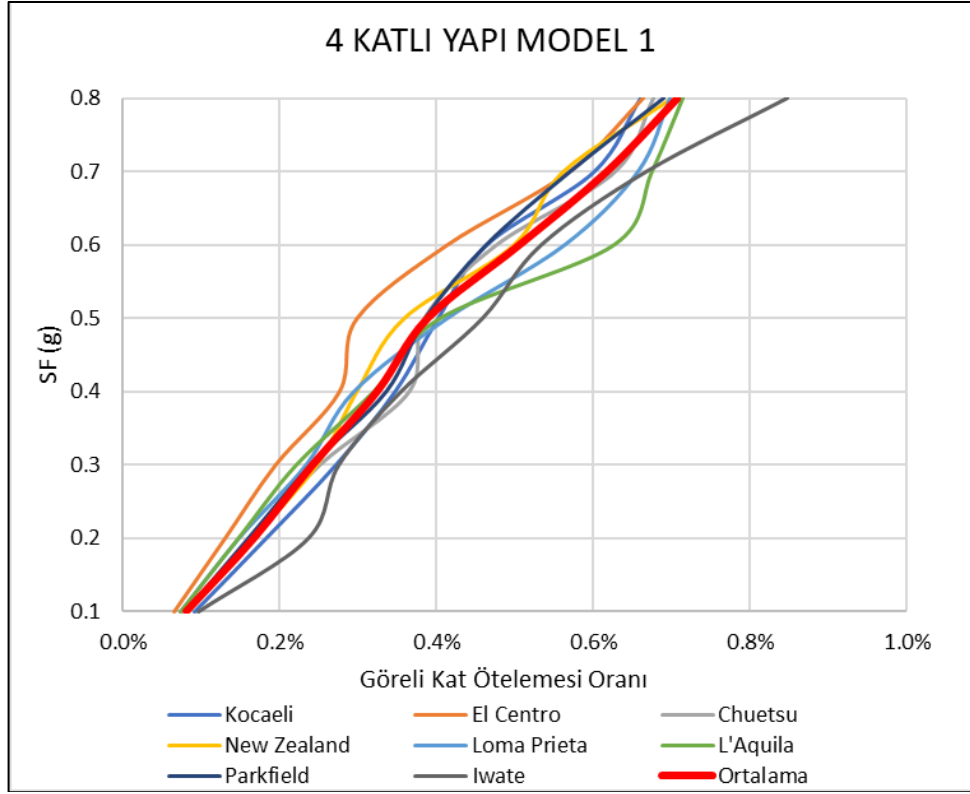


Şekil 4.122: L'Aquila depremi 9 katlı yapı için plastik mafsall karşılaştırması.

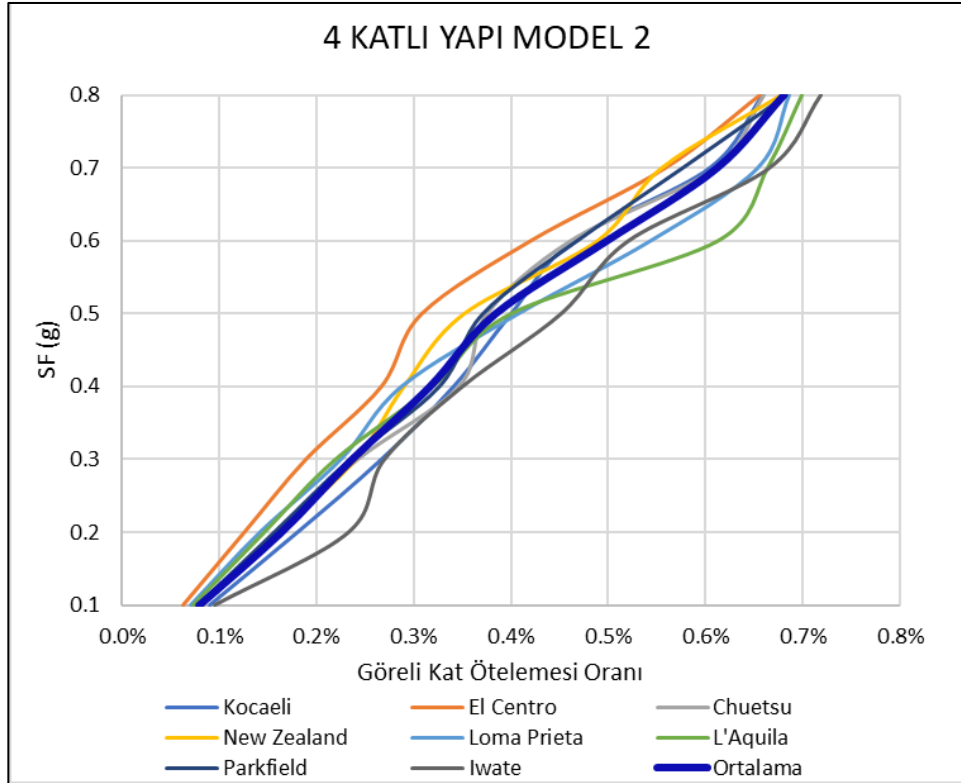
4.5.9. Ortalama Sonuçlar

4.5.9.1. 4 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

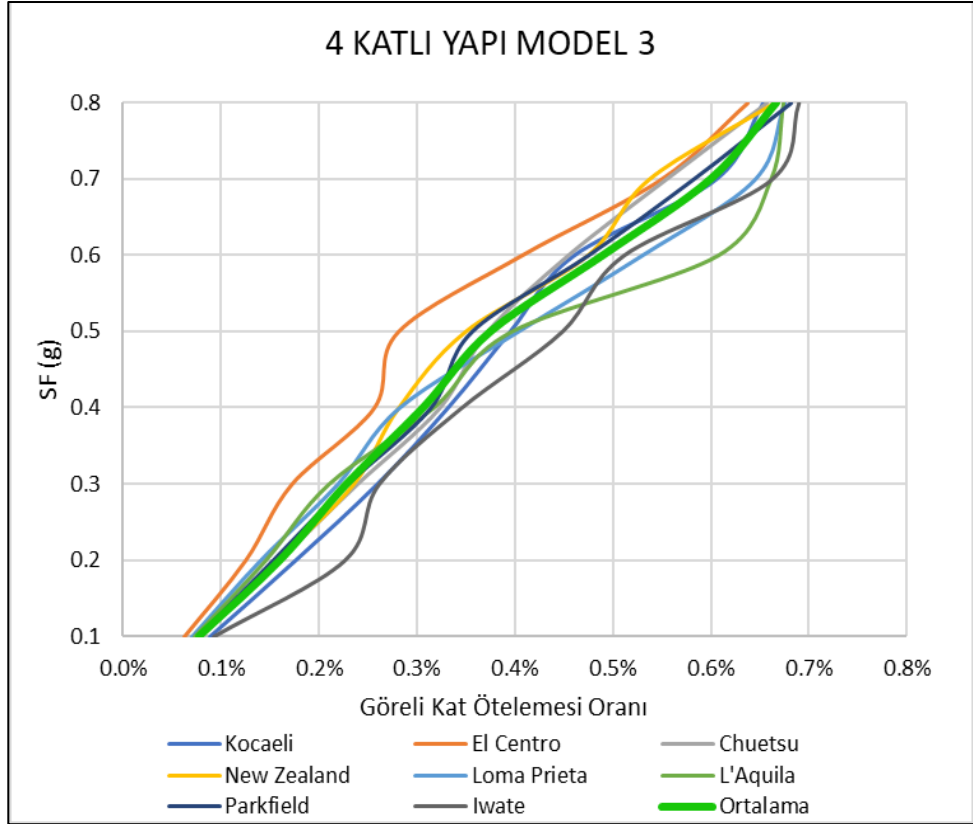
Bu bölümde 4 katlı yapı için tüm depremlerin karşılaştırılması ve ortalamasını veren grafikler gösterilmektedir.



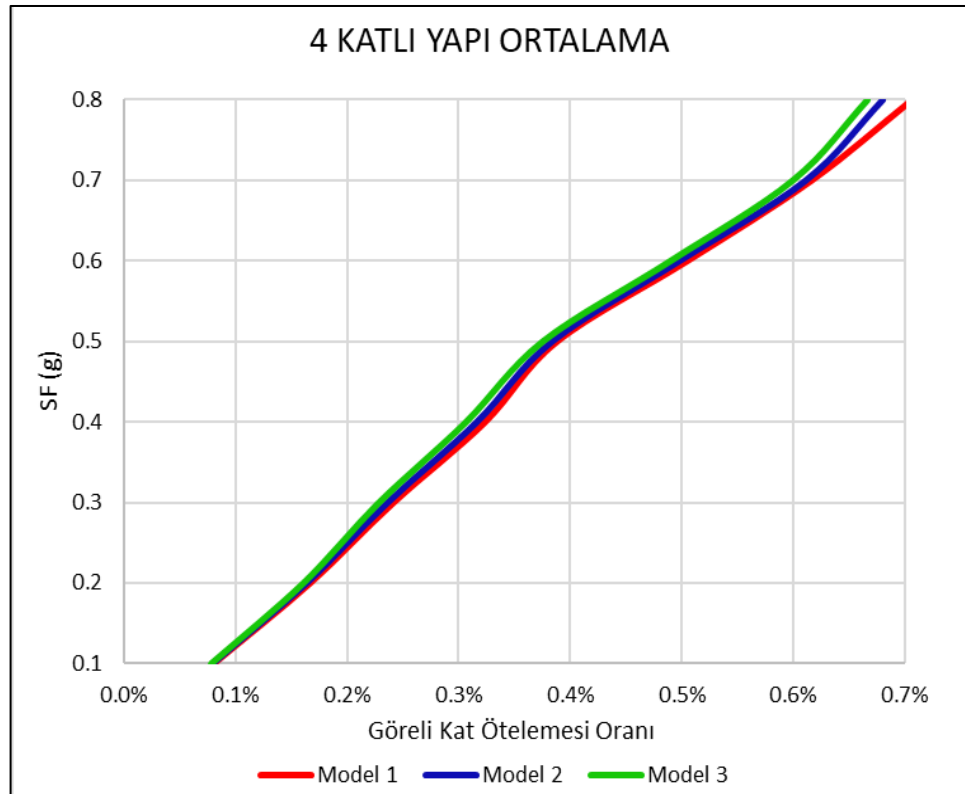
Şekil 4.123: 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı.



