

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



BETONARME BİNALARDA YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN
ÖNLENMESİNDE VİSKOZ SIVILI SÖNÜMLEYİCİ KULLANIMININ
İNCELENMESİ

MURAT AŞICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Kaan TÜRKER (Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Hasan ELÇİ
Dr. Öğr. Üy. Serkan SAĞIROĞLU

BALIKESİR, HAZİRAN-2025

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Betonarme Binalarda Yumuşak Kat Düzensizliğinin Önlenmesinde Viskoz Sıvılı Sönümleyici Kullanımının İncelenmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Murat AŞICI

ÖZET

**BETONARME BİNALARDA YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN
ÖNLENMESİNDE VİSKOZ SIVILI SÖNÜMLEYİCİ KULLANIMININ
İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MURAT AŞICI
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. KAAAN TÜRKER)
BALIKESİR, HAZİRAN-2025**

Çalışmada zemin kat yüksekliği artırılarak ve dolgu duvarların miktarı azaltılarak yumuşak kat düzensizliği oluşturulan dört ve yedi katlı iki betonarme binanın Viskoz Sıvılı Sönümleyici (VSS) kullanarak güçlendirilebilirliği incelenmiştir. Bunun için binaların sadece birinci katlarında bazı açıklıklara diyagonal tipte VSS uygulaması yapılarak doğrusal olmayan dinamik analiz (DODA) ile değerlendirmeler yapılmıştır. Uzak ve yakın fay karakteristiğindeki kayıtlardan oluşan iki adet deprem grubu oluşturulmuş ve bunlar tasarım deprem düzeyi (DD-2) ve maksimum deprem düzeyi (DD-1) için ölçeklenerek binalara uygulanmıştır.

Her bir binada üç adet performans hedefini sağlamaya yönelik VSS uygulaması araştırılmıştır. Birinci hedef TBDY 2018’de minimum (standart) performansı hedef olarak öngörülen DD-2 deprem düzeyi altında Kontrollü Hasar düzeyidir. Diğer iki hedefte de ileri performans hedefi olarak DD-2 deprem düzeyi altında Sınırlı Hasar performans düzeyinin sağlanması ve DD-1 deprem düzeyi altında Göçmenin Önlenmesi performans düzeyinin sağlanması öngörülmüştür. Bunun için kuvvet ve yerdeğiştirme kapasitesi bakımından en uygun VSS cihaz özellikleri araştırılmıştır. Performans değerlendirmelerinde TBDY 2018 referans alınmış, ancak ASCE 41-23 kriterlerine göre de kontroller yapılmıştır. Çalışmada performans düzeylerinin yanı sıra maksimum ve kalıcı öteleme oranları ile taban kesme kuvvetleri ve kolon eksenel kuvvetlerinde VSS uygulamasının etkileri incelenmiştir.

Dört katlı bina için DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu altında Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi dışındaki tüm hedeflerde başarılı olunmuştur. Yedi katlı bina için TBDY 2018’de öngörülen minimum hedef uzak ve yakın fay deprem grubu için sağlanmış ancak diğer iki hedefte yumuşak katın üst katlara geçmesi nedeniyle başarıya ulaşamamıştır. VSS uygulamasının genel olarak binaların maksimum ve kalıcı görece öteleme oranı değerlerinde belirgin düşüşler, taban kesme kuvvetlerinde ise artışlar meydana getirdiği görülmüştür. Bina kat adetinin artması, yakın fay karakteristiğinin hakim olması kullanılan VSS cihazı kapasiteleri üzerinde belirleyici etkiye sahip olmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Betonarme binalar, doğrusal olmayan dinamik analiz, güçlendirme, performans değerlendirmesi, viskoz sıvılı sönümleyici, yumuşak kat düzensizliği

Bilim Kodları: 91102, 91128, 91104

Sayfa Numarası: 136

ABSTRACT

INVESTIGATION OF USING FLUID VISCOUS DAMPER IN RC BUILDINGS FOR PREVENTION OF SOFT STORY IRREGULARITY

MSC THESIS

MURAT AŞICI

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. KAAAN TÜRKER)

BALIKESİR, JUNE - 2025

In the study, the applicability of strengthening with Fluid Viscous Dampers (FVDs) was investigated for two RC buildings, one with four stories and the other with seven stories, in which soft-story irregularities were introduced by increasing the ground floor height and reducing the amount of infill walls. To eliminate the soft-story effect, FVD reinforcements were applied at selected spans only at the ground floor and building performances were assessed by nonlinear dynamic analysis. Two sets of earthquake records including far-fault and near-fault ground motion characteristics were selected. These records were scaled for both Design Basis Earthquake Level (DD-2) and Maximum Considered Earthquake Level (DD-1), and applied to the models.

Three different FVD configurations targeting distinct performance objectives were investigated for each building. The first objective was to achieve Controlled Damage under the DD-2 earthquake level, which is the minimum (standard) performance objective defined in the 2018 Building Code of Turkey (BECT 2018). The other two advanced performance objectives aimed to achieve Limited Damage under DD-2 and Collapse Prevention under DD-1. The most appropriate FVD device characteristics in terms of force and displacement capacities were explored for these objective. Performance evaluations were primarily based on BECT 2018, with additional checks carried out according to ASCE 41-23 criteria. In addition to performance evaluation, the effects of FVD implementation on maximum and residual interstory drift ratios, base shear forces, and column axial forces were examined.

For the four story building, all performance objectives except for Collapse Prevention under the DD-1 near-fault earthquake set were achieved. For the 7-story building, the minimum performance objective defined by BECT 2018 was met for both far-fault and near-fault records, but the other two objectives could not be achieved due to the upward shift of the soft-story irregularity to upper floors. Overall, the use of FVDs resulted in significant reductions in maximum and residual interstory drift ratios, while causing increases in base shear forces. The number of stories and the near-fault ground motion characteristics were significantly effective on the required capacities of the FVD devices.

KEYWORDS: RC buildings, nonlinear dynamic analysis, retrofitting, performance evaluation, Fluid viscous damper, soft story irregularity

Science Codes: 91102, 91128, 91104

Page Number: 136

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	xi
SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖNSÖZ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür İncelemesi	6
1.2 Literatür Değerlendirmesi	11
1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	11
2. PASİF ENERJİ SÖNÜMLEME SİSTEMLERİ	13
2.1 Yerdeğiştirme Esaslı Sönümleyiciler.....	13
2.2 Hız Esaslı Sönümleyiciler	15
2.2.1 Viskoelastik Sönümleyiciler	15
2.2.2 Viskoz Sıvılı Sönümleyiciler	16
3. SAYISAL İNCELEMELER	23
3.1 Binaların Özellikleri.....	23
3.1.1 Binalarda Dolgu Duvar ile Yumuşak Kat Düzensizliği Oluşturulması	28
3.1.2 Dolgu Duvarlı Binalarda Viskoz Sıvılı Sönümleyici Sistem ile Güçlendirme Alternatifleri.....	33
3.2 Doğrusal Olmayan Analiz Özellikleri	35
3.2.1 Kolon ve Kiriş Plastik Mafsallık Özellikleri.....	36
3.2.2 Kolon ve Kiriş Etkin Kesit Rijitlikleri	41
3.2.3 Dolgu Duvar Modelleme Özellikleri	42
3.2.4 Viskoz Sıvılı Sönümleyicilerin Modelleme Özellikleri.....	44
3.2.5 Kullanılan Deprem Kayıtlarının Özellikleri	46
3.3 Performans Kriterleri	50
3.3.1 TBDY 2018 Performans Düzeyleri	50
3.3.2 ASCE 41-23 Yapısal Performans Düzeyleri.....	51
3.4 Binaların Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz ile Değerlendirilmesi.....	52
3.4.1 Dolgu Duvarlı Binaların Değerlendirilmesi.....	52
3.4.2 Viskoz Sıvılı Sönümleyiciler ile Güçlendirilen Binaların Değerlendirilmesi	60
3.4.2.1 Bina performans düzeyleri ve plastikleşme dağılımları.....	60
3.4.2.2 Maksimum ve kalıcı öteleme oranları.....	64
3.4.2.3 Taban kesme kuvvetleri ve kolon eksenel kuvvetleri	70
3.4.3. Binalarda VSS Davranışları	78
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	83
5. KAYNAKLAR	86
6. EKLER	91
EK:A Kiriş Donatıları	92
EK:B Plastik Mafsallık Özellikleri	97
EK:C Depremlere Ait Ölçek Katsayıları ve Orijinal İvme Kayıtları.....	105

İÇİNDEKİLER (devam)

EK:D 4KB_D ve 7KB_D Binalarına Ait Maksimum ve Kalıcı Göreli Öteleme Oranları	121
EK:E 4KB_S ve 7KB_S Binalarına Ait Maksimum ve Kalıcı Göreli Öteleme Oranları.	126
7. ÖZGEÇMİŞ.....	136

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Zemin katındaki dolgu duvarların azaltılması sebebiyle yumuşak kat potansiyeli bulunan bina örnekleri	1
Şekil 1.2: Yumuşak katın sebep olduğu kat mekanizmasının şematik gösterimi	2
Şekil 1.3: a) Kobe depremi (Japonya), b) L'Aquila depremi (İtalya).....	2
Şekil 1.4: Türkiyede yaşanan depremlerde gözlenen yumuşak kat göçmeleri	3
Şekil 1.5: Yumuşak kat nedeniyle ağır hasarlı bina örnekleri	3
Şekil 1.6: Geleneksel yöntemler ile yumuşak kat güçlendirme uygulamaları. a) Çelik çapraz ve mantolama, b) Çelik çerçeve ilave etme	5
Şekil 1.7: Viskoz Sıvılı Sönümleyici uygulaması örnekleri. a) Betonarme bina, b) Çelik bina.....	6
Şekil 2.1: Sürtünme tipi sönümleyici uygulaması örneği	13
Şekil 2.2: Sürtünme tipi sönümleyicide, a) Sönüm üreten birleşim, b) Tipik çevrimsel davranış örneği.....	14
Şekil 2.3: Metalik akma tipi sönümleyici uygulaması örneği.....	14
Şekil 2.4: Metalik akma tipi sönümleyicide, a) Sönüm üreten birleşim, b) Tipik çevrimsel davranış örneği.....	15
Şekil 2.5: Viskoelastik sönümleyicide, a) Sönüm üreten birleşim, b) Tipik çevrimsel davranış örneği.....	16
Şekil 2.6: Tipik bir VSS cihazının bileşenleri.....	16
Şekil 2.7: Viskoz Sıvılı Sönümleyicide (VSS) tipik çevrimsel davranış örneği.....	17
Şekil 2.8: VSS entegre sistemleri. a) Diyagonal, b) Ters v, c) X tipi, d) Dirsek tipi. [39].	18
Şekil 2.9: VSS'nin taşıyıcı sistem entegrasyonunda kullanılan bileşenler	18
Şekil 2.10: Diyagonal tipi VSS cihazı uygulamasında birleşim detayları. a) Betonarme taşıyıcı sistem, b) Çelik taşıyıcı sistem	19
Şekil 2.11: Betonarme binada VSS sisteminin birleşim alternatifleri.....	19
Şekil 2.12: Farklı α değerleri için a) Kuvvet-Yerdeğiştirme Hızı, b) Kuvvet-Yerdeğiştirme ilişkileri	20
Şekil 3.1: Üç boyutlu bina modelleri a) 4KB, b) 7KB [45]	23
Şekil 3.2: 4KB binasına ait, a) Tipik kat planı, b) Tipik enkesit detayları	24
Şekil 3.3: 7KB binasına ait, a) Tipik kat planı, b) Tipik enkesit detayları	24
Şekil 3.4: Binalara ait tipik düşey kesitler. a) 4KB, b) 7KB.....	25
Şekil 3.5: Tasarıma esas deprem yatay elastik ivme spektrumu.....	26
Şekil 3.6: 4KB_D'ye ait a) Üç boyutlu görünüm, b) A, D, 1 ve 4 aksı kesitleri, c) B, C, 2 ve 3 aksı kesitleri	28
Şekil 3.7: 7KB_D'ye ait a) Üç boyutlu görünüm, b) A, E, 1 ve 5 aksı kesitleri, c) B, D, 2 ve 4 aksı kesitleri, d) C ve 3 aksı kesitleri	29
Şekil 3.8: 4KB ve 4KB_D binalarına ait kapasite eğrilerinin ve η ki değerlerinin karşılaştırılması	31
Şekil 3.9: 7KB ve 7KB_D binalarına ait kapasite eğrilerinin ve η ki değerlerinin karşılaştırılması	31
Şekil 3.10: İtme analizi sonucundaki yerdeğiştirme davranışları (B aksı için). a) 4KB, b) 4KB_D	32