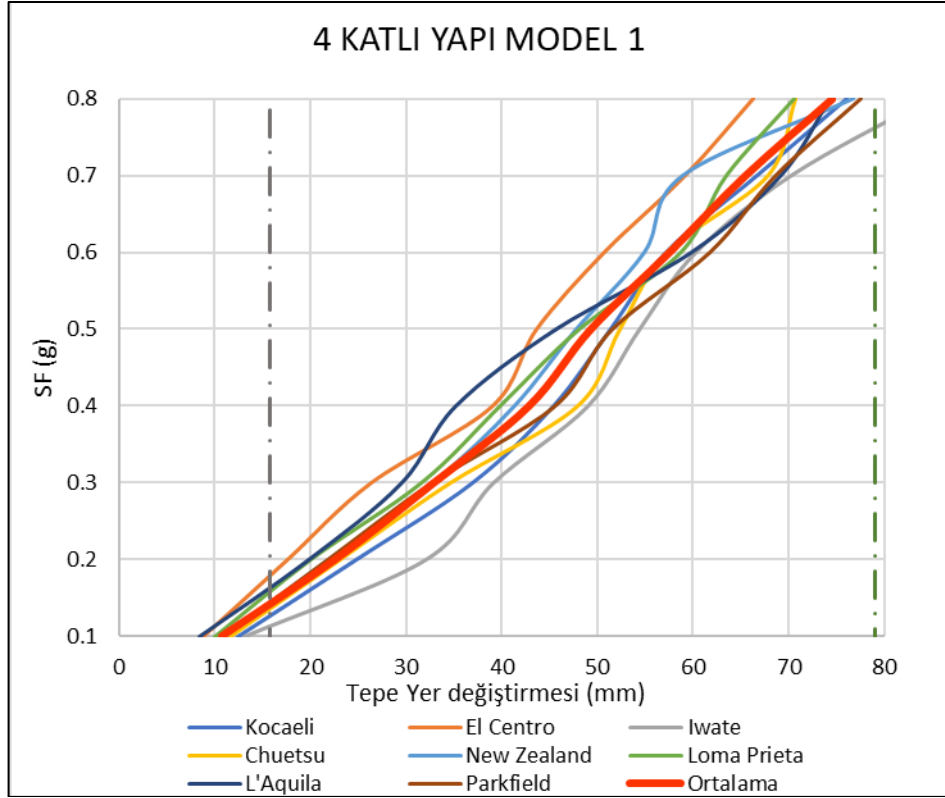
Şekil 4.124: 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı.



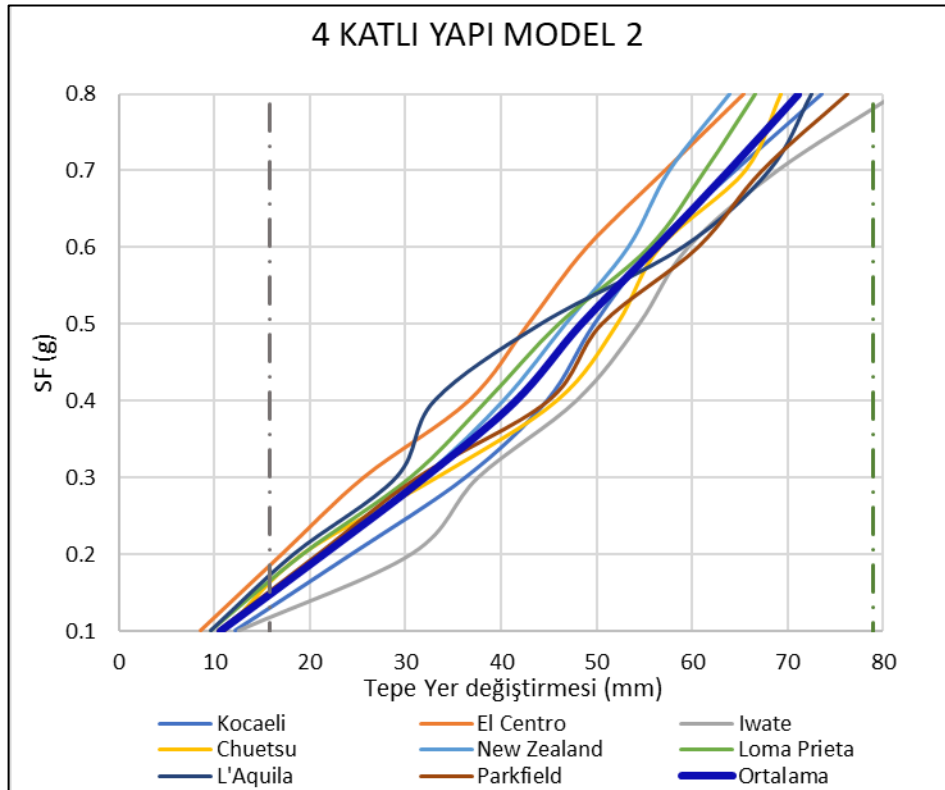
Şekil 4.125: 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama görelü kat ötelemesi oranı.



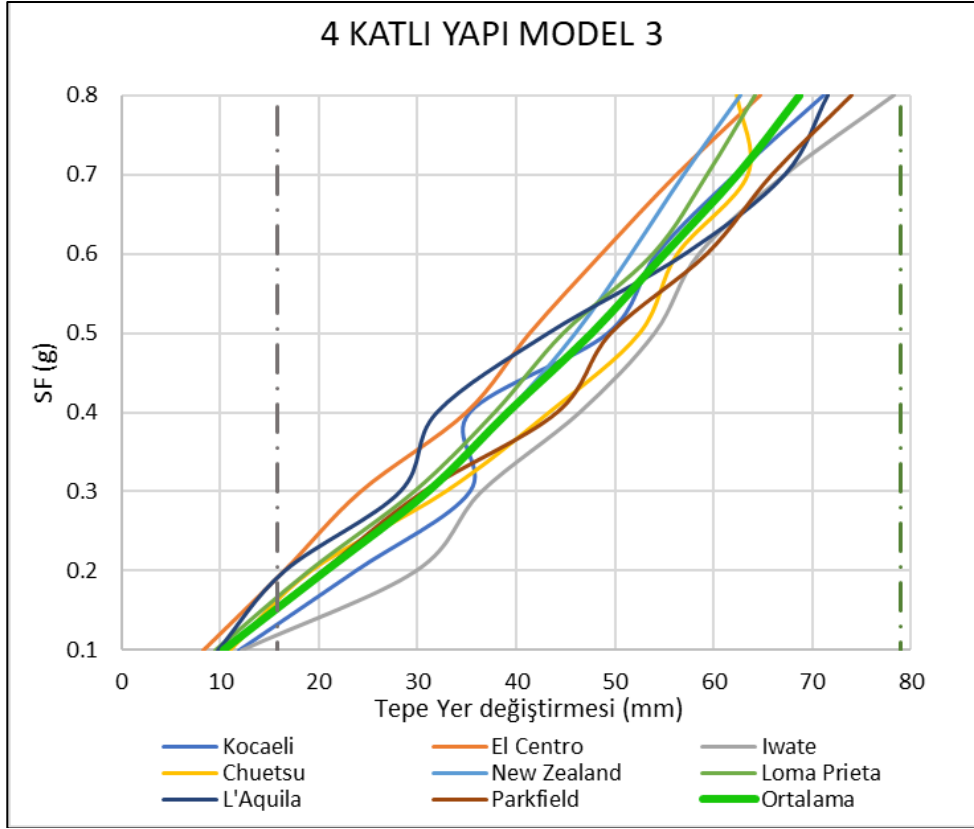
Şekil 4.126: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama görelü kat ötelemesi oranı.



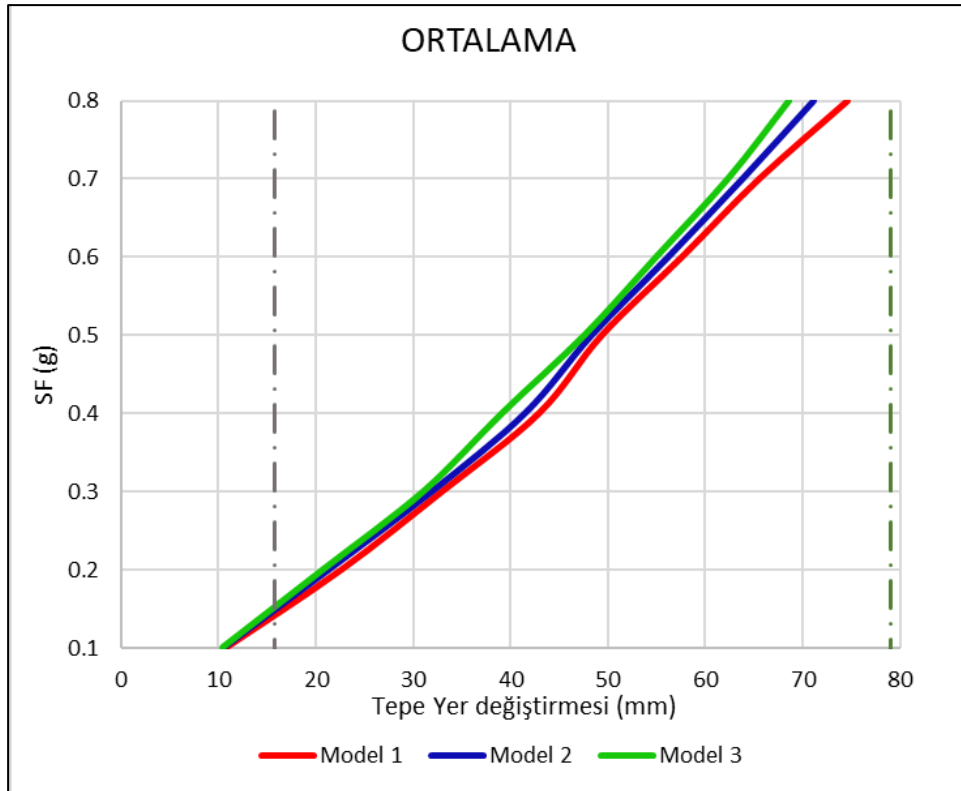
Şekil 4.127: 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi.



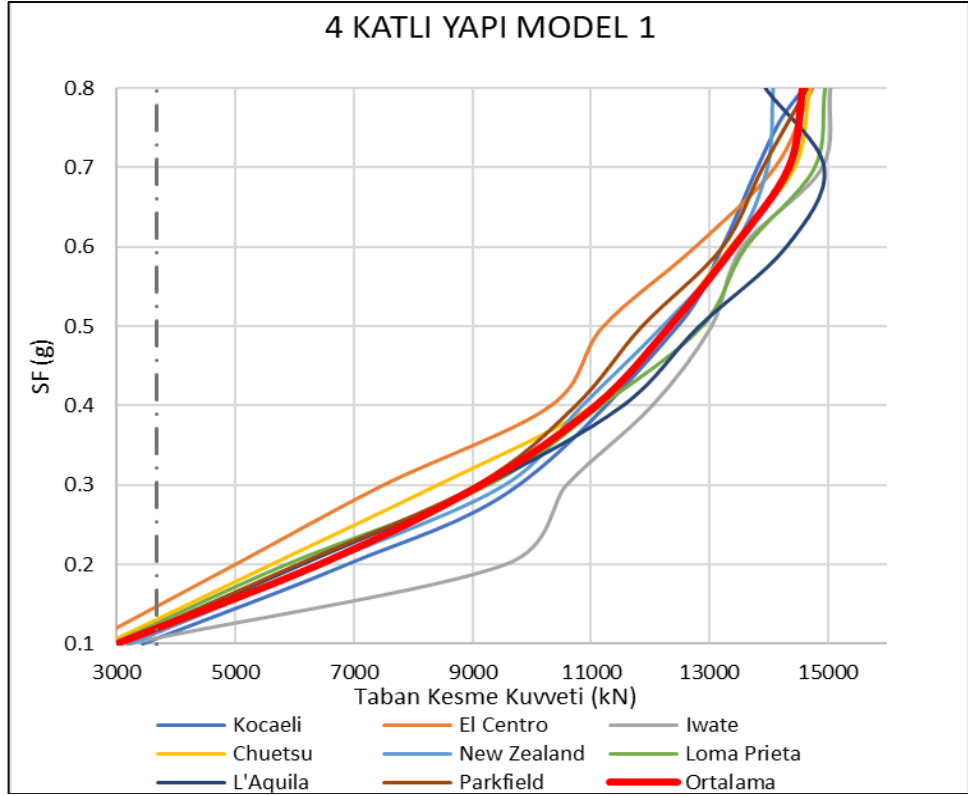
Şekil 4.128: 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi.