Şekil 3.11: İtme analizi sonucundaki yerdeğiştirme davranışları (C aksı için). a) 7KB, b) 7KB_D	32
Şekil 3.12: 4KB_S binasına VSS uygulaması, a) Plandaki yerleşimi, b) A, D, 1 ve 4 aksı düşey kesiti.....	33
Şekil 3.13: 7KB_S binasına VSS uygulaması, a) Plandaki yerleşimi, b) A, E, 1 ve 5 aksı düşey kesiti.....	34
Şekil 3.14: ASCE 41-23'e göre tipik moment-dönme bağıntısı	36
Şekil 3.15: Tipik, a) Moment-dönme bağıntısı, b) Moment-plastik dönme bağıntısı.....	37
Şekil 3.16: Kesit analizlerinde esas alınan, a) Sargısız beton modeli, b) Sargılı beton modeli, c) Donatı çeliği modeli	38
Şekil 3.17: Perform 3D programında iki eksenli bileşik eğilme için kullanılan akma yüzeyleri, a) Şematik enkesit, b) P-M ₂ veya M ₃ etkileşimi, c) M ₂ -M ₃ etkileşimi	39
Şekil 3.18: Perform 3D'de rijitlik azalmasının modellenmesi.....	40
Şekil 3.19: 7KB'de kiriş çevrimsel davranış örneği	41
Şekil 3.20: Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu ile modellenmesi.....	42
Şekil 3.21: Dolgu duvarı temsil eden eşdeğer basınç çubukları	43
Şekil 3.22: Dolgu duvar eşdeğer basınç çubuğu davranışı	44
Şekil 3.23: Şematik VSS modelleme bağıntısı	45
Şekil 3.24: 4KB binasında kullanılan sönümleyicilere ait Kuvvet-Hız ilişkileri. a) 4KB_S1U, b) 4KB_S1Y, c) 4KB_S2U, d) 4KB_S2Y, e) 4KB_S3U, f) 4KB_S3Y	45
Şekil 3.25: 7KB binasında kullanılan sönümleyicilere ait Kuvvet-Hız ilişkileri. a) 7KB_S1U, b) 7KB_S1Y, c) 7KB_S2U/7KB_S2Y/7KBS3U/7KB_S3Y.....	46
Şekil 3.26: 4KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (uzak fay deprem grubu)	48
Şekil 3.27: 4KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (yakın fay deprem grubu).....	48
Şekil 3.28: 7KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (uzak fay deprem grubu)	49
Şekil 3.29: 7KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (yakın fay deprem grubu).....	49
Şekil 3.30: 4KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değişimi (DD-2 uzak fay deprem grubu kayıt-1 için).....	53
Şekil 3.31: 4KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değişimi (DD-2 yakın fay deprem grubu kayıt-4 için).....	53
Şekil 3.32: 7KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değişimi (DD-2 uzak fay deprem grubu kayıt-2 için).....	54
Şekil 3.33: 7KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değişimi (DD-2 yakın fay deprem grubu kayıt-3 için).....	54
Şekil 3.34: 4KB_D DD-2 uzak fay deprem grubu için plastikleşme haritası (TBDY 2018). a) A-D aksı, b) B-C aksı, c) Perform 3D eleman hasar durumu.....	56
Şekil 3.35: 4KB_D DD-2 uzak fay deprem grubu için plastikleşme haritası (ASCE 41-23). a) A-D aksı, b) B-C aksı, c) Perform 3D eleman hasar durumu.....	56
Şekil 3.36: 4KB_D'de C1 kolonu alt ucu için moment-plastik dönme çevrimsel davranışları (DD-2 düzeyi Kayıt-4). a) M ₃ - θ_{p3} , b) M ₂ - θ_{p2}	57
Şekil 3.37: 4KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	58
Şekil 3.38: 4KB_D'de DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu.....	58
Şekil 3.39: 4KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	59

Şekil 3.40: 7KB_D’de DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	59
Şekil 3.41: 4KB_S binalarında hedeflenen ve gerçekleşen performans düzeyleri	60
Şekil 3.42: 7KB_S binalarında hedeflenen ve gerçekleşen performans düzeyleri	61
Şekil 3.43: 4KB_S binalarında plastikleşme dağılımları. a) 4KB_S1U, b) 4KB_S1Y, c) 4KB_S2U, d) 4KB_S2Y, e) 4KB_S3U	63
Şekil 3.44: 7KB_S binalarında plastikleşme dağılımları. a) 7KB_S1U, b) 7KB_S1Y, c) 7KB_S2U	64
Şekil 3.45: 4KB_S binaları için ortalama maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	65
Şekil 3.46: 4KB_S3Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	65
Şekil 3.47: 4KB_S binaları için ortalama kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	66
Şekil 3.48: 4KB_S3Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	67
Şekil 3.49: 7KB_S binalarında ortalama maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	68
Şekil 3.50: 7KB_S2Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	68
Şekil 3.51: 7KB_S binalarında ortalama kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	69
Şekil 3.52: 7KB_S2Y binasında ortalama kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	70
Şekil 3.53: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SU binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu. 71	
Şekil 3.54: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu maksimum aksenal kuvvetlerin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SU binaları C15 kolonu için).	72
Şekil 3.55: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SY binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	73
Şekil 3.56: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu maksimum aksenal kuvvetlerin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SY binasında C15 kolonu için)	73
Şekil 3.57: 4KB_S binalarına ait ortalama maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	74
Şekil 3.58: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SU binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	75
Şekil 3.59: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu maksimum aksenal kuvvetlerin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SU binaları C22 kolonu için)	76
Şekil 3.60: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SY binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	77
Şekil 3.61: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu maksimum aksenal kuvvetlerin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SY binaları C22 kolonu için).	77
Şekil 3.62: 4KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hızı grafikleri. a) 4KB_S1U, b) 4KB_S1Y, c) 4KB_S2U	78

Şekil 3.63: 4KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hızı grafikleri d) 4KB_S2Y, e) 4KB_S3U, f) 4KB_S3Y.....	79
Şekil 3.64: 7KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hız grafikleri a) 7KB_S1U, b) 7KB_S1Y, c) 7KB_S2U, d) 7KB_S2Y	80
Şekil 3.65: 7KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hız grafikleri e) 7KB_S3U ve d) 7KB_S3Y	81
Şekil 3.66: Göçme yaşanan binalarda kayıt-16 altında VSS davranışı. a) 4KB_S3Y, b) 7KB_S3Y.....	81
Şekil B.1: 4KB binasında kolon isimleri	97
Şekil B.2: 4KB binasında plastik mafsal kodları. a) A-A aksı, b) B-B aksı... ..	97
Şekil B.3: 7KB binasında kolon isimleri	101
Şekil B.4: 7KB binasında düşey kesitler üzerinde mafsal gösterimi. a) A-A aksı, b) B-B aksı, c) C-C aksı.....	102
Şekil C.1: Kayıt-1 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	106
Şekil C.2: Kayıt-1 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	106
Şekil C.3: Kayıt-2 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	107
Şekil C.4: Kayıt-2 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	107
Şekil C.5: Kayıt-3 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	107
Şekil C.6: Kayıt-3 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	108
Şekil C.7: Kayıt-4 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	108
Şekil C.8: Kayıt-4 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	108
Şekil C.9: Kayıt-5 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	109
Şekil C.10: Kayıt-5 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	109
Şekil C.11: Kayıt-5 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	109
Şekil C.12: Kayıt-6 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	110
Şekil C.13: Kayıt-7 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	110
Şekil C.14: Kayıt-7 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	110
Şekil C.15: Kayıt-8 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	111
Şekil C.16: Kayıt-8 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	111
Şekil C.17: Kayıt-9 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	111
Şekil C.18: Kayıt-9 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	112
Şekil C.19: Kayıt-10 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	112
Şekil C.20: Kayıt-10 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	112
Şekil C.21: Kayıt-11 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	113
Şekil C.22: Kayıt-12 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	113
Şekil C.23: Kayıt-12 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	113
Şekil C.24: Kayıt-12 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	114
Şekil C.25: Kayıt-13 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	114
Şekil C.26: Kayıt-13 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	114
Şekil C.27: Kayıt-14 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	115
Şekil C.28: Kayıt-14 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	115
Şekil C.29: Kayıt-15 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	115
Şekil C.30: Kayıt-15 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	116
Şekil C.31: Kayıt-16 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	116
Şekil C.32: Kayıt-16 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	116
Şekil C.33: Kayıt-17 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	117
Şekil C.34: Kayıt-17 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği.....	117

Şekil C.35: Kayıt-18 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	117
Şekil C.36: Kayıt-18 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	118
Şekil C.37: Kayıt-19 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	118
Şekil C.38: Kayıt-19 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	118
Şekil C.39: Kayıt-20 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	119
Şekil C.40: Kayıt-20 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	119
Şekil C.41: Kayıt-21 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	119
Şekil C.42: Kayıt-21 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	120
Şekil C.43: Kayıt-22 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	120
Şekil C.44: Kayıt-22 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği	120
Şekil D.1: 4KB_D'de DD-1 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	121
Şekil D.2: 4KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	121
Şekil D.3: 4KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	121
Şekil D.4: 4KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	122
Şekil D.5: 7KB_D'de DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	122
Şekil D.6: 7KB_D'de DD-1 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	123
Şekil D.7: 7KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	123
Şekil D.8: 7KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	124
Şekil D.9: 7KB_D'de DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	124
Şekil D.10: 7KB_D'de DD-1 düzeyi uzak fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	125
Şekil D.11: 7KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	125
Şekil E.1: 4KB_S1U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	126
Şekil E.2: 4KB_S1Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	126
Şekil E.3: 4KB_S2U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	126
Şekil E.4: 4KB_S2Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	127
Şekil E.5: 4KB_S3U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	127
Şekil E.6: 4KB_S1U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	127
Şekil E.7: 4KB_S1Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	128

Şekil E.8: 4KB_S2U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	128
Şekil E.9: 4KB_S2Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	128
Şekil E.10: 4KB_S3U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	129
Şekil E.11: 7KB_S1U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	129
Şekil E.12: 7KB_S1Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	129
Şekil E.13: 7KB_S2U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	130
Şekil E.14: 7KB_S2Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	130
Şekil E.15: 7KB_S3U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	131
Şekil E.16: 7KB_S3Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	131
Şekil E.17: 7KB_S1U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	132
Şekil E.18: 7KB_S1Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	133
Şekil E.19: 7KB_S2U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	133
Şekil E.20: 7KB_S2Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	134
Şekil E.21: 7KB_S3U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	134
Şekil E.22: 7KB_S3Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu	135

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Çeşitli deprem kodlarındaki yumuşak kat düzensizliği koşulları.....	4
Tablo 2.1: Taylor Devices firmasına ait VSS kataloğu [41]	20
Tablo 3.1: Binaların deprem karakteristikleri.....	25
Tablo 3.2: 4KB binasına ait elde edilen modal değerler	26
Tablo 3.3: 7KB binasına ait elde edilen modal değerler	27
Tablo 3.4: 4KB binasına ait tasarım sonuçları	27
Tablo 3.5: 7KB binasına ait tasarım sonuçları	28
Tablo 3.6: 4KB ve 4KB_D binalarına ait modal özellikler	29
Tablo 3.7: 7KB ve 7KB_D binalarına ait modal özellikler	30
Tablo 3.8: 4KB_D binası için güçlendirme alternatifleri	35
Tablo 3.9: 7KB_D binası için güçlendirme alternatifleri	35
Tablo 3.10: ASCE 41-23 ve ACI 369-22'ye göre modelleme parametrelerine (a ve b) ait plastik dönme ifadeleri.....	37
Tablo 3.11: Uzak fay deprem grubuna ait özellikler	47
Tablo 3.12: Yakın fay deprem grubuna ait özellikler.....	47
Tablo 3.13: ACI 369-22'de tanımlanan performans değerlerine ait plastik dönme sınırları	52
Tablo 3.14: Güçlendirilmemiş binalarda göçme oluşan kayıtlar (uzak fay deprem grubu).....	55
Tablo 3.15: Güçlendirilmemiş binalarda göçme oluşan kayıtlar (yakın fay deprem grubu).....	55
Tablo 3.16: 4KB_D DD-2 uzak fay deprem grubu altında 1. kat kolonlarında elde edilen plastik dönme talepleri.....	57
Tablo 3.17: Güçlendirilen binalarda göçme oluşan kayıtlar (uzak fay deprem grubu).....	61
Tablo 3.18: Güçlendirilen binalarda göçme oluşan kayıtlar (yakın fay deprem grubu).....	61
Tablo 3.19: 4KB_S binalarındaki VSS'lerde kuvvet ve yerdeğiştirme için talep/kapasite oranları	82
Tablo 3.20: 7KB_S binalarındaki VSS'lerde kuvvet ve yerdeğiştirme için talep/kapasite oranları	82
Tablo A.1: 4KB binası kirişlerine ait donatı bilgileri	92
Tablo A.2: 7KB binası kirişlerine ait donatı bilgileri	94
Tablo B.1: 4KB'de kiriş mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait birim şekildeğiştirme sınırları	98
Tablo B.2: 4KB'de kiriş mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri	98
Tablo B.3: 4KB'de kirişler için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018'e [11] ait plastik dönme sınırları	99
Tablo B.4: 4KB'de kolon mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait birim şekildeğiştirme sınırları.....	99
Tablo B.5: 4KB'de kolon mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri	100