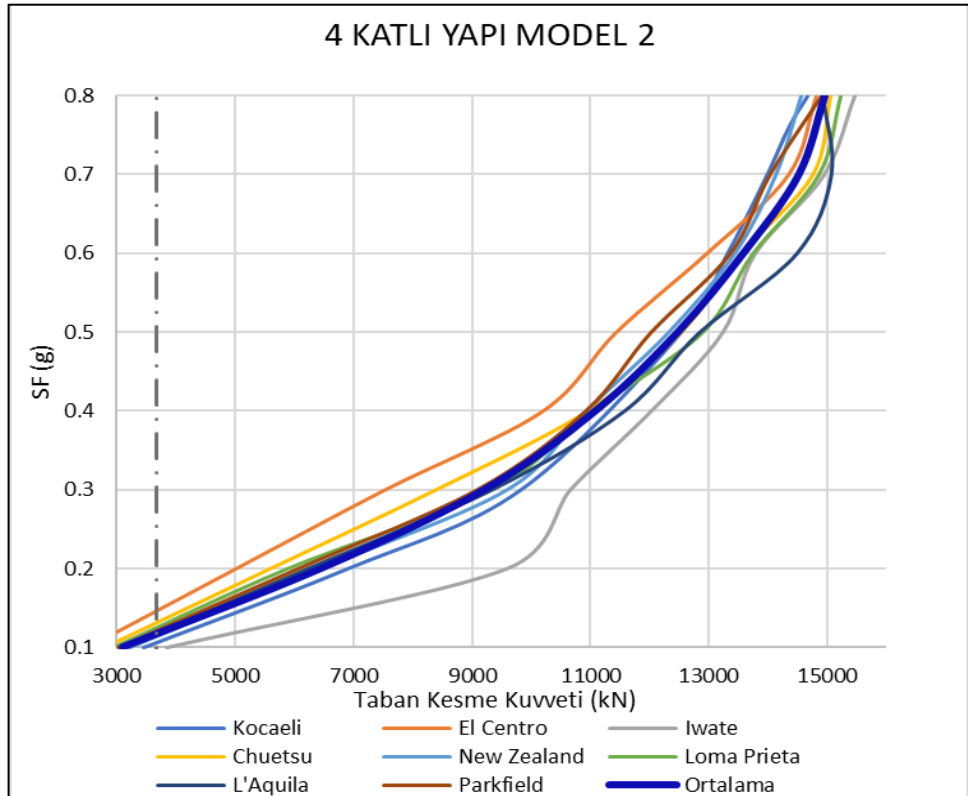
şekil 4.129: 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi.



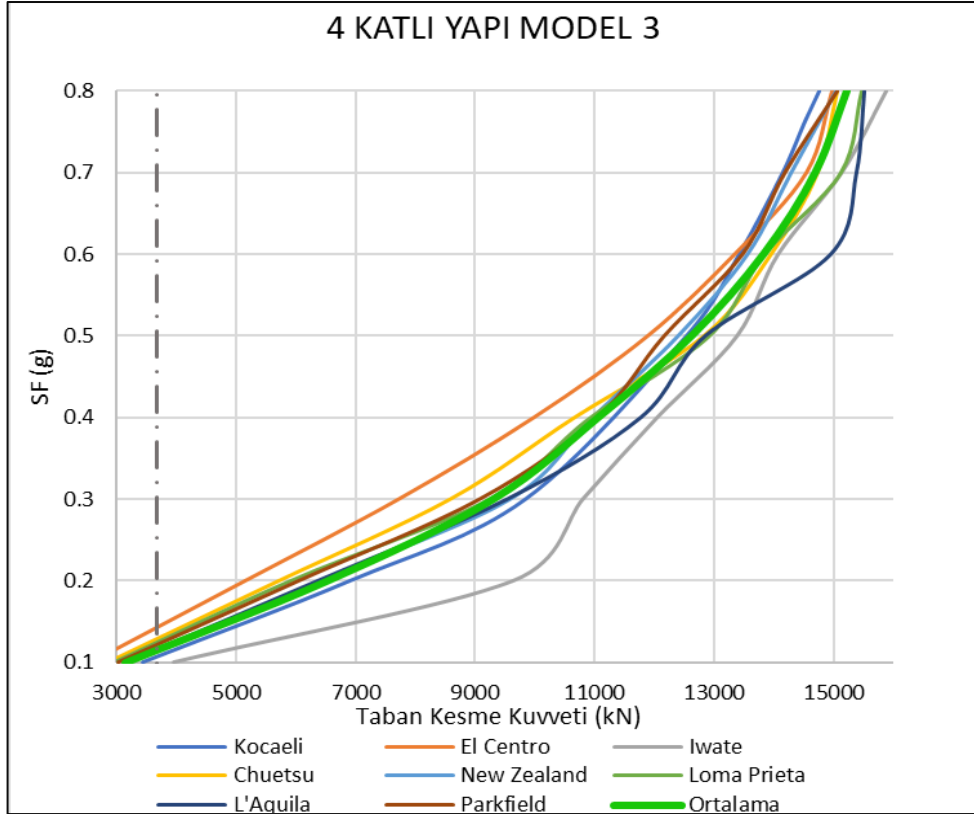
şekil 4.130: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama tepe yer değiştirmesi.



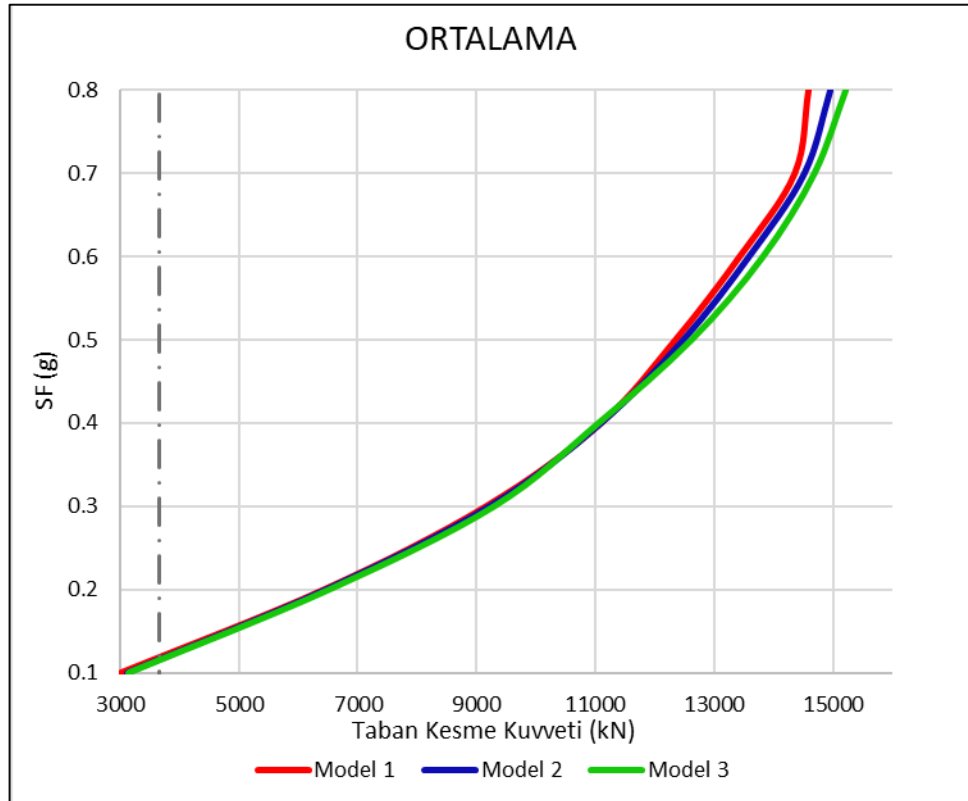
Şekil 4.131: 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti.



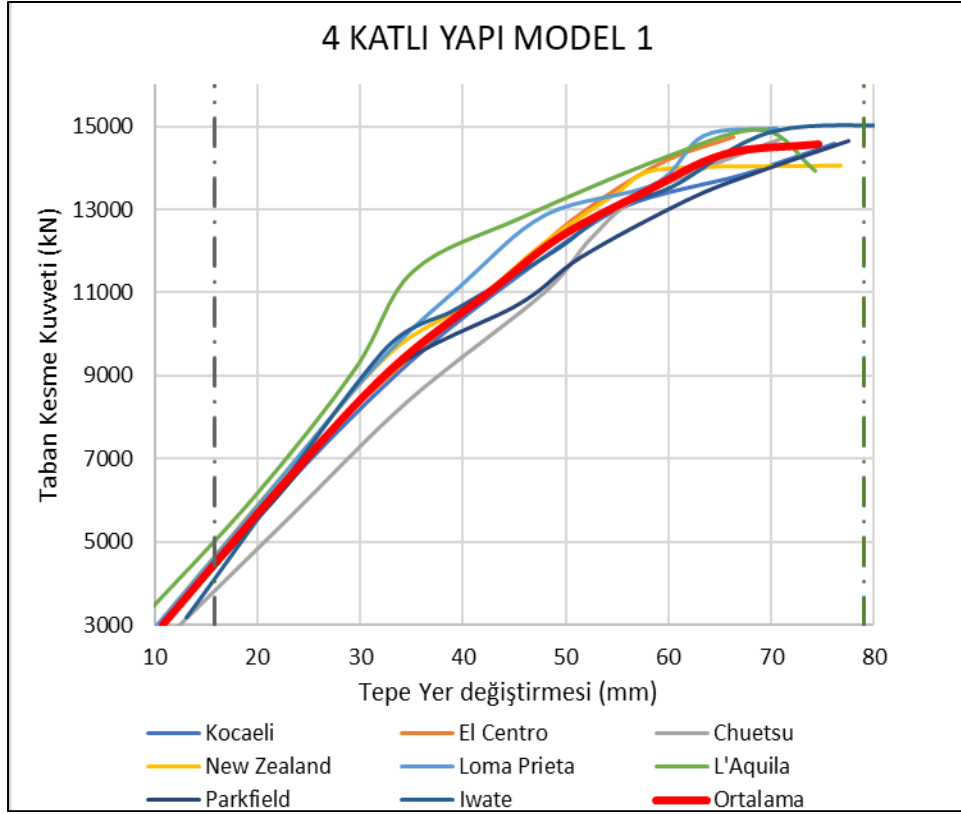
Şekil 4.132: 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti.