Tablo B.6: 4KB’de kirişler için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018’e [11] ait plastik dönme sınırları	100
Tablo B.7: 7KB’de kiriş mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait şekildeğiştirme sınırları	103
Tablo B.8: 7KB’de kiriş mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri	103
Tablo B.9: 7KB’de kirişler için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018’e [11] ait plastik dönme sınırları	103
Tablo B.10: 7KB’de kolon mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait birim şekildeğiştirme sınırları	104
Tablo B.11: 7KB’de kolon mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri	104
Tablo B.12: 7KB’de kolonlar için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018’e [11] ait plastik dönme sınırları	105
Tablo C.1: Uzak fay deprem grubu için ölçek katsayıları	105
Tablo C.2: Yakın fay deprem grubu için ölçek katsayıları	106

KISALTMA VE SEMBOL LİSTESİ

A_d	: Dolgu duvar enkesit alanı.
A_g	: Bürüt enkesit alanı.
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı.
a	: ASCE 41-23'te eğilme dayanımının sonlandığı noktaya kadar olan plastik dönme kapasitesi.
b	: ASCE 41-23'te taşıma gücünün tamamen sonlandığı noktaya kadar olan plastik dönme kapasitesi.
A_d	: Dolgu duvar etkin genişliği.
C	: Viskoz Sıvı Sönümleyici sönüm sabiti.
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı.
d	: Kesit faydalı yüksekliği.
d_b	: Kesit ortalama donatı çapı.
E_d	: Dolgu duvar elastisite modülü.
E_c	: Beton elastisite modülü.
EI	: Eleman eğilme rijitliği.
EI_e	: Eleman etkin eğilme rijitliği.
ϵ_{cc}	: Sargılı betonun maksimum dayanımına karşılık gelen birim kısalma.
ϵ_{cu}	: Beton maksimum birim kısalması.
ϵ_{su}	: Donatı maksimum birim uzaması.
$\epsilon_s^{GÖ}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için çelik birim şekildeğiştirme.
$\epsilon_c^{GÖ}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için beton birim şekildeğiştirme.
F	: Kuvvet.
F_{maks}	: Maksimum kuvvet.
F_{ye}	: Beklenen boyuna donatı akma dayanımı.
F_{cc}	: Sargılı beton basınç dayanımı.
F_{ce}	: Beklenen beton basınç dayanımı.
F_{ck}	: Karakteristik beton basınç dayanımı.
F_{yte}	: Beklenen enine donatı akma dayanımı.
G	: Yerçekimi ivmesi.
ρ_t	: ASCE 41-23'e göre enine donatı oranı
$\rho_{sh,min}$: TBDY 2018'e göre minimum enine donatı oranı.
h_k	: Kolon yüksekliği.
I	: Bina önem katsayısı.
I_k	: Kolon atalet momenti.
K_i	: (i.) katın yanal rijitliği.
K_{i+1}	: (i+1). katın yanal rijitliği.
K_d	: Dolgu duvar rijitliği.
L_p	: Plastik mafsal uzunluğu.
L_s	: Eleman kesme açıklığı.
M_y	: Kesit akma momenti.
M_u	: Maksimum eğrilme karşılık gelen moment.
η_{ki}	: i. Kata ait yumuşak kat düzensizliği katsayısı.
η_{bi}	: i. Kata ait burulma düzensizliği katsayısı.
η_{ci}	: i. Kata ait zayıf kat düzensizliği katsayısı.
N	: Eksenel kuvvet.
N_{maks}	: Maksimum eksenel kuvvet.
N_{UD}	: Düşey yüklerde oluşan eksenel kuvvet.

θ_y	: Akma dönmesi.
θ_u	: Eğilme dayanımının sonlandığı noktaya karşılık gelen dönme değeri.
θ_p	: Plastik dönme değeri.
θ_p^{KH}	: Kontrollü Hasar performans düzeyi için plastik dönme sınırı.
$\theta_p^{GÖ}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için plastik dönme sınırı.
θ_{p2}	: Perform 3D’de 2 eksen için talep plastik dönme değeri.
θ_{p3}	: Perform 3D’de 3 eksen için talep plastik dönme değeri.
θ_{pu2}	: Perform 3D’de 2 eksen için plastik dönme kapasitesi.
θ_{pu3}	: Perform 3D’de 3 eksen için plastik dönme kapasitesi.
θ_{px2}	: Perform 3D’de 2 eksen için plastik dönme kapasitesi.
θ_{px3}	: Perform 3D’de 3 eksen için plastik dönme kapasitesi.
θ_{p2}^{KH}	: Perform 3D’de 2 eksen için Kontrollü Hasar plastik dönme değeri.
$\theta_{p2}^{GÖ}$: Perform 3D’de 2 eksen için Göçmenin Önlenmesi plastik dönme değeri.
θ_{p3}^{KH}	: Perform 3D’de 3 eksen için Kontrollü Hasar plastik dönme değeri.
$\theta_{p3}^{GÖ}$: Perform 3D’de 3 eksen için Göçmenin Önlenmesi plastik dönme değeri.
Φ_y	: Kesite ait akma eğriliği.
Φ_u	: Kesite ait maksimum eğrilik.
\emptyset	: Donatı çapı.
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı.
R_d	: Dolgu duvar köşegen uzunluğu.
δ	: Kat yanal yerdeğiştirmesi.
s	: Etriye aralığı.
T_A, T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumunun köşe periyotları.
T_{min}	: Binaya ait deprem ölçeklemede kullanılan minimum periyot değeri.
T_{maks}	: Binaya ait deprem ölçeklemede kullanılan maksimum periyot değeri.
τ_d	: Dolgu duvar kayma modülü.
t_d	: Dolgu duvar kalınlığı
U	: Eğilme dayanımının sonlandığı nokta.
V_k	: Kat kesme kuvveti.
V	: Sönümleyici hızı.
V_r	: Eleman kesme dayanımı.
Y	: Plastikleşmenin başladığı nokta.
X	: Taşıma gücünün tamamen sonlandığı nokta.
Δ_i	: (i.) katın görelî öteleme oranı.
Δ_{i+1}	: (i+1.) katın görelî öteleme oranı.
α	: Viskoz Sıvı Sönümleyici hız üssü.
λ_d	: TBDY 2018’e göre dolgu duvar parametresi.
ω_{we}	: TBDY 2018’e göre sargılı beton parametresi.
α_{se}	: Sargı donatısı etkinlik katsayısı.
ACI	: American Concrete Institute.
ASCE	: American Society of Civil Engineers.
CP	: ASCE 41-23’te verilen Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi.
DD-1	: TBDY 2018’e göre maksimum deprem düzeyi.
DD-2	: TBDY 2018’e göre tasarım deprem düzeyi.
DODA	: Doğrusal olmayan dinamik analiz.
DOSA	: Doğrusal olmayan statik analiz.
ETSDS	: Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem.

GÖ	: TBDY 2018’de verilen Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi.
KH	: TBDY 2018’de verilen Kontrollü Hasar performans düzeyi.
LS	: ASCE 41-23’te verilen Can Güvenliği performans düzeyi.
NZS	: New Zealand Standarts.
IBC	: International Building Code.
IO	: ASCE 41-23’te verilen Hemen Kullanım performans düzeyi.
PEER	: Pasific Earthquake Engineering Research Center.
SH	: TBDY 2018’de verilen Sınırlı Hasar performans düzeyi.
TDY	: Türkiye Deprem Yönetmeliği.
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
VSS	: Viskoz Sıvılı Sönümleyici.
4KB	: Dört katlı bina.
7KB	: Yedi katlı bina.
4KB_D	: Dört katlı dolgu duvarlı bina.
7KB_D	: Yedi katlı dolgu duvarlı bina.
4KB_S	: Dört katlı güçlendirilmiş bina.
7KB_S	: Yedi katlı güçlendirilmiş bina.

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme binaların güçlendirilmesinde viskoz sıvılı sönümleyicilerin kullanımı araştırılmıştır.

Lisans ve Yüksek Lisans sürecim boyunca her zaman desteğini ve engin bilgilerini esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Kaan Türker'e en içten teşekkürlerimi sunar, öğrencisi olmaktan gurur duyduğumu belirtmek isterim.

Tez çalışması boyunca tecrübelerinden ve bilgilerinden faydalandığım değerli meslektaşlarım Yük. Müh. Cengiz Gültekin ve Yük. Müh. Faruk Kibar'a, her türlü manevi desteğini paylaşmaktan çekinmeyen ve sorularımı içtenlikle cevaplayan Dr. Öğr. Üy. Erkan Töre'ye ve tez çalışmasının farklı aşamalarında yardımcı olmak için ellerinden gelen çabayı gösteren değerli dostlarım Yük. Müh. Aykut Sayılır, Burak Akbıyık ve Ömer Ufuk Yüksel'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili annem Nazmiye Aşıcı, fedakar babam Mehmet Aşıcı ve biricik kardeşim Elçin Aşıcı'ya bana karşı gösterdikleri hoşgörü ve güven için teşekkür ederim.

Son olarak hayatımı paylaştığım sevgili eşim Hatice Aşıcı'ya beni ilk günden beri desteklediği, zor günlerimde bana katlandığı ve sürekli motivasyonumu yüksek tuttuğu için minnettar olduğumu belirtmek isterim. Umarım bu tez çalışmasından elde edilen kazanımlar hala depreme dayanıklı hale getirilmesi gereken çok sayıda binanın bulunduğu ülkemize faydalı olur ve gelecek çalışmalara ışık tutar.

Balıkesir, 2025

Murat AŞICI

1. GİRİŞ

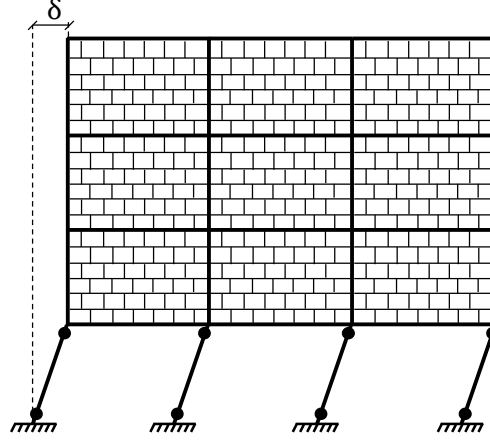
Deprem etkisi altındaki yapılarda taşıyıcı sistem düzensizlikleri, yapıların performansını etkileyen temel unsurlar arasındadır. Düşey rijitlik süreksizliklerinden biri olan yumuşak kat düzensizliği yapıların sismik dayanımını büyük ölçüde zayıflatan en önemli ve en tehlikeli düzensizlik türü olarak öne çıkmaktadır. Bu düzensizlik türü, taşıyıcı sistemin belirli bir katındaki (genellikle zemin) yatay rijitliğin diğer katların rijitliğine göre çok daha düşük olması durumunu ifade etmektedir.

Binalarda yumuşak kat davranışını tetikleyen genellikle iki ana unsur bulunmaktadır. Bunlardan birincisi herhangi bir kat yüksekliğinin diğer katlara kıyasla daha yüksek yapılmasıdır. İkincisi ise binanın herhangi bir katında dolgu duvarların kaldırılmasıdır (Şekil 1.1). Bazı durumlarda bu iki durum birlikte de uygulanabilmektedir.