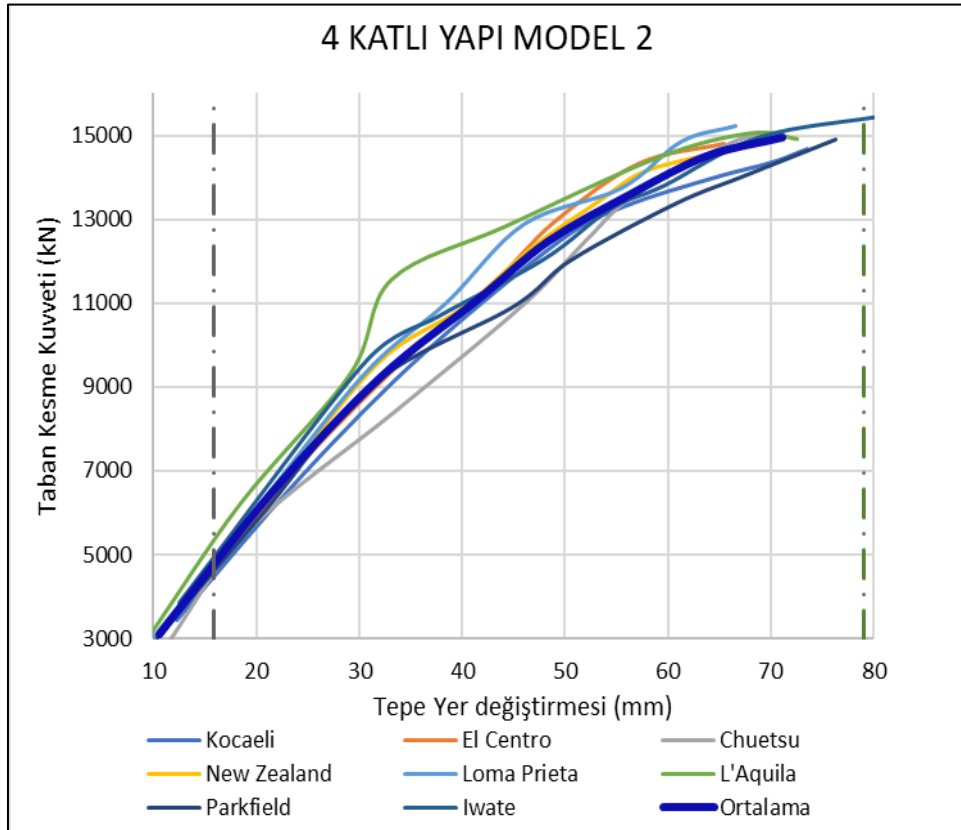
Şekil 4.133: 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti.



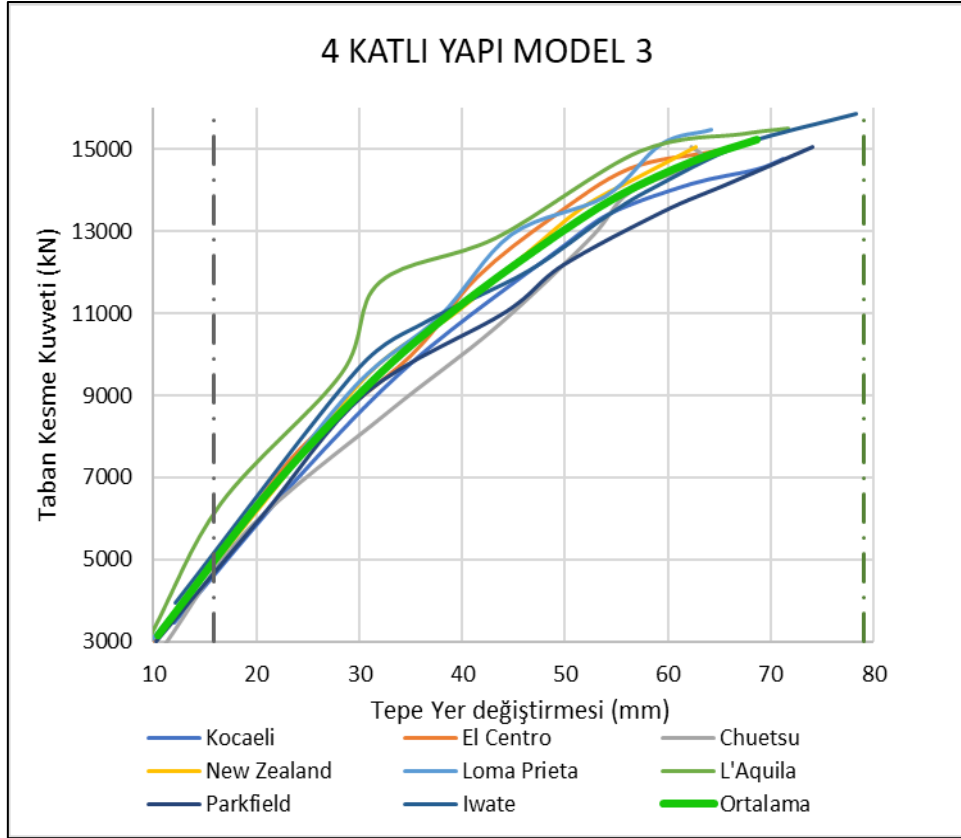
Şekil 4.134: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama taban kesme kuvveti.



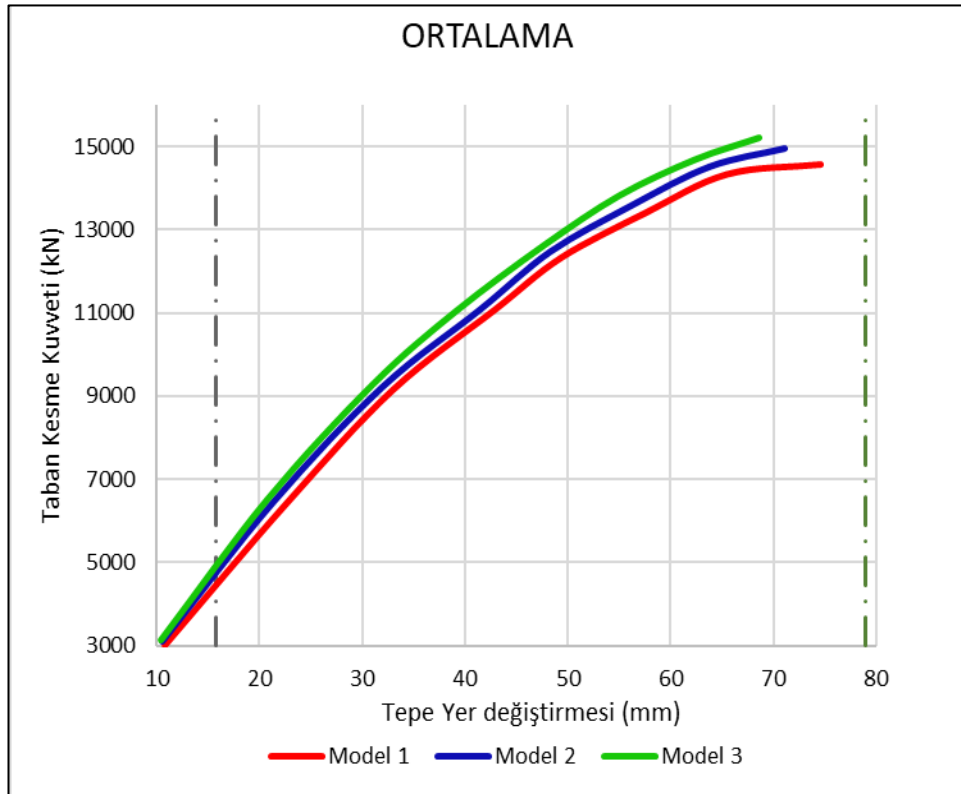
Şekil 4.135: 4 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi.



Şekil 4.136: 4 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi.



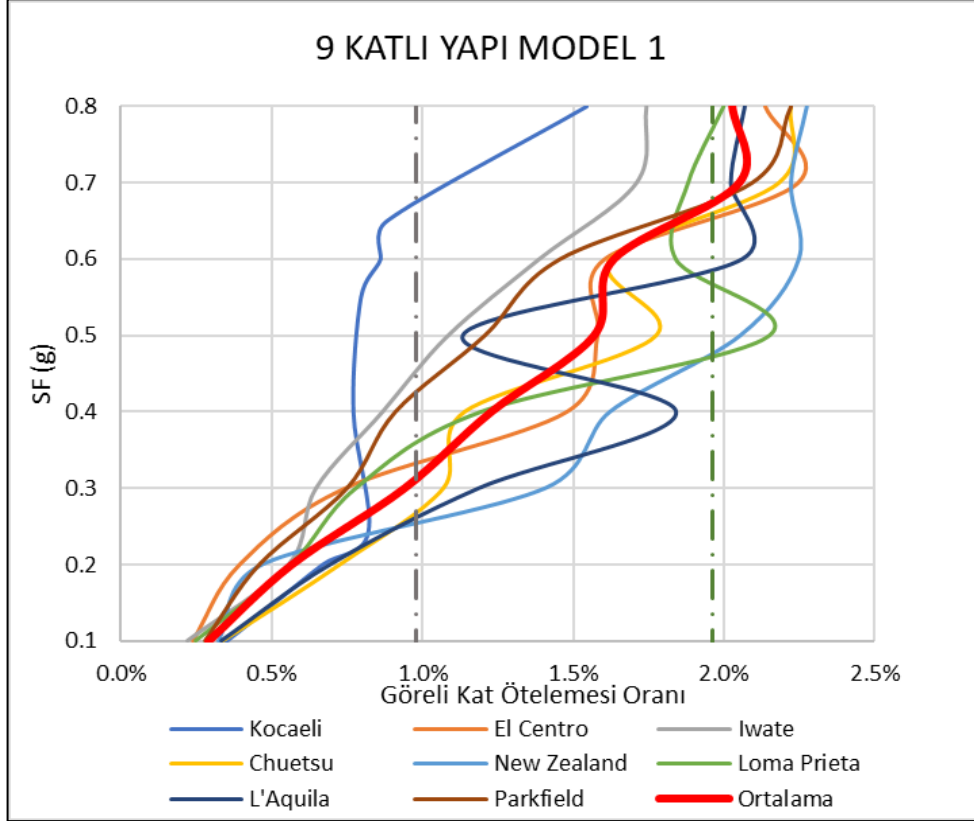
Şekil 4.137: 4 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi.



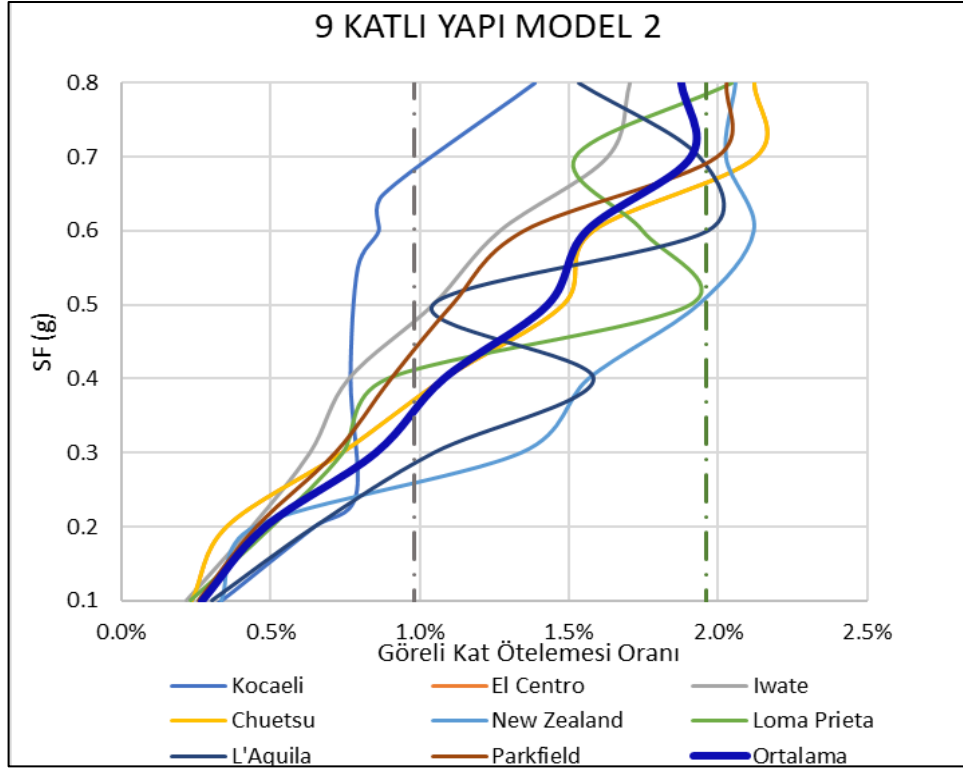
Şekil 4.138: 4 katlı yapı tüm modeller için ortalama kapasite eğrisi.