Şekil 1.1: Zemin katındaki dolgu duvarların azaltılması sebebiyle yumuşak kat potansiyeli bulunan bina örnekleri

Herhangi bir kattaki yanal rijitliğin düşük olması deprem etkisi altında bu katın diğer katlara göre daha fazla yanal yerdeğiştirme yapmasına sebep olmaktadır. Bu fazlalık yapıda oluşan hasarların o katta yoğunlaşmasına sebep olmakta ve depremden oluşan kinetik enerjinin sönmülenebilmesi için daha az yapısal elemanın katkıda bulunmasına yol açmaktadır. Eğer yumuşak kat düzensizliği önemli düzeyde ise gerektiğinden daha fazla zorlanan bu elemanlar deprem enerjisini karşılayamamakta ve ilgili katta göçme (mekanizma) gerçekleşmektedir. Dolgu duvar etkisiyle oluşan yumuşak kat durumunda üst katlardaki dolgu duvar rijitlikleri üst kısmın toplu bir kütle (rijit cisim hareketi) halinde hareket etmesine sebep olarak kolonlardaki II. Mertebe etkilerini önemli ölçüde arttırmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Yumuşak katın sebep olduğu kat mekanizmasının şematik gösterimi

Yumuşak kat düzensizliği birçok deprem ülkesinde ağır hasarların ve göçmelerin başlıca nedenlerinden olmuştur [1, 2] (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: a) Kobe depremi (Japonya), b) L'Aquila depremi (İtalya)

Türkiyede son otuz yıl içinde yaşanan büyük depremlerde de benzer örnekler dikkat çekmektedir (Şekil 1.4-1.5). 1999 Kocaeli depreminde birçok binada yumuşak kat sebepli göçmeler yaşanmış ve büyük can ve mal kayıplarına yol açmıştır [3]. 2011 Van depreminde yıkılmış veya ağır hasarlı binalardaki yumuşak kat düzensizliği mevcudiyetinin %61 olduğu rapor edilmiştir [4]. 2020 Elazığ ve İzmir depremlerinde de yumuşak kat düzensizliğinin sebep olduğu hasar veya göçmelerin öne çıktığı görülmektedir [5]. Son olarak yaşanan 2023 Kahramanmaraş depremlerinde zemin kattaki yumuşak kat mevcudiyetinin birçok yapıda göçmenin anahtar nedenlerinden birisi olduğu rapor edilmiştir [6].



Şekil 1.4: Türkiyede yaşanan depremlerde gözlenen yumuşak kat göçmeleri



Şekil 1.5: Yumuşak kat nedeniyle ağır hasarlı bina örnekleri

Yumuşak kat düzensizliği deprem kodlarında çeşitli kriterler kullanılarak tasarım aşamasında belirlenmekte ve bazı yaptırımlar ile kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Bazı deprem kodlarında öngörülen kriterler Tablo 1.1’de özetlenmiştir.

Tablo 1.1: Çeşitli deprem kodlarındaki yumuşak kat düzensizliği koşulları

Kod	Ülke	Yumuşak Kat Düzensizlik Koşulu
ASCE 7-23 2023 [7]	Amerik Birleşik Devletleri	$\frac{K_i}{K_{i+1}} < \%70$ ya da $\frac{K_i}{(K_{i+1}+K_{i+2}+K_{i+3})/3} < \%80$
NZS 1170.5:2004 [8]	Yeni Zelanda	
EN 1998-1 2003 [9]	Avrupa	$K_i < K_{i+1}$
Japan BSL [10]	Japonya	$\frac{K_i}{K_i(\text{ort})} < \%60$
TBDY 2018 [11]	Türkiye	$\frac{\Delta_i}{\Delta_{i+1}} > 2$ ya da $\frac{\Delta_i}{\Delta_{i-1}} > 2$

K_i , ilgili katın yanal rijitliğini göstermekte ve kat kesme kuvvetinin kat yatay yerdeğiştirmesine oranı (V/δ) alınarak hesaplanmaktadır.

Δ_i , ilgili katın görelî öteleme oranını ifade etmekte ve kat yatay yerdeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı (δ/h) alınarak hesaplanmaktadır.

i , ilgili katın no'sunu göstermektedir.

Yumuşak kat düzensizliği TBDY 2018'de görelî kat öteleme oranları üzerinden kontrol edilirken, diğere yönetmeliklerde kat yanal rijitliklerinin kullanıldığı görülmektedir. Eurocode 8 dışındaki kodlarda dolgu duvarların rijitliğe etkisinin göz önüne alınması konusunda açık bir hüküm bulunmamaktadır. Eurocode 8'de dolgu duvarların her türlü düzensizlikte (zayıf kat, yumuşak kat, plan düzensizliği vs.) göz önüne alınması istenmekte ve yanal rijitliklerin her katta sabit veya ani değışiklik olmadan sadece üst katlara doğru azalmasına izin verilmektedir. TBDY 2018, ASCE 7-23 ve NZS'de ilgili düzensizliğin kriterlerinin aşılması durumunda eşdeğere statik yöntemin kullanılması engellenmekte ve dinamik yöntemlerin kullanılması istenmektedir.

Dolgu duvarların sebep olduğu yumuşak kat düzensizliği durumunda, deprem kodlarında verilen kriterlerin uygulanabilmesi için dolgu duvar kapasitelerinin ve rijitliklerinin tasarım modellerinde göz önüne alınması gerekmektedir [12, 13]. Ancak bina stoğunun önemli bir kısmını oluşturan konut ve işyerlerine ait tasarımların genellikle doğrusal yöntemlerle yapılması ve dolgu duvarların modellenmesindeki zorluklar nedeniyle düzensizlik etkisi çoğru zaman çoğru bir şekilde dikkate alınamamaktadır. Ayrıca yumuşak kat düzensizliğinin mertebesi doğrusal yöntemlerle belirlenebilse de bunun ağır hasarlara yol açma veya göçmeye sebep olma riski ancak doğrusal olmayan ileri analizler ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle alt katlarında yukarıda belirtilen sebeplerle yumuşak kat düzensizliği bulunan birçok az ve orta katlı binanın depremlerde ağır hasar alma veya göçme potansiyeline sahip olduğu söylenebilmektedir.

Ülkemizde yumuşak kat düzensizliği bulunan ve bu nedenle risk taşıyan çok sayıda bina bulunmasına rağmen düzensizliği gidermeye yönelik güçlendirme çalışmalarının çok sınırlı olduğu görülmektedir. Bunun çeşitli sebepleri bulunmakla birlikte, önemli sebeplerinden birisi geleneksel güçlendirme yöntemlerinde karşılaşılan zorluklardır. Yumuşak kat düzensizliğini gidermeye yönelik güçlendirmelerde taşıyıcı sistemin zayıf katının yanal rijitliğinin artırılması gerekmektedir. Bunun için genellikle kolonlarda çelik veya betonarme mantolama, çelik çapraz veya çerçeveler ekleme gibi rijitlik arttıran teknikler tercih edilmektedir (Şekil 1.6).

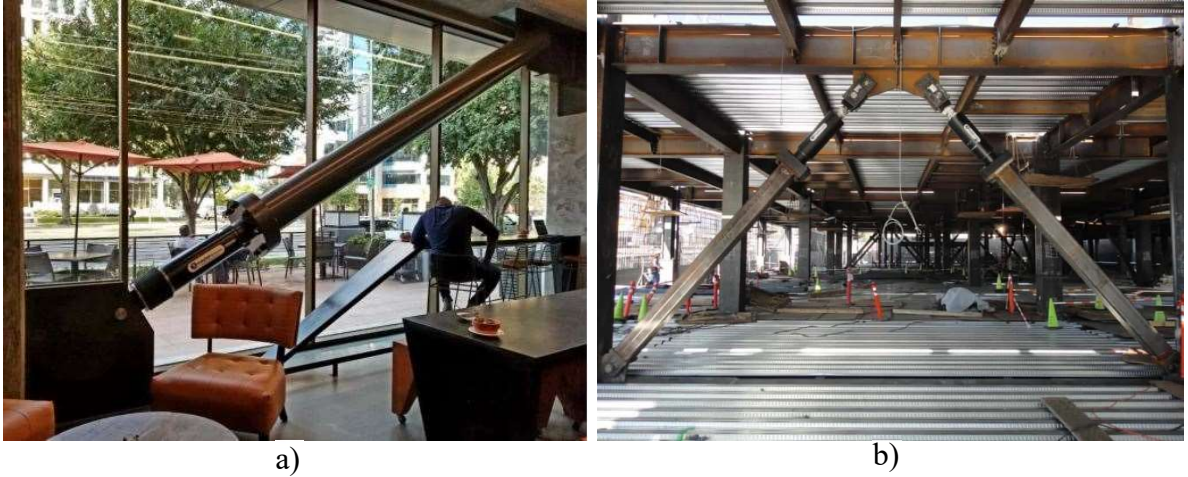


Şekil 1.6: Geleneksel yöntemler ile yumuşak kat güçlendirme uygulamaları. a) Çelik çapraz ve mantolama, b) Çelik çerçeve ilave etme

Bu güçlendirme yöntemlerinin kullanılması durumunda düzensiz katın rijitliğinin artması nedeniyle deprem etkileri artmakta, bu da üst katlardaki taşıyıcı elemanlara ve temellere de güçlendirme yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca uygulama esnasında binanın boşaltılmasına ve/veya uzun süre kullanım dışı kalmasına sebep olmaktadır.

Güçlendirmelerde enerji sönümlenme sistemlerinin kullanımı, geleneksel güçlendirme yöntemlerindeki dezavantajları gidermeye yönelik önemli bir potansiyele sahiptir. Çeşitli mekanizmaların taşıyıcı sisteme entegre edilerek deprem etkisi altında binadaki sönümün artırılmasını hedefleyen bu sistemler sayesinde deprem etkileri azaltılabilmektedir [14-16]. Böylece mevcut elemanların yeterli hale gelmesi sağlanabilmekte ve çoğunlukla yapısal elemanlarda veya temellerde güçlendirmeye ihtiyaç kalmadan deprem etkileri pasif bir şekilde kontrol altında tutulabilmektedir.

Pasif kontrol sistemleri olarak da ifade edilen enerji sönümlenme sistemlerinde farklı özelliklerde sönüm üretme mekanizmaları ve malzemeleri (metalik, viskoz vb.) kullanılmaktadır. Bunlar içinde yer alan Viskoz Sıvılı Sönümleyiciler (VSS) yapıya ilave rijitlik getirmemeleri, kapasite bakımından büyük çeşitliliğe ve uygulama bakımından pratik kullanıma sahip olmaları sebebiyle ön plana çıkmaktadır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7: Viskoz Sıvılı Sönümleyici uygulaması örnekleri. a) Betonarme bina, b) Çelik bina

Özellikle ABD ve Japonya’da yeni bina tasarımında ve güçlendirmede kullanımları yaygınlaşmakta olan VSS cihazlarının, yumuşak kat düzensizliği nedeniyle risk altında bulunan ülkemizdeki binaların hızlı ve etkin bir şekilde güçlendirilmesi için de önemli bir alternatif olabileceği görülmektedir. Ancak bunun için söz konusu yapı stoğunu temsil eden bina örnekleri üzerinde VSS uygulamalarının incelendiği detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

1.1 Literatür İncelemesi

Bu bölümde betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliği ve bu düzensizliğin giderilmesinde enerji sönümlenme sistemlerinin kullanımı konularında literatürde öne çıkan çalışmalar özetlenmiştir.

Akansel [17] TDY 2007 [18] yönetmeliğine göre tasarlanan 3, 5 ve 8 katlı düzlem çerçeveler ile gerçekleştirdiği doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerde TDY 2007 ve IBC 2012 [19] yönetmeliklerinde verilen yumuşak kat parametrelerini incelemiştir. Çalışmada dolgu duvarlar eşdeğer çubuk yaklaşımı ile dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında incelenen

binalar için TDY 2007’de verilen η_{ki} parametresinin yumuşak kat mekanizmasını belirlemedeki doğruluğunun %90 olduğu, IBC 2012’de verilen rijitlik kriterinin doğruluğunun ise %66 olduğu gösterilmiştir. Ayrıca eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerinin yumuşak kat mekanizmasını belirlemede yeterli olduğu vurgulanmıştır.

Avcı [20] TDY 1998 [21] yönetmeliğine göre tasarlanmış on katlı betonarme bir binada zemin kat yüksekliğini kademeli olarak arttırarak binada oluşan yumuşak kat davranışını ve bu davranışın taban kesme kuvveti ve görelî kat ötelemesi oranlarına etkilerini incelemiştir. Dolgu duvar davranışının etkilerinin makro modelleme yaklaşımı ile dikkate alındığı bu çalışmada yirmi adet deprem kaydı için doğrusal olmayan dinamik analizler (DODA) yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda zemin kat yüksekliğinin %25 oranında arttırılması yumuşak kat mekanizmasının gerçekleşmesini sağlamıştır. Ayrıca yapılan doğrusal olmayan itme analizlerinde dolgu duvarın binanın kapasite eğrisindeki akma değerine etkisi %5 civarında elde edilmiştir.

Khanal vd. [22] gerçekleştirdiği çalışmada beş katlı betonarme bir binada zemin kat yüksekliğinin arttırılması ile oluşan yumuşak kat davranışını incelemiştir. Bu bağlamda üç adet deprem kaydı kullanılarak yapılan DODA’larda binada oluşan çatı yerdeğiştirmeleri ve görelî kat ötelemesi oranları elde edilmiştir. Ayrıca TDY 2007 [18], Japonya Deprem Yönetmeliği [10] ve ASCE 41-13 [23] yönetmeliklerinde verilen yumuşak kat kriterleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda Japon Deprem Yönetmeliği’nin yumuşak kat düzensizliğini diğer yönetmeliklere göre daha detaylı ele aldığı, dolayısıyla bu yönetmeliğe göre yapılan analizlerin daha güvenli tarafta kaldığı belirlenmiştir. DODA’nın doğrusal olmayan itme analizine göre yumuşak katı gözlemlenmede daha doğru sonuçlar verdiği ve zemin kattaki yükseklik değişiminin bir üst katı etkilediği, diğer katlarda önemli bir değişimin meydana gelmediği belirtilmiştir.

Mahmoud vd. [24] on üç katlı betonarme bir binanın sırasıyla 1, 3, 6 ve 9. katlarında dolgu duvarların kaldırılmasıyla ortaya çıkan yumuşak kat davranışını incelemiştir. Dolgu duvarlar makro modelleme yaklaşımı ile temsil edilmiştir. Çalışmada bir adet uzak bir adet yakın fay olmak üzere iki adet deprem kaydı kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda farklı katlarda dolgu duvarları kaldırmanın kat kesme kuvvetleri ve görelî öteleme oranları üzerinde önemli değişiklikler meydana getirdiği belirlenmiştir. Binaya dolgu duvarın dahil edilmesi binanın

uzak ve yakın fay depremleri altında yaptığı yanal yerdeğiştirme değerlerinin azalmasına, bununla birlikte kat momentleri ve kat kesme kuvvetlerinin artmasına sebep olmuştur. Tamamı dolgu duvar ile modellenmiş binaya kıyasla herhangi bir katında dolgu duvar ilave edilmemiş modellerdeki ilgili katlarda büyük deprem talepleri meydana gelmiştir.

Gioncu ve Mazzolani [25] çok katlı yumuşak kat/zayıf kat düzensizliği bulunan binalarda zemin kat kolonlarındaki burulma etkilerinden kaynaklanan göçmelerin depremlerde oldukça yaygın olarak gözlemlendiğini belirtmiştir. İlk kat kolonlarının büyük yanal yerdeğiştirmesi ve katlar arası düzensizliklerin geçmiş depremlerde birçok çerçeve taşıyıcı sistemli binanın göçmesine sebep olduğu gözlemine yer verilmiştir.

Calvi vd. [26] özel olarak tasarlanmış boşluklu çelik çapraz sisteminin, yumuşak kat davranışı sergileyen bir çerçevenin sismik davranışına etkilerini incelemiştir. Çekme altında açılıp basınç altında kapanan bu yanal destek sistemi kolonlara her iki taraftan bağlanmaktadır. Bu özel sistem ilave edildikten sonra çerçevenin akma sonrası rijitliğinde ve kolonların yanal yük taşıma kapasitesinde ciddi artışlar meydana geldiği gösterilmiştir. Ayrıca P-delta etkilerinde de azalmalar gözlenmiştir. Sistemin önemli bir katkısı da çerçevenin yanal rijitliğinde artma meydana getirmemesidir. Çalışmada altı katlı bina için tüm katlarında dolgu duvar olması ve zemin kat haricinde tüm katlarında dolgu duvar olması durumlarını içeren binanın, güçlendirilmiş hali ile karşılaştırılması sunulmuştur. Yapılan DODA'larda toplamda on adet deprem kaydı kullanılmıştır. Bu yenilikçi güçlendirme yöntemi binanın yanal yük taşıma kapasitesini ve yumuşak katın yerdeğiştirme kapasitesini arttırmıştır. Ayrıca çalışmada artımsal dinamik analiz sonuçlarına da yer verilmiş ve binanın göçme güvenliği elde edilmiştir. Güçlendirilmiş binanın göçme olasılığı yumuşak katlı binaya kıyasla 0.4g'lik deprem düzeyi için 40 kat, 0.6g'lik deprem düzeyi için 2 kat azalmıştır.

Vahedi vd. [27] eksantirik bir şekilde binaya ilave edilmiş çelik çaprazlı çerçevelerin yumuşak ilk katlı binaların sismik performansına etkisini değerlendirmiştir. İlk önce çelik çaprazlı çerçeve için deneysel çalışma kalibre edilmiştir. Bu esnada çelik ve beton malzemelerinin davranışları fiber model tekniği ile dikkate alınmıştır. Daha sonra bina beş farklı çelik çapraz konfigürasyonu ile güçlendirilmiştir. Bunlardan dördü binanın rijitliğini arttırma, bir tanesi ise hem rijitlik hem sünekliğini arttırmaya yönelik olmuştur. Binanın sismik performansının değerlendirilmesinde doğrusal olmayan statik ve dinamik yöntemler

kullanılmıştır. Rijitlik arttırmaya yönelik güçlendirme çalışmaları, gerekli sünekliğin eksikliği sebebiyle normal binaya göre daha erken kesme ve eksenel göçmelerin yaşanmasına sebep olmuştur. Ayrıca kolonlardaki kesme ve eksenel kuvvetlerin değişiminin çelik çerçevenin narinliğine bağlı olduğu belirlenmiştir. Bu durumun sistemin dayanımını arttırmak için kritik bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Analizlerde OpenSees programı kullanılmıştır. Elemanların eğilme davranışları için fiber model kullanılmıştır. Betonarme elemanların kompleks davranışları (pekleşme, donatı sıyrılması, çevrimsel davranış rijitlik azalması ve yumuşama vb.) dikkate alınmıştır. Analizler iki doğrultulu yapılmıştır. DODA’larda üç adet deprem dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda önerilen bağlantı tipi 5. konfigürasyon olan sistemin hem rijitliğini hem de sünekliğini arttırmayı amaçlayan konfigürasyon olmuştur. Ayrıca tüm güçlendirme modellerinde çapraz elemanlar burkulmadan önce betonarme elemanlarda kesme veya eksenel kuvvet sebebiyle göçmenin yaşanacağı, bu sebeple tasarımı belirleyen faktörün betonarme elemanlar olduğu belirtilmiştir.

Constantinou ve Symans [28] deneysel ve analitik çalışma ile Viskoz Sıvı Sönümleyicilerin (VSS) mekanik karakteristiğini, frekansa ve sıcaklığa bağımlılığını incelemiştir. VSS’lerin belirli bir frekans altındaki hareket frekansları için doğrusal viskoz olan bir davranış sergileyebilmek için tasarlanabileceği ortaya koyulmuştur ve çalışmada test edilen sönümleyici için bu değer 4 Hz olarak elde edilmiştir. Bu değer üzerinde VSS’lerin viskoelastik sönümleyici davranışları sergilemeye başladığı vurgulanmıştır. Ayrıca sönümleyicilerin sıcaklıktan önemli derecede etkilenmedikleri gözlemlenmiştir. Sönümleyici için matematik model geliştirilmiştir. Daha sonra tek katlı ve üç katlı çelik bir binanın sönümleyicisiz ve sönümleyicili deneysel deprem testleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel veriler sonucunda binalara sönümleyici ilavesinin görelî kat öteleme oranlarını %30-%70 arasında, kesme kuvvetlerini %40-%70 arasında azalttığı gözlemlenmiştir. Sönümleyici ilavesinin görelî kat öteleme oranlarını, dolayısıyla kolon eğilme momentlerini azalttığı vurgulanmıştır. Bununla birlikte eğilme momentleri ile farklı fazlarda (farklı zaman aralıklarında) kolona etkiyen ilave eksenel kuvvetlerin olduğu gözlemlenmiştir. Bu davranışın güçlendirme uygulamalarında kolonun ilave eksenel kuvvetlerden göçmesini önleyebileceği saptanmıştır. Elde edilen deneysel veriler analitik sonuçlar ile kıyaslanmış ve doğrulanmıştır.

Kasai vd. [29] 5 katlı çelik bir binaya akma tipi sönümleyici, sıvı yağlı sönümleyici, VSS ve viskoelastik sönümleyici olmak üzere dört farklı sönümleyici tipi ilave etmiş ve tam ölçekli sarsma masası testleri gerçekleştirmiştir. Deprem olarak Kobe depreminin Takatori kaydının seçildiği bu çalışmada ilgili depremin sırasıyla 0.05, 0.1, 0.4, ve 1.0 katları binaya etkilenmiştir. İncelemeler sonucunda binanın sönüm oranını arttırmada en başarılı sönümleyici tipinin %17 sönüm oranıyla sıvı yağlı sönümleyicinin olduğu gösterilmiştir. %10 sönüm oranı ile VSS ve viskoelastik sönümleyicilerin başarısı da vurgulanmıştır. Ayrıca tüm sönümleyicilerin binanın görece kat öteleme oranları ve taban kesme kuvvetlerinde düşüş meydana getirdiği rapor edilmiştir.

Pineda vd. [30] VSS kullanılan bir hastane binasının davranışını sayısal olarak incelemiştir. 3 adet deprem kaydı kullanılarak gerçekleştirilen DODA'larda binaya sönümleyici ilave edilmesinin plastik mafsal dönmeleri, görece kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetlerinde düşüşler meydana getirdiğini göstermiştir. Sönümleyici hızının üssünü ifade eden α 'nın 0.25 ve 0.5 değerleri için iki farklı uygulama incelenmiş ve α değerinin 0.5 olmasının binanın sismik tepkileri için daha uygun olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sönümleyici tasarımı için modal yöntem kullanılmıştır. Buna göre bina için belirli bir sönüm oranı hedeflendikten sonra binanın modal değerleri elde edilmiş ve kat modal genlikleri oranında istenilen sönüm oranına ulaşmak için gereken sönüm sabiti (C) değerleri elde edilmiştir.

Jara vd. [31] 2017 Mexico City depreminde çok fazla yıkıma uğrayan yumuşak katlı binalar için farklı güçlendirme alternatiflerini incelemiştir. İlgili depremde yıkılan binaların %50'den fazlasını oluşturan yumuşak kat düzensizliği sorununa çözüm olarak binanın yalnızca zemin katında çelik çaprazlı çerçeveler, akma tipi sönümleyiciler ve VSS'ler kullanılmıştır. Çalışmada binanın yüksekliğinin artmasıyla birlikte yalnızca akma tipi sönümleyici kullanımının yetmediği, sönümleyici ve çelik çaprazlı çerçevelerin birlikte kullanımının değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Düzlem çerçeve olarak modellenen ve 23 adet deprem kaydı kullanılan DODA'larda %25 eşdeğer sönümleme oranı ile VSS alternatifinin güçlendirme seçenekleri arasında en iyisi olduğu belirtilmiştir. Ancak bu yöntemin taban kesme kuvvetini arttırdığı ve ilave temel güçlendirmelerinin gerekebileceğine değinilmiştir.

Miyamoto vd. [32] Kuzey Amerika'da VSS'ler kullanılarak güçlendirilen iki adet binayı incelemiştir. Dört katlı ve yumuşak kata sahip sünek olmayan çerçevelerden yapılmış

betonarme binanın tarihi dokusunu bozmadan en düşük maliyetli güçlendirme alternatifleri araştırılmıştır. Binaya çelik çaprazların veya betonarme perdelerin eklenmesinin ticari kaygıları da öne çıkardığı vurgulanarak VSS alternatifi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak çelik çaprazlı çerçeveler ve VSS kullanılarak güçlendirilen binada incelenen depremler için binanın taleplerinde istenilen düşüşlerin meydana geldiği, maliyet ve tarihi doku olanakları da göz önüne alındığında VSS kullanımının en uygun güçlendirme yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır.