4.5.9.2. 9 Katlı Yapı İçin Sonuçlar

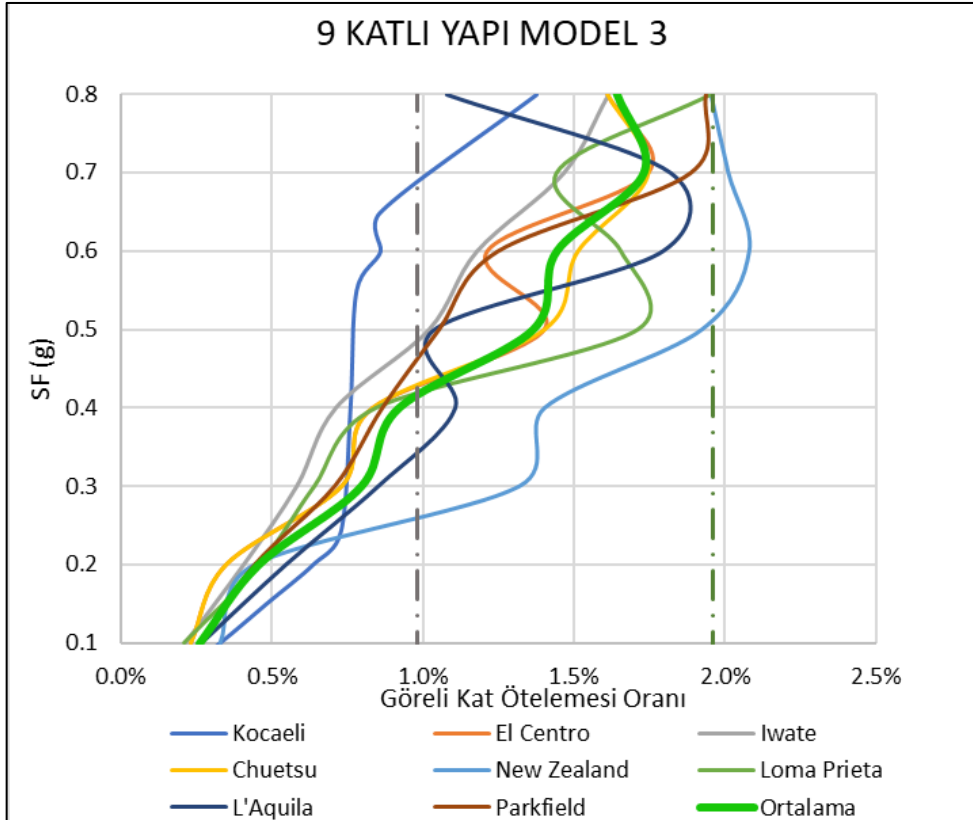
Bu bölümde 9 katlı yapı için tüm depremlerin karşılaştırılması ve ortalamasını veren grafikler gösterilmektedir.



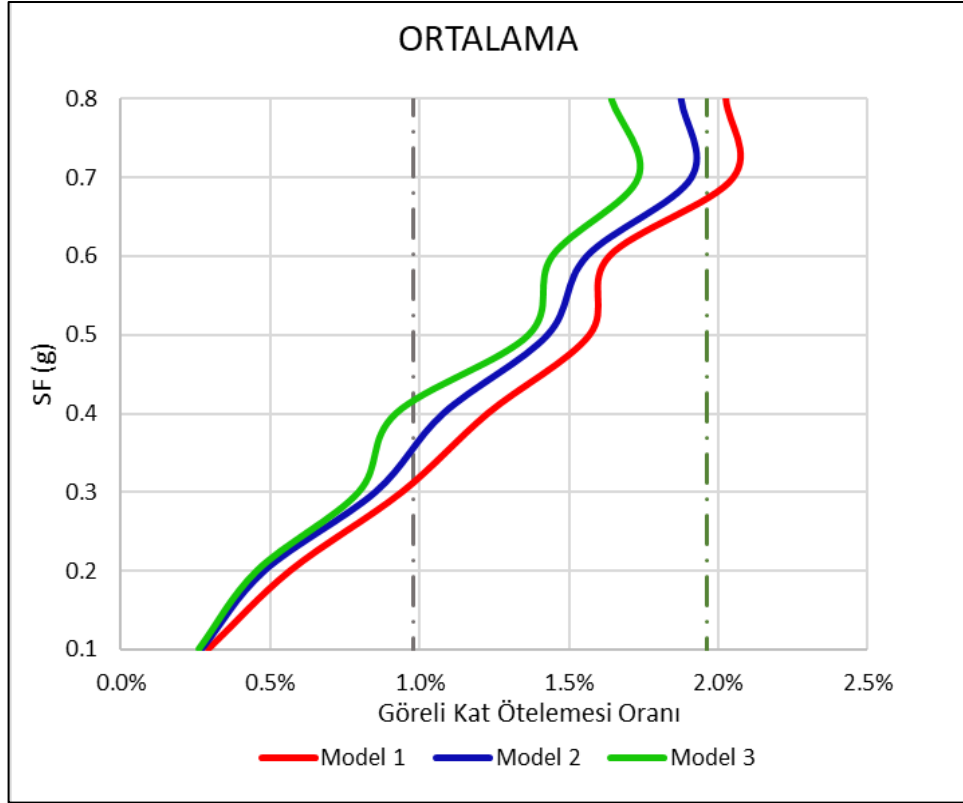
Şekil 4.139: 9 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı.



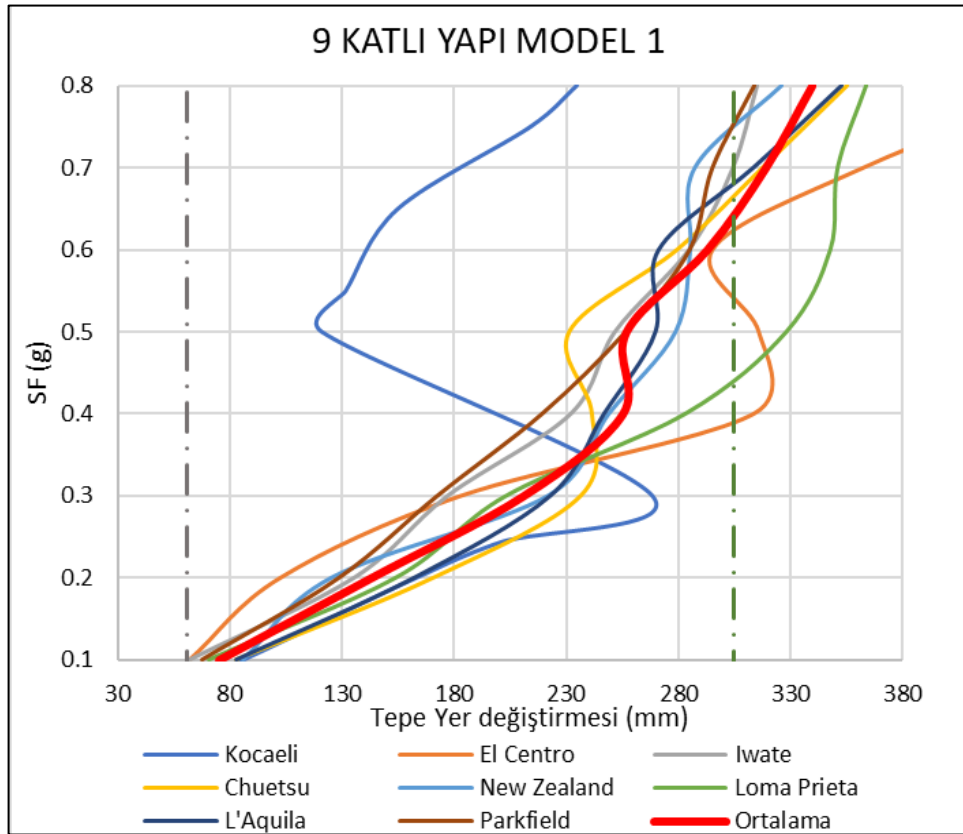
Şekil 4.140: 9 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı.



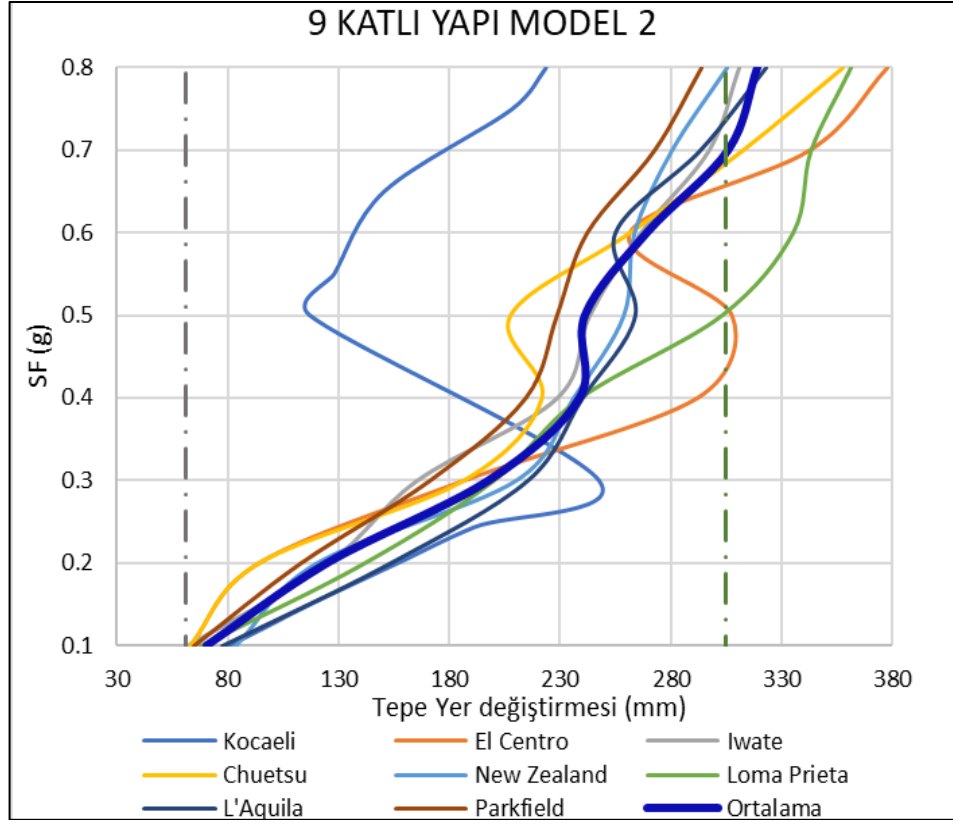
Şekil 4.141: 9 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama görelî kat ötelemesi oranı.