1.2 Literatür Değerlendirilmesi

Literatürdeki çalışmalar çoğunlukla binalarda yumuşak kat davranışının görece kat ötelemesi oranları üzerindeki etkisine yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda, dolgu duvar etkisi ve/veya kat yüksekliğinin artırılmasının düzensizlik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmaların büyük kısmı doğrusal olmayan statik veya tek doğrultulu dinamik analiz değerlendirmelerinden oluşmaktadır ve dolgu duvarların modellenmesinde genellikle eşdeğer çubuk yaklaşımını esas alan makro modelleme yöntemi kullanılmıştır. Yumuşak kat düzensizliği bulunan binaların güçlendirilmesine yönelik çalışmaların çok kısıtlı olduğu görülmektedir. Enerji sönümlenme sistemlerinin binalardaki deprem etkilerinin azaltılması amacıyla kullanımı konusunda çok sayıda çalışma ve başarılı uygulamalar bulunduğu, buna karşılık yumuşak kat düzensizliğinin giderilmesine yönelik çalışmaların çok yetersiz olduğu görülmüştür. Özellikle Viskoz Sıvılı Sönümleyici (VSS) cihazlarının bu konuda önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmekte ancak performans esaslı yaklaşımlar ile konunun detaylı olarak incelenmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmada betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliğinin giderilmesinde Viskoz Sıvılı Sönümleyicilerin (VSS) kullanımının Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz (DODA) çerçevesinde incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için örnek olarak seçilen binalarda farklı performans hedeflerini sağlamaya yönelik VSS uygulamaları araştırılmıştır. Birinci hedef TBDY 2018’de öngörülen ve minimum performans hedefi olan DD-2 deprem düzeyi için Kontrollü Hasar performans düzeyidir. Ayrıca ileri performans hedefi olarak tasarım deprem düzeyi (DD-2) için Sınırlı Hasar performans düzeyinin sağlanması ve maksimum deprem düzeyi (DD-1) için Göçmenin Önlenmesi performans düzeyinin sağlanması öngörülmüştür.

Değerlendirmeler ülkemizde yaygın bina stoğunu temsil eden TDY 2007'e [18] göre tasarlanmış ve yumuşak kat potansiyeline sahip olan dört ve yedi katlı bina örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. İncelenen binaların birinci katları normal katlarına göre %16 daha yüksek yapılarak ve birinci katlarında daha az dolgu duvar kullanılarak yumuşak kat düzensizliği oluşturulmuştur. Uzak ve yakın fay karakteristiğindeki kayıtlardan oluşan iki ayrı deprem grubu (11 adet) hazırlanmış ve bunlar tasarım deprem düzeyi (DD-2) ve maksimum deprem düzeyi (DD-1) için ölçeklenerek binalara uygulanmıştır. Elemanların doğrusal olmayan davranışlarının modellenmesinde ASCE 41-23 [33] esas alınmış, performans değerlendirmeleri için ASCE 41-23 [33] ve TBDY 2018 [11] kriterleri ayrı ayrı uygulanmıştır. Çalışmada performans düzeylerinin yanı sıra maksimum ve kalıcı görece öteleme oranları, taban kesme kuvvetleri ve kolon aksenal kuvvetleri üzerinde VSS uygulamasının etkileri incelenmiştir.

2. PASİF ENERJİ SÖNÜMLEME SİSTEMLERİ

Pasif enerji sönümlenme daha çok binanın deprem esnasındaki titreşiminden oluşan genliklerden faydalanarak, yapıya sönüm ilave etme ve deprem enerjisinin bu sönüm ile sönümlenmesi prensibine dayanmaktadır. Bu amaçla taşıyıcı sistem üzerine sönüm üretmeye yarayan çeşitli cihazlar veya özel birleşimler entegre edilmektedir. Yapısal sisteme entegrasyon için kullanılan elemanlarla beraber “enerji sönümlenme sistemi” olarak veya kısaca “sönümleyici” olarak adlandırılmaktadırlar. Bunlar enerji sönümlenme mekanizmalarına bağlı olarak yerdeğiştirme esaslı sönümleyiciler ve hız esaslı sönümleyiciler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar [34]. Her bir grupta farklı alternatifler içeren sönümlenme sistemleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

2.1 Yerdeğiştirme Esaslı Sönümleyiciler

Genel olarak cihazın iki ucu arasında yerdeğiştirme farkı oluşması ve bu rölatif yerdeğiştirmenin sönümleyicinin iç kuvvetlerinde değışim meydana getirmesi prensibine dayanırlar. Binaya sönüm ilavesinin yanısıra önemli bir rijitlik de ilave ederler. Böylelikle yapının doğal titreşim periyodunu değıştirirler. Binanın rijitliğinin artması ve doğal titreşim periyodunun azalması sebebiyle binaya etki eden deprem kuvvetleri artabilmektedir. Sönüm üretmek amacıyla kullanılan birleşimdeki mekanizmaya bağlı olarak metalik akma tipi sönümleyiciler ve sürtünme tipi sönümleyiciler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

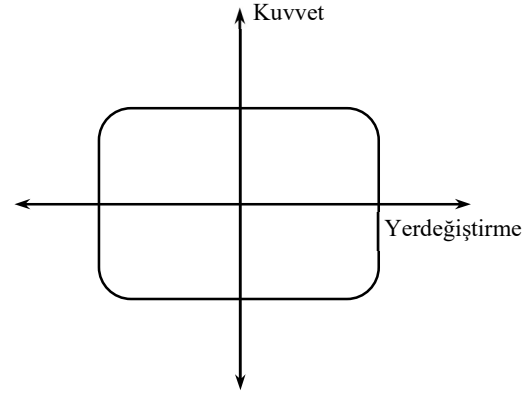
Sürtünme tipi sönümleyiciler genel olarak yüzeylerin birbirine sürtmesi ve bu sayede depremden gelen kinetik enerjinin ısıya dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. Buldukları ortamın sıcaklığından çok fazla etkilenmezler. Sürtünme yüzeylerinin zamanla yaşlanmasından kaynaklı olarak bakım gerektirirler. Sürtünme tipi sönümleyici sisteme ait örnek bir uygulama ve tipik çevrimsel davranışı Şekil 2.1-2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.1: Sürtünme tipi sönümleyici uygulaması örneği



a)



b)

Şekil 2.2: Sürtünme tipi sönümleyicide, a) Sönüm üreten birleşim, b) Tipik çevrimsel davranış örneği

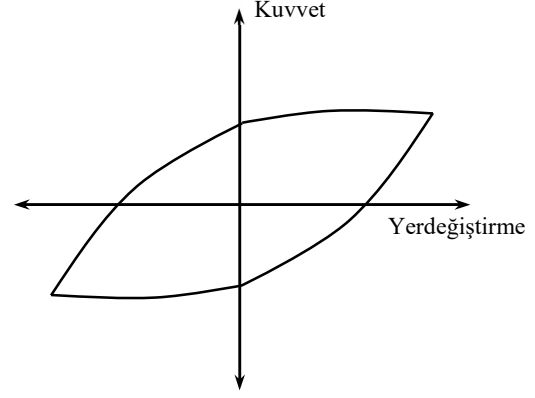
Metalik akma tipi sönümleyiciler taşıyıcı sisteme rijitliği görece düşük, sünekliği yüksek özel tasarlanmış çelik birleşimler ilave edilerek deprem esnasında bu birleşimlerin akması prensibine dayanmaktadır. Böylelikle depremde oluşan kinetik enerji, çevrimsel davranış enerjisine dönüştürülmektedir. Ortam sıcaklığından etkilenmezler. Bakım gerektirmediikleri için uzun vadede güvenilirlikleri yüksektir ancak depremden sonra doğrusal olmayan davranış sergilemeleri sebebiyle değişim gerektirirler [35]. Metalik akma tipi sönümleyici sisteme ait bir uygulama örneği ve tipik çevrimsel davranışı Şekil 2.3-2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.3: Metalik akma tipi sönümleyici uygulaması örneği



a)



b)

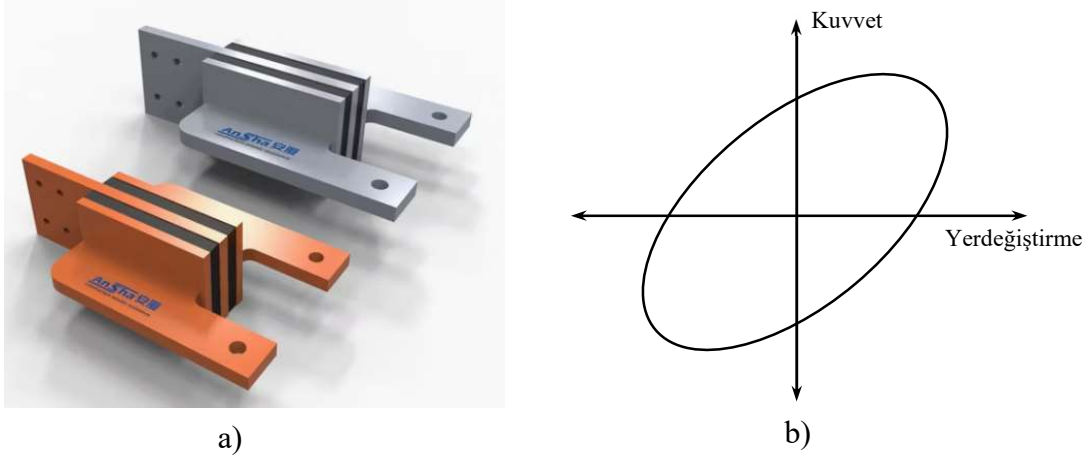
Şekil 2.4: Metalik akma tipi sönümleyicide, a) Sönüm üreten birleşim, b) Tipik çevrimsel davranış örneği

2.2 Hız Esaslı Sönümleyiciler

Genel olarak cihazın iki ucu arasında hız farkı oluşması ve bu rölatif hızın sönümleyicinin iç kuvvetlerinde değişim meydana getirmesi prensibine dayanırlar. Sönümleyicinin tamamen veya kısmen hıza bağlı olması durumuna göre viskoelastik sönümleyici ve viskoz sıvılı sönümleyici (VSS) olmak üzere ikiye ayrılırlar.

2.2.1 Viskoelastik Sönümleyiciler

Bu tip sönümleyicilerde çelik plakaların arasında viskoelastik bir malzeme pedi yer almaktadır. Cihazda rölatif yerdeğiştirme ve hız meydana geldiğinde bu pedler birbirleri üzerinde sürtünerek oluşun kinetik enerjiiyi ısı enerjisine dönüştürürler. Sıcaklık ve frekansa oldukça bağımlı olan bu cihazlarda kullanılan pedler için periyodik bakım gerekmektedir [36]. Viskoelastik sönümleyiciye ait tipik çevrimsel davranış Şekil 2.5'te verilmiştir.

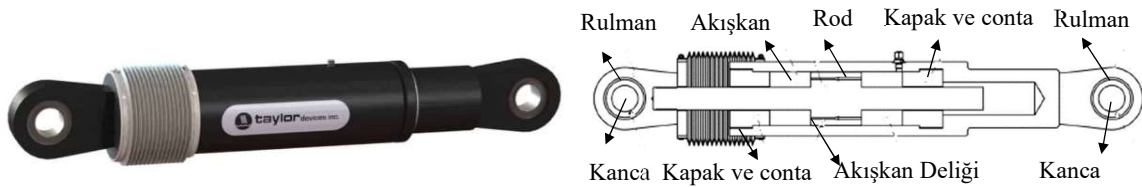


Şekil 2.5: Viskoelastik sönümleyicide, a) Sönüm üreten birleşim, b) Tipik çevrimsel davranış örneği

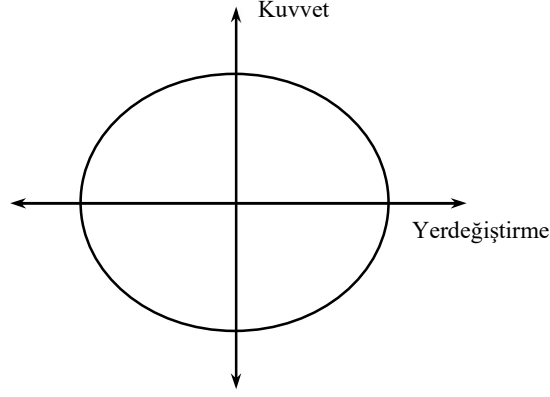
2.2.2 Viskoz Sıvılı Sönümleyiciler

Viskoz Sıvılı Sönümleyiciler (VSS) ilk olarak uzay ve havacılık alanlarında elemanları ani şokların yarattığı titreşimden korumak amaçlı kullanılmıştır. Daha sonralarda bu sönümleyicilerin rüzgar ve deprem gibi dış yüklerin yarattığı titreşimleri de azaltacağı fikri ortaya atılmış ve 1980’li yılların sonunda bu konuda çalışmalar başlamıştır [37]. Günümüzde özellikle ABD ve Japonya gibi ülkeler VSS’lerin yapısal alanda kullanılmasında büyük pay sahibi olmuştur.

VSS’ler esasen çelik bir tüpün içerisinde bulunan akışkanın delikli pistonlar ile sıkıştırılarak tepki kuvveti üretmesine ve sönümleyicinin iki ucundaki rölatif hızdan oluşan kinetik enerjinin ısı enerjisine dönüşerek sönümlenmesi prensibine dayanmaktadır. Söz konusu mekanizmayı sağlamak üzere tasarlanmış tipik bir cihaza ait detaylar Şekil 2.6’da, cihazın tipik çevrimsel davranışı Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.6: Tipik bir VSS cihazının bileşenleri [38]



Şekil 2.7: Viskoz Sıvılı Sönümleyicide (VSS) tipik çevrimsel davranış örneği

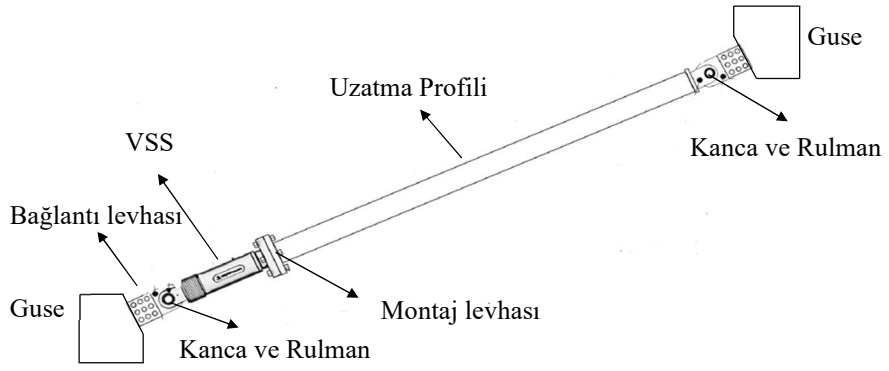
Şekil 2.6’da gösterilen rulman ve kanca cihazı taşıyıcı sisteme entegre etmede kullanılan mafsalı göstermektedir. Cihazın bağlanma şekline göre bu elemanlar farklılık gösterebilmektedir. Cihazın içerisindeki sıvının özellikleri ve piston delikleri istenilen sönüm özelliklerine göre üretilmektedir. Bu sıvı genellikle kimyasal açıdan kararlı olması ve geniş sıcaklık aralıklarında değişken özellikler göstermemesi sebebiyle silikon bazlı tercih edilmektedir.

VSS’lerin taşıyıcı sisteme entegrasyonunda farklı uygulamalar olmakla birlikte genellikle diyagonal tip, ters v tipi ve dirsek tipi çapraz sistemleri ile uygulanmaktadır (Şekil 2.8).

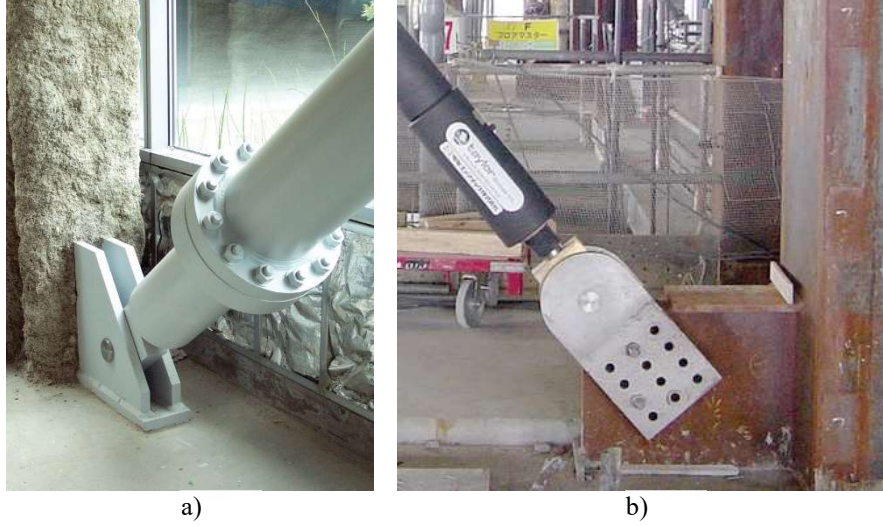
VSS cihazlarının taşıyıcı sisteme entegrasyonu için genellikle çelik yapısal elemanlar kullanılır ve bunlar taşıyıcı sistem elemanlarına mafsalı bağlantılar yoluyla birleştirilir (Şekil 2.9). Bu bağlantı elemanlarının tümü VSS’de oluşacak kuvvetler altında elastik kalacak şekilde tasarlanmaktadır. VSS cihazlarının düğüm noktalarına bağlantısında binanın çelik veya betonarme olmasına bağlı olarak farklı birleşimler uygulanabilmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.8: VSS entegre sistemleri. a) Diyagonal, b) Ters v, c) X tipi, d) Dirsek tipi. [39]



Şekil 2.9: VSS'nin taşıyıcı sistem entegrasyonunda kullanılan bileşenler



Şekil 2.10: Diyagonal tipi VSS cihazı uygulamasında birleşim detayları. a) Betonarme taşıyıcı sistem, b) Çelik taşıyıcı sistem

VSS cihazının binaya entegrasyonunda tasarım aşamasında ve güçlendirme aşamasında olmasına bağlı olarak farklı birleşimler uygulanmaktadır. Betonarme bina için bazı alternatifler Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



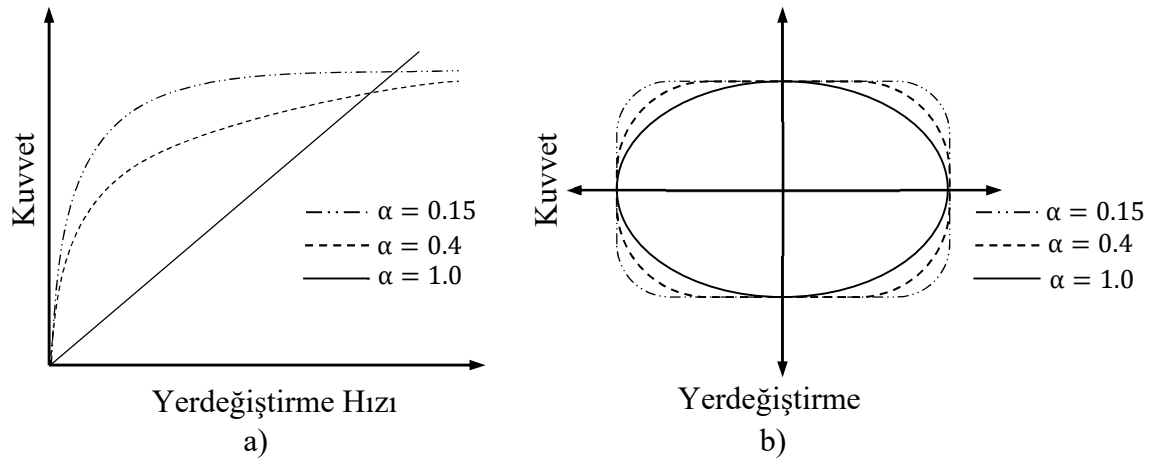
Şekil 2.11: Betonarme binada VSS sisteminin birleşim alternatifleri

VSS cihazları ile üretilen sönüm kuvveti F , Denklem (2.1) ile ifade edilmektedir.

$$F = CV^\alpha \quad (2.1)$$

Buradaki C sönüm katsayısı, V sönümleyicinin iki ucu arasındaki rölatif hız ve α hız üssü olarak isimlendirilmektedir. C ve α değerleri cihazın özellikleri değiştirilerek elde edilmektedir. Akışkanın viskozite seviyesi cihazın sönüm katsayısını (C) belirlerken pistonda yer alan deliklerin adet, çap, şekil vb. özellikleri hız üssünü (α) belirlemektedir. α 'nın 1 olması durumunda doğrusal, 1'den farklı bir değer olması durumunda doğrusal olmayan davranış elde edilmektedir (Şekil 2.12). Cihaz özelliklerine göre α , 0.2 ile 1.0 arasında değerler almakla birlikte bina tipi yapılarda deprem etkisini sönümlemek için genellikle 0.2 ile 0.4 arası değerler kullanılması önerilmektedir [39].

Şekil 2.12’de α ’nın bazı değerleri için elde edilen Kuvvet-Yerdeğiştirme Hızı ilişkileri ve buna karşılık gelen çevrimsel davranışlar örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.12: Farklı α değerleri için a) Kuvvet-Yerdeğiştirme Hızı, b) Kuvvet-Yerdeğiştirme ilişkileri

VSS cihazları kullanım amacına bağlı olarak çeşitli firmalar tarafından belirli hız, sönüm ve kuvvet kapasitelerini sağlayacak şekilde üretilip satışa sunulmaktadır. Bu konuda ABD’de önemli konumda olan Taylor Devices firması tarafından sismik uygulamalar için üretilen VSS cihaz kataloğu örnek olarak Tablo 2.1’de verilmiştir [40]. Tabloda görüldüğü gibi sismik uygulamalar için sönüm kuvvet kapasitesi 250-8000 kN aralığında değişen cihazlar bulunmaktadır.

Tablo 2.1: Taylor Devices firmasına ait VSS kataloğu [40]

Kuvvet (kN)	Uzunluk (mm)	Yerdeğiştirme Kap. (mm)	Maks. Silindir Çapı (mm)	Ağırlık (kg)
250	867	±75	114	45
500	1067	±100	146	98
750	1194	±100	184	168
1000	1238	±100	210	254
1500	1314	±100	241	306
2000	1575	±125	286	499
2550	1702	±125	324	719
3000	1803	±125	368	975
4000	1930	±125	432	-
6500	2134	±125	514	-
8000	2292	±125	565	-

Ülkemizde VSS gibi pasif enerji sönümleme cihazlarının binalarda uygulanmasına yönelik olarak TS EN 15129 [41] standardı bulunmaktadır. Bu standart tamamen Avrupa Birliği'nin EN 15129 standartının içeriğine sahiptir. Anti sismik cihazlar adını taşıyan bu standartta deprem izolatörleri ve pasif enerji sistemleri içerisinde VSS cihazlarına da yer verilmiştir. Standartta VSS uygulamaları bulunan binaların tasarım ve güçlendirmesiyle ilgili olarak özel yöntemler bulunmakta, Eurocode 8 [42]'de tanımlanan yöntemlerin, sınır durumların ve deprem düzeylerinin kullanılacağı belirtilmektedir. Genel olarak kullanılacak pasif kontrol cihazlarının türlerine, sismik davranışlarına, cihazların üretimine ve test koşullarına yer verilmiş ve cihaz yerdeğiştirme ve yük kapasitelerine belirli güvenlik katsayıları kullanılması öngörülmüştür. Bina analizlerinde kullanılacak cihazın nasıl modelleneceği konusunda bilgi içermekle birlikte sönümleyici içeren binalarla ilgili özel bir koşul bulunmamaktadır.