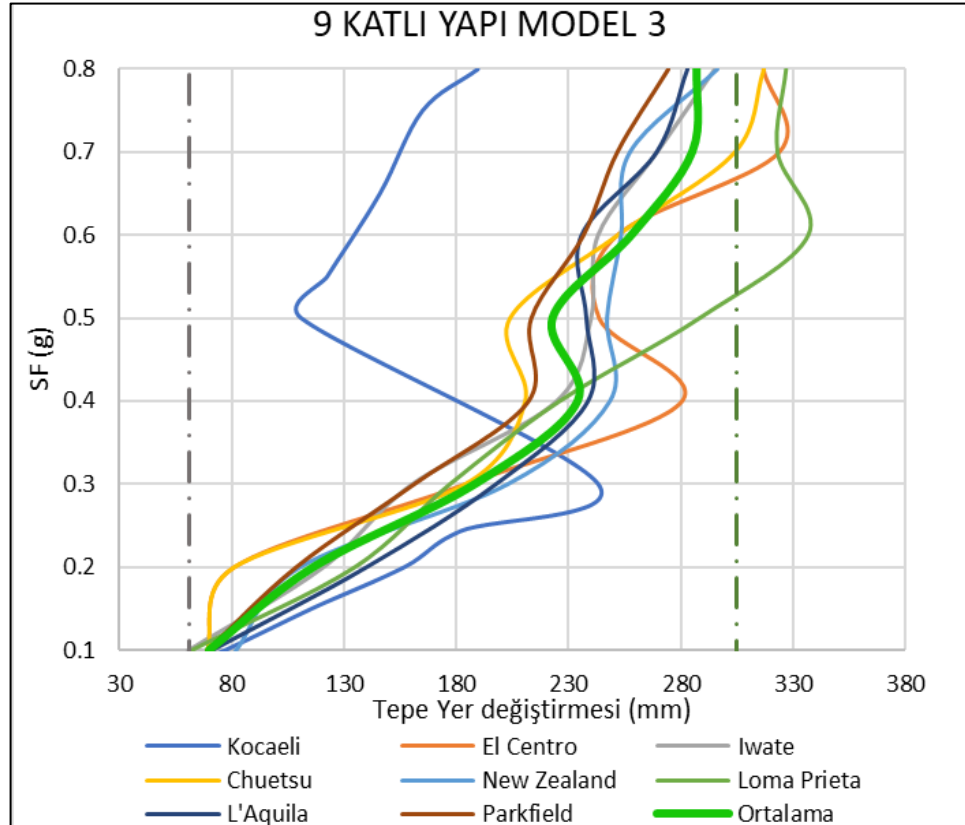
Şekil 4.142: 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama görelü kat ötelemesi oranı.



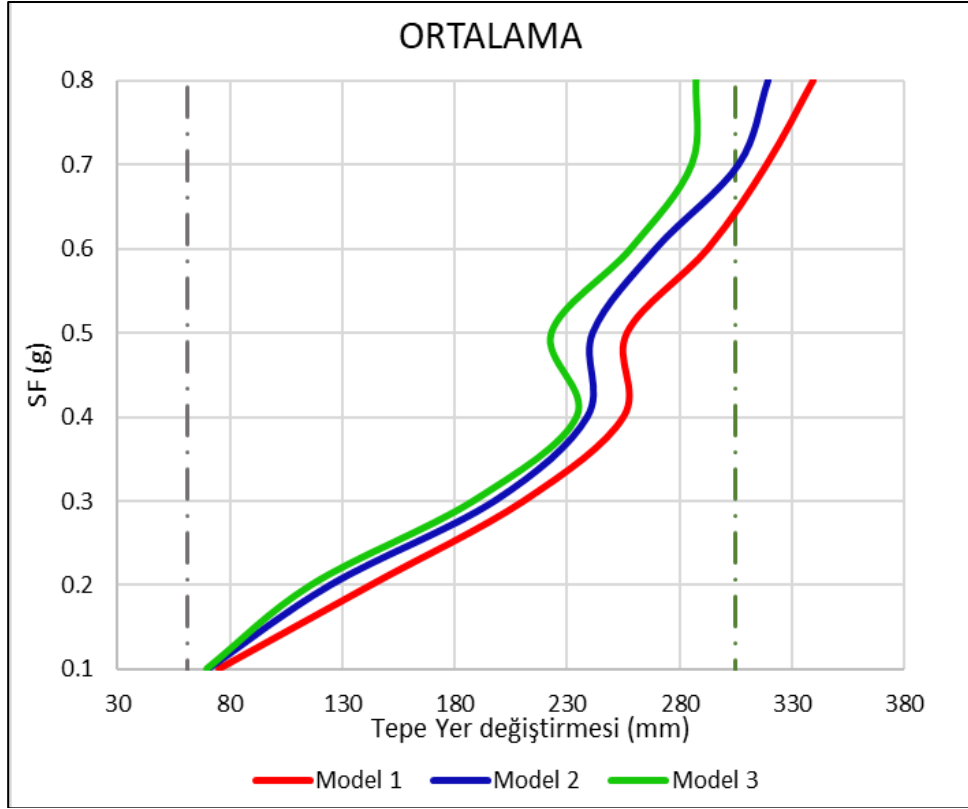
Şekil 4.143: 9 katlı yapı model 1 tüm depremler ve ortalama tepe yer değıştirmesi.



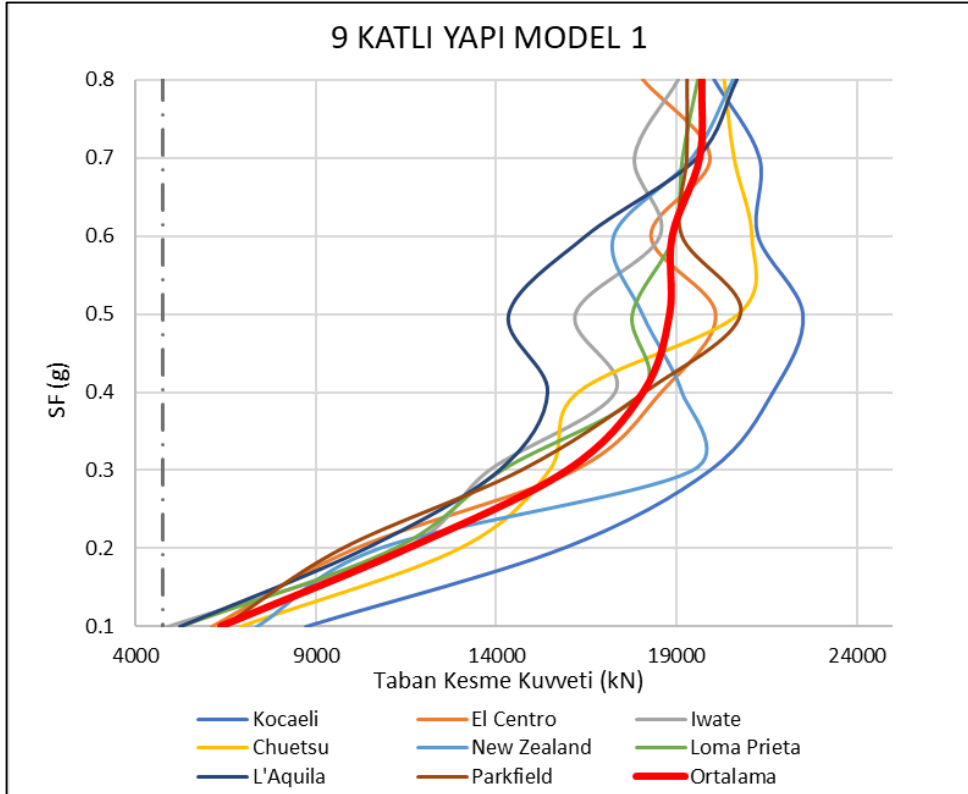
Şekil 4.144: 9 katlı yapı model 2 tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi.



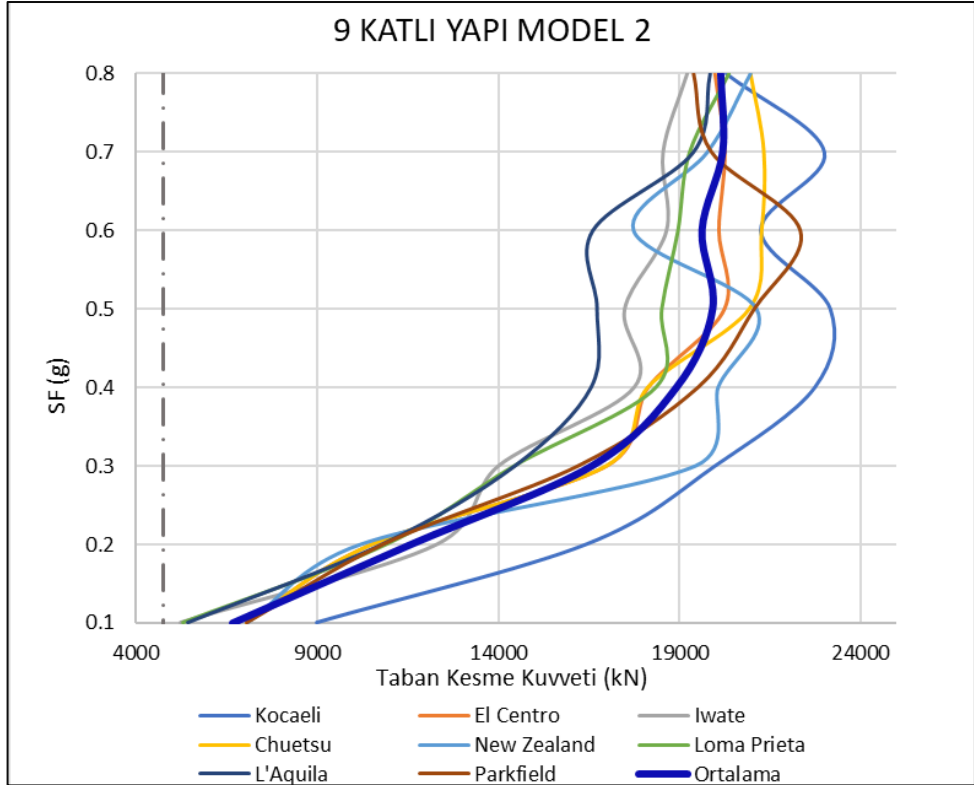
Şekil 4.145: 9 katlı yapı model 3 tüm depremler ve ortalama tepe yer değiştirmesi.



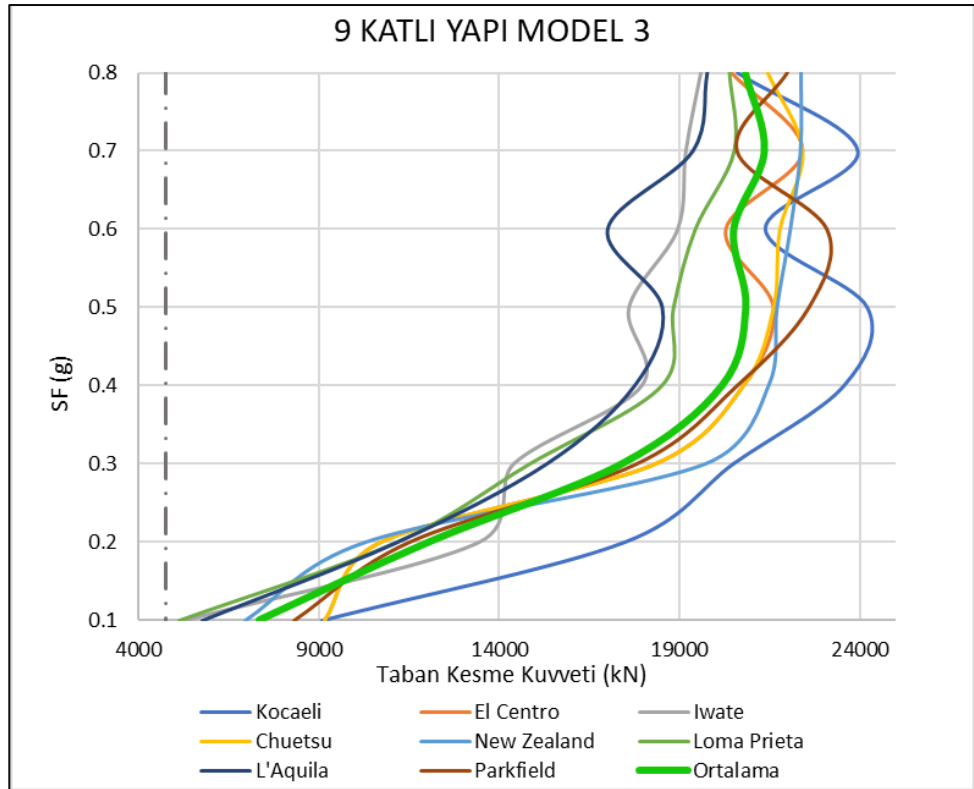
Şekil 4.146: 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama tepe yer değiştirmesi.



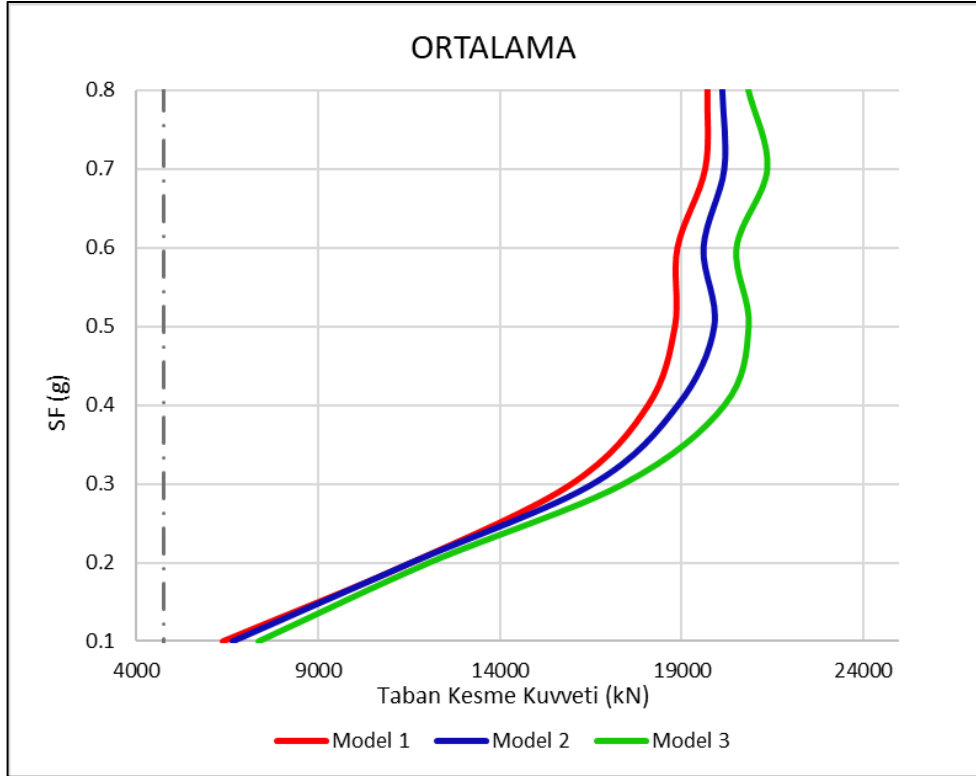
Şekil 4.147: 9 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti.



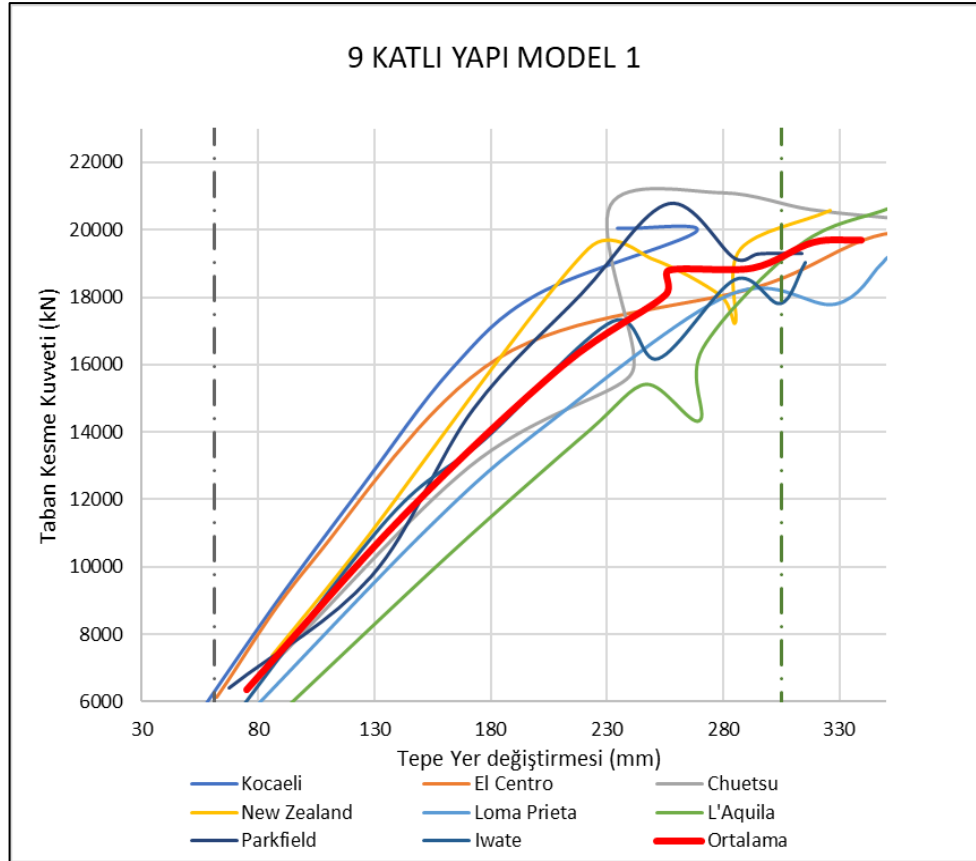
Şekil 4.148: 9 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti.



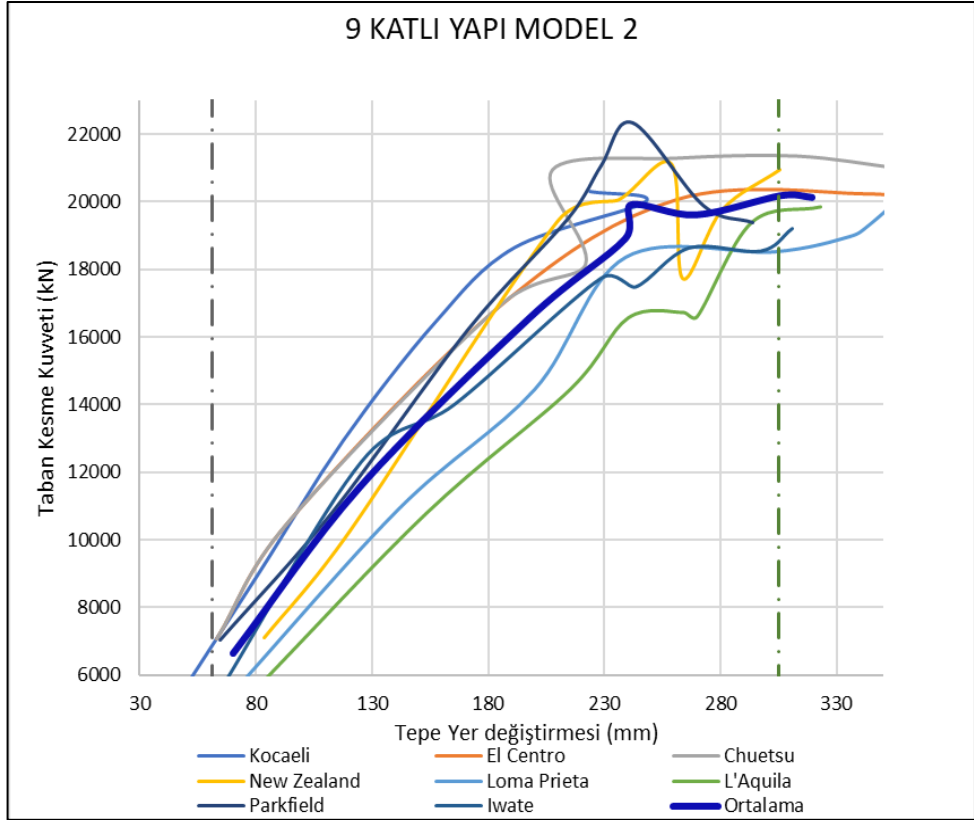
Şekil 4.149: 9 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama taban kesme kuvveti.



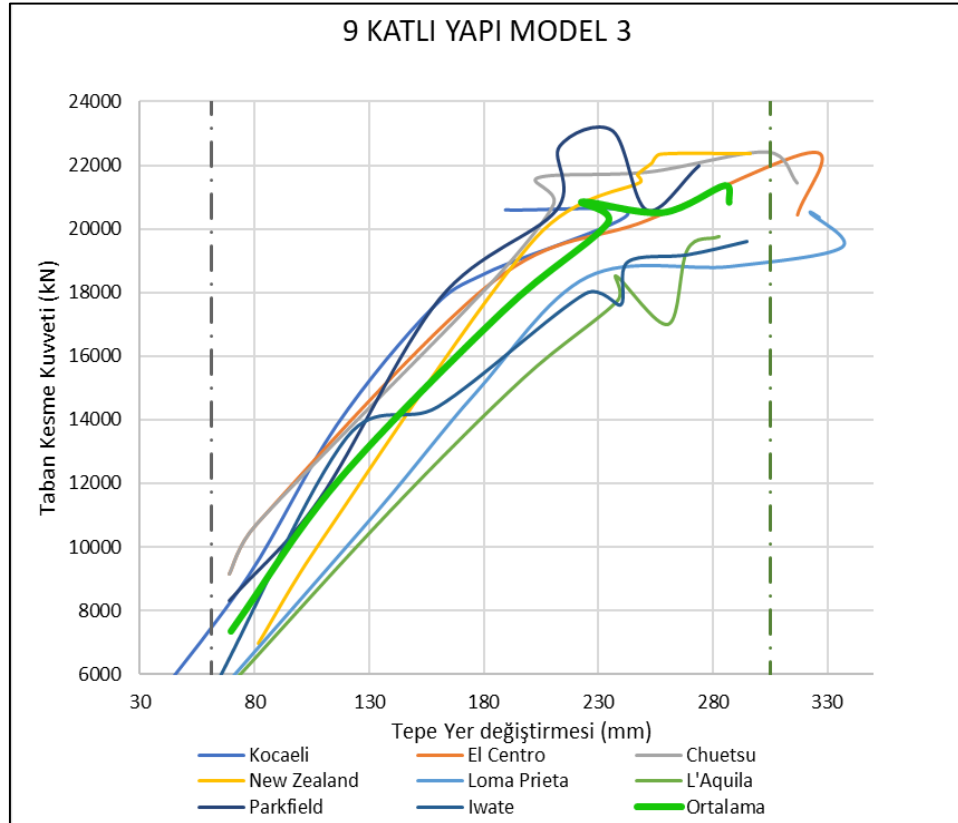
Şekil 4.150: 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama taban kesme kuvveti.



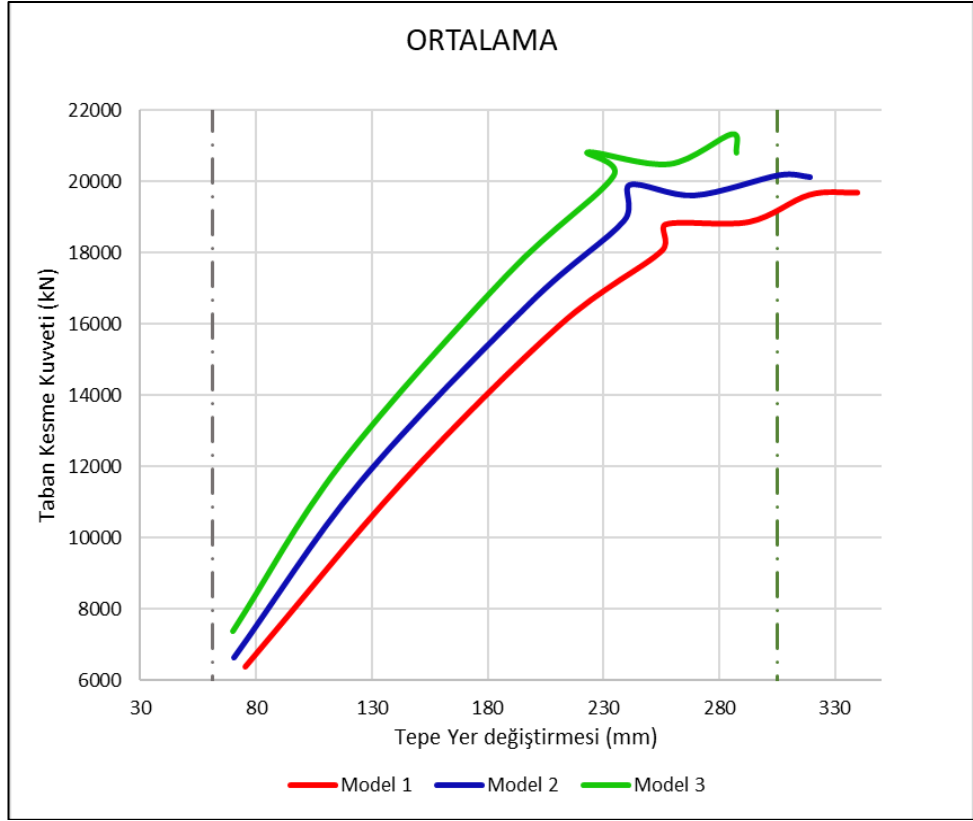
Şekil 4.151: 9 katlı yapı model 1 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi.



Şekil 4.152: 9 katlı yapı model 2 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi.



Şekil 4.153: 9 katlı yapı model 3 için tüm depremler ve ortalama kapasite eğrisi.



Şekil 4.154: 9 katlı yapı tüm modeller için ortalama kapasite eğrisi.

5. SONUÇLAR

Tez kapsamında TBDY 2018'e göre tasarımı yapılan çevre çerçeveleri Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeve'lerden oluşan 4 katlı ve 9 katlı yapıda, düşey yük taşıyan iç çerçevelerin sismik performansa katkısını ve sağladığı ilave kapasiteyi incelemek amacıyla 3 farklı şekilde model oluşturulmuştur. Model 1'de geleneksel tasarıma uyularak düşey yük taşıyan iç çerçevelerin sismik performansa katkısı ihmal edilmiştir. Model 2'de iç çerçeve birleşim detayının katkısı ele alınmıştır. Model 3'de Model 2'ye ek olarak kompozit döşeme katkısını da ele alan birleşim modeli oluşturulmuştur.

Modellerin analizi için farklı depremler altında doğrusal olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz yöntemi ile hasar seviyelerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesini sağlamak amacıyla Artımsal Dinamik Analiz (ADA) yöntemi uygulanmıştır.

Analizler sonucunda görelî kat öteleme oranları, tepe yer değiştirmeleri, taban kesme kuvvetleri, kapasite eğrileri, plastik mafsallaşma ve hakim periyotlar karşılaştırılıp aşağıdaki yorumlar elde edilmiştir.

4 katlı yapıda hakim periyotlar Model 1 için 0.602 saniye, Model 2 için 0.596 saniye, Model 3 için 0.589 saniyedir. 9 katlı yapıda hakim periyotlar Model 1 için 1.516 saniye, Model 2 için 1.482 saniye, Model 3 için 1.417 saniyedir. Yani; Model 1'den Model 3'e doğru düşey yük taşıyan iç çerçevelerin birleşimlerinin yarı rijit tasarımı ile rijitliğin artmasına bağlı olarak periyodun azaldığı görülmektedir.

Tablo 5.1: Hakim periyotları karşılaştırılması.

| Yapı | Model 1 | Model 2 | Model 3 |
|---------|----------|----------|----------|
| 4 katlı | 0.602 s. | 0.596 s. | 0.589 s. |
| 9 katlı | 1.516 s. | 1.482 s. | 1.417 s. |

4 katlı yapı ve 9 katlı yapı için tüm depremlerin tek tek sonuçlarından ve ortalama sonuçlarından görüldüğü üzere aynı yer hareketi ivmesinde Model 1'den Model 3'e doğru görelî kat öteleme oranı azalmaktadır. Aşağıdaki Tablo 5.2'de

görüldüğü üzere örnek olarak belirlenen bir görelî kat öteleme oranını (%0.5) Model 1'den Model 3'e doğru daha fazla yer hareketi ivmesinde göstermektedir.

Tablo 5.2: Görelî kat öteleme oranları karşılaştırılması.

| Yapı | Model 1 | Model 2 | Model 3 |
|---------|---------|---------|---------|
| 4 katlı | 0.596 g | 0.602 g | 0.609 g |
| 9 katlı | 0.176 g | 0.205 g | 0.213 g |

Görelî kat öteleme oranı ile benzer olarak tepe yer değiştirmesi de aynı yer hareketi ivmesinde Model 1'den Model 3'e doğru azalmaktadır. Aşağıdaki Tablo 5.3'de görüldüğü üzere örnek olarak belirlenen yer değiştirmeleri (4 katlı için 50 mm, 9 katlı için 250 mm) Model 1'den Model 3'e doğru daha fazla yer hareketi ivmesinde göstermektedir.

Tablo 5.3: Tepe yer değiştirmesi karşılaştırılması.

| Yapı | Model 1 | Model 2 | Model 3 |
|-----------------------|---------|---------|---------|
| 4 katlı (50 mm için) | 0.508 g | 0.521 g | 0.533 g |
| 9 katlı (250 mm için) | 0.388 g | 0.531 g | 0.577 g |

4 katlı ve 9 katlı yapı için taban kesme kuvveti karşılaştırmalarına göre aynı yer hareketi ivmesi altında Model 1'den Model 3'e doğru sistemin daha fazla taban kesme kuvveti karşıladığı söylenebilir. Aşağıdaki Tablo 5.4'de görüldüğü üzere örnek olarak belirlenen yukarıdaki yer değiştirmelerine karşılık gelen yer hareketi ivmelerine göre elde edilen taban kesme kuvvetlerinin Model 1'den Model 3'e doğru arttığı görülmektedir.

Tablo 5.4: Taban kesme kuvveti karşılaştırılması.

| Yapı | Model 1 | Model 2 | Model 3 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| 4 katlı (50 mm için) | 12426.84 kN | 12709.03 kN | 13015.95 kN |
| 9 katlı (250 mm için) | 17824.09 kN | 19809.65 kN | 20577.34 kN |

Plastik mafsallaşma karşılaştırmalarından görüldüğü üzere örnek olarak belirlenen bir yer hareketi ivmesinde Model 1'den Model 3'e doğru plastik mafsallaşma azalmaktadır.

Tüm depremlerin tek tek ve ortalama sonuçlarındaki kapasite eğrisi karşılaştırma şekillerinden görüldüğü üzere 4 katlı ve 9 katlı yapının aynı yer değıştirmesinde karşıladıkları taban kesme kuvveti Model 1'den Model 3'e doğru artmaktadır.

Yarı rijit birleşim modelleri ile Model 1'den Model 3'e doğru giderek artan katkı tüm karşılaştırmalarda görülmüş olup elde edilen sonuçlara göre bu araştırma sonucunda beklenen dayanım artışı gözlemlenmiş yani; düşey yük taşıyan iç çerçeve birleşimleri katkısının artmasına bağılı olarak rezerv kapasite sağlanmıştır. İç çerçevelerin sayısal modellere katkısının dahil edilmesinin çaprazlı çelik yapıların genel performansını iyileştirdiğı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] FEMA, (2000). “FEMA 355D: State of the Art Report on Connection Performance”, in prepared by the SAC Joint Venture for the Federal Emergency Management Agency. Washington, DC.
- [2] TBDY, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- [3] AISC 360 – 16, (2016), Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction Inc, Chicago, IL, USA.
- [4] ETABS, (2018), “Extended 3d Analysis of Building Systems”, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [5] Wen R., Akbaş B., Shen J. (2013), “Practical moment-rotation relations of steel shear tab connections”, J. Constr. Steel Res. 88, 296–308.
- [6] Shen J, Wen R, Akbaş B, Şeker O, Uçkan E, (2015), “Near-collapse behavior of steel buildings with non-ductile concentrically braced frames”, Journal of Constructional Steel Research, 113, 101-114.
- [7] Zorlu M., Akbaş B., Shen J, Şeker O., (2018), “Contribution of gravity frames to seismic performance of steel moment resisting frames”, Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B – Theoretical Science, 6, 57-66.
- [8] Tremblay R., (2000), “Influence of brace slenderness on the seismic response of concentrically braced steel frames.” Behavior of Steel Structures in Seismic Areas: Proc., 3rd Int. Conf. STESSA, F. M. Mazzolani and R. Tremblay, eds., Balkema, Montreal, 527–534.
- [9] Uriz P. (2005), “Towards earthquake resistant design of concentrically braced steel structures.” Ph.D. thesis, Univ. of California, Berkeley.
- [10] Fell B.V., Kanvinde A.M., Deierlein G.G., Myers A.T. (2009), “Experimental Investigation of Inelastic Buckling and Fracture of Steel Braces” Journal of Structural Engineering, 66:1 ,pp. 19-32.
- [11] Web 1, (2017), <https://tdth.afad.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 14/03/2021).
- [12] Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, (2016), Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- [13] AISC360-10 (2010), Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL, USA.
- [14] ANSI / AISC 341 – 10, (2010), Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction Inc, Chicago, IL, USA.

- [15] IBC, (2018), International Building Code, International Code Council.
- [16] ASCE/SEI 7-16, (2017), Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA.
- [17] TS 498, (1997), Türkiye Standardı, “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri”, Ankara, Türkiye.
- [18] ASCE/SEI 41 – 13, (2010), Seismic Evaluation And Retrofit Of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA.
- [19] PEER Database (2014), Pacific Earthquake Engineering Research Center, 325 Davis Hall, University of California, Berkeley, CA, USA.
- [20] Bruneau M., Uang C. M., Sabelli R. (2011), “Ductile Design of Steel Structures”, Second Edition, The Mc Graw Hill, 499–564.

ÖZGEÇMİŞ

Aylin KAHRİMAN, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Gebze Teknik Üniversitesi Deprem ve Yapı Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başladı. Şu anda özel bir kurumda statik proje mühendisi olarak çalışmaktadır.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Akbaş B., Kahrıman A., (2022), “Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Performansına Düşey Yük Taşıyan İç Çerçevelerin Katkısı” Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Lisansüstü Araştırmalar Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye, 2 Haziran.

Diğer Ekler (CD)