Sönümleyicilerin yaygın kullanıldığı bir ülke olan Japonya'da pasif enerji sönümleme sistemleri Japon Deprem İzolasyon Derneği (JSSI) tarafından hazırlanmış olan bir kılavuz ile tasarlanmaktadır [43, 44]. Kılavuzdaki farklı sönümleyici sistemleri ve bunları oluşturan bileşenler (cihaz ve bağlantı sistemi elemanları) için çevrimsel davranış modelleri verilmiştir. Sönümleyicili binalarla ilgili performans hedeflerine yer verilmekle birlikte diğer bina elemanlarının tasarım kriterlerine yer verilmemiştir. Diğer standartlardan farklı olarak kılavuzda eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem (ETSDS) ve eşdeğer sönüm yaklaşımına dayanan bir ön tasarım yaklaşımı verilmiştir. Bunun için performans eğrileri hazırlanmış ve bina katlarında kullanılacak sönümleyici özelliklerinin optimum olarak belirlenmesine olanak sağlamıştır. Ancak kılavuzda yapılan ön tasarımın önerilen modeller kullanılarak mutlaka DODA ile kontrol edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Sönümleyicilerin yaygın kullanıldığı bir diğer ülke ABD'dir. ABD ASCE 7-22 [7] ve ASCE 41-23 [33] standartlarında enerji sönümleme sistemi içeren binaların tasarım esaslarına oldukça geniş yer vermiştir. Bu standartlarda bazı şartları sağlayan binalar için basitleştirilmiş ETSDS ve eşdeğer sönüm yaklaşımları ile sönümleyicili bina tasarımına izin verilmekle birlikte temel yöntem olarak DODA öne çıkmaktadır. ASCE 41-23'te yeni bina tasarımı yanında güçlendirmede enerji sönümleme sistemi kullanımı ile ilgili daha fazla detay verilmiştir. Tasarım depremi düzeyinde sadece Can Güvenliği (LS) performans düzeyinin hedeflendiği durumlarda her bir doğrultuda en az ikişer adet olmak üzere katta en az dört adet sönümleyici cihaz kullanılması zorunlu tutulmuştur [33]. Ayrıca bu durumda

kullanılacak cihazların kapasitelerinin (kuvvet, yerdeğiştirme ve hız) de bina risk kategorisine göre belirlenen en büyük deprem düzeyleri için elde edilen maksimum değerlerin %30 fazlasını karşılaması istenmektedir. Buna alternatif olarak tasarım düzeyi depremler için güçlendirme amacıyla bir katta dörtten daha az sönümleyici kullanılması durumunda ise yine en büyük deprem düzeylerine karşılık gelen taleplerin %100 fazlasını karşılayacak kapasitede sönümleyici cihazlar kullanılması öngörülmektedir. ASCE 41-23'te ayrıca cihaz özelliklerine ait karakteristik değerler çeşitli sebeplerle (üretim hataları, çevresel etkiler, zamana bağlı etkiler vb.) güvenlik katsayılar ile revize edilerek kullanılmaktadır [33].

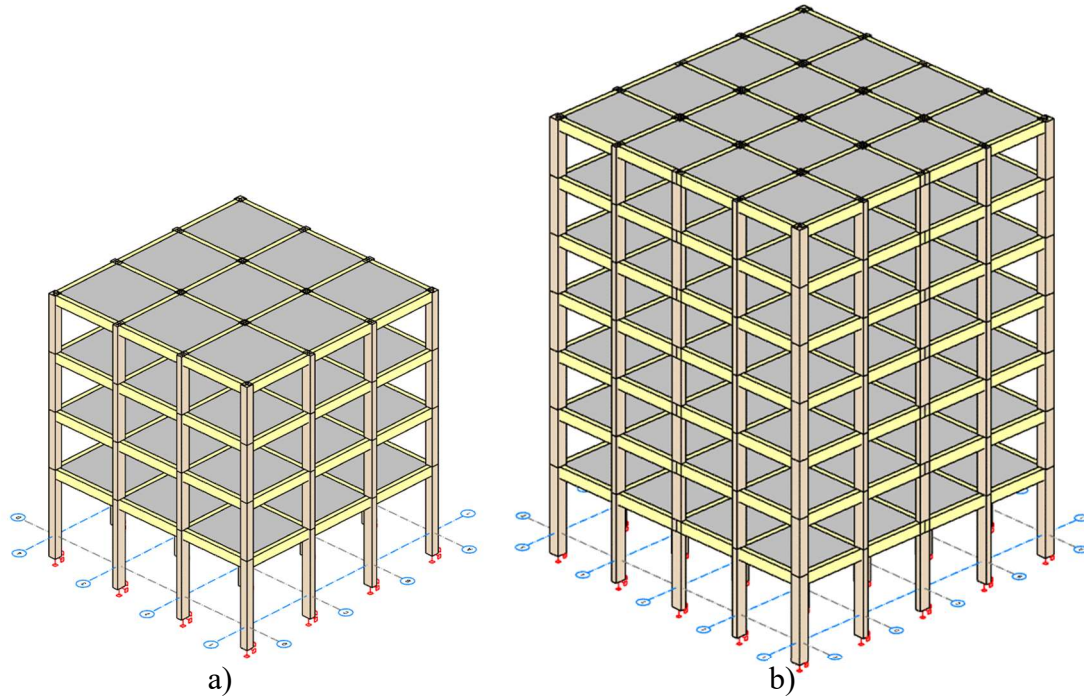
Bu çalışmada yumuşak kat düzensizliğinin giderilmesine yönelik olarak VSS kullanılabilirliğinin ve binaya etkisinin araştırılması hedeflendiği için herhangi bir standart/kılavuza bağlı kalınmamıştır. Belirli bina performans hedeflerini karşılamaya yönelik VSS özellikleri belirlenmiş ve doğrusal olmayan dinamik analiz ile bina davranışı incelenmiştir. Böylece VSS kullanımı ile bina performansının ne kadar iyileştirilebildiği araştırılmıştır.

3. SAYISAL İNCELEMELER

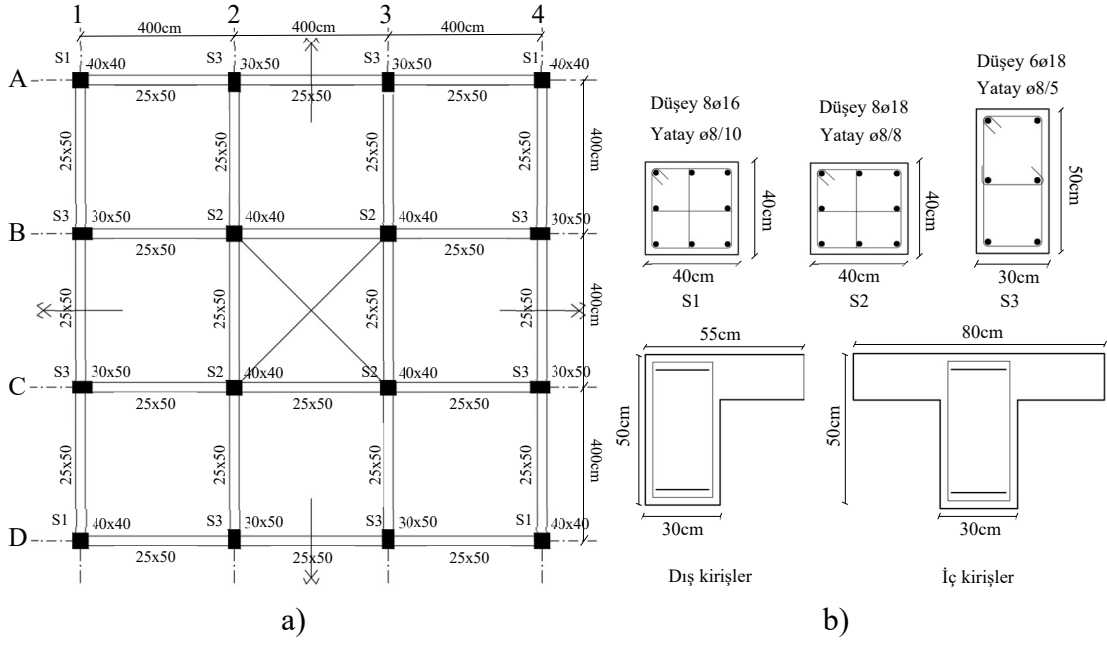
Bu bölümde çalışma kapsamında incelenen betonarme bina örneklerine ait tasarım özellikleri, mevcut ve Viskoz Sıvılı Sönümleyiciler (VSS) ile güçlendirilmiş farklı alternatiflere ait değerlendirmeler verilmiştir.

3.1 Binaların Özellikleri

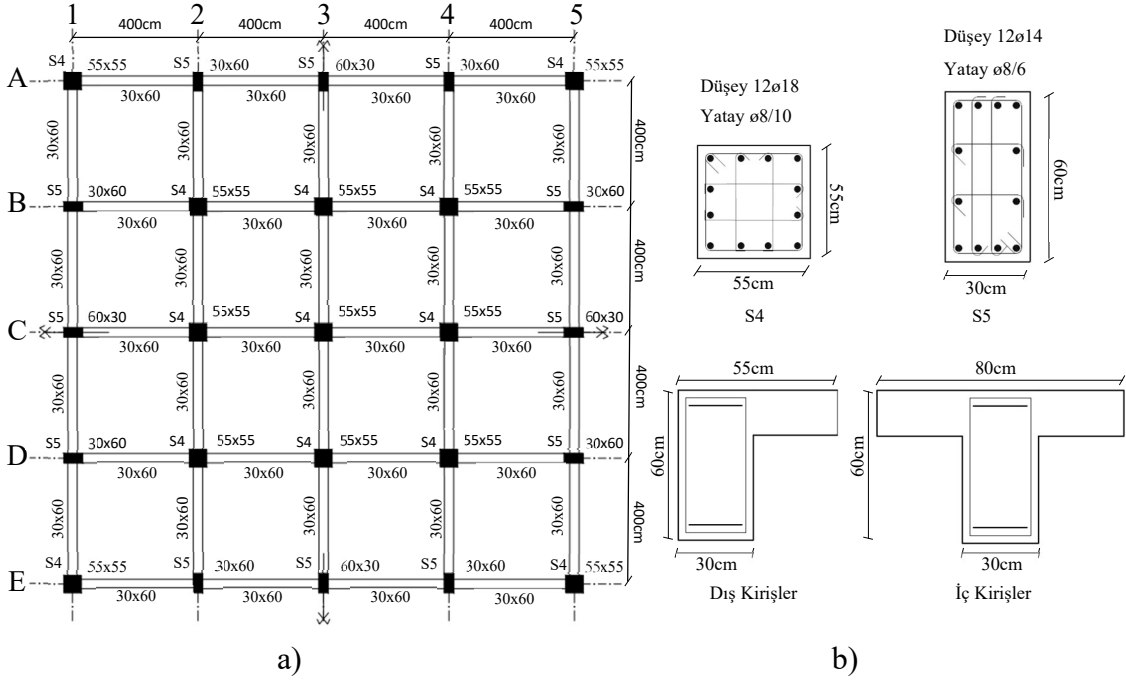
Çalışmalar dört katlı (4KB) ve yedi katlı (7KB) iki betonarme bina üzerinde gerçekleştirilmiştir. Binaların taşıyıcı sistemi her iki doğrultuda simetrik çerçeve sisteminden oluşturulmuştur. Binalarda yumuşak kat düzensizliği oluşturabilmek amacıyla birinci katları normal katlarına göre daha yüksek yapılmıştır. Binaların üç boyutlu modelleri, tipik kat planları, tipik enkesit boyutları ve düşey kesitleri sırasıyla Şekil 3.1-3.4 arasında verilmiştir.



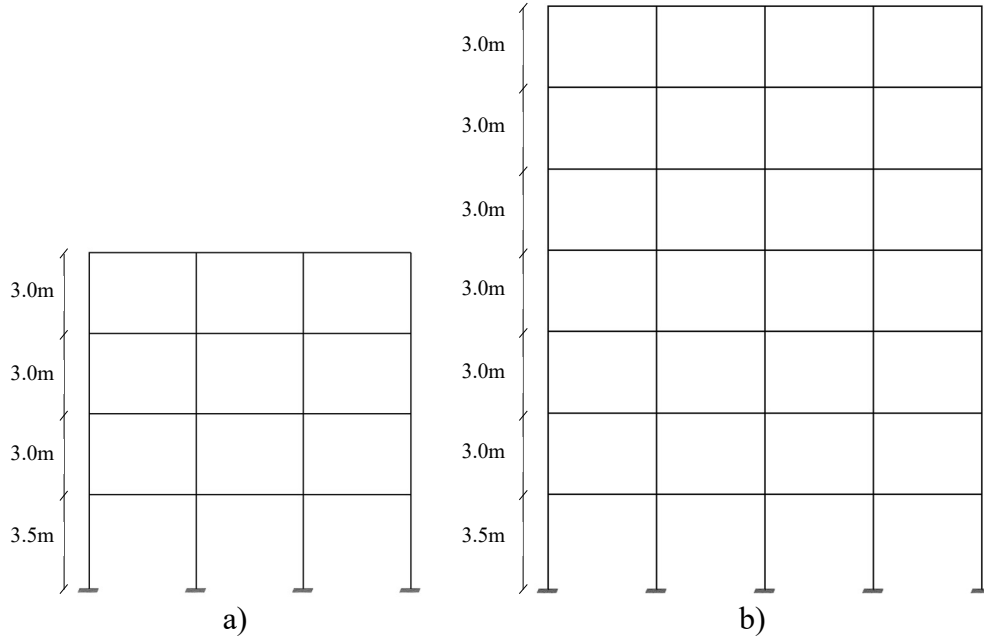
Şekil 3.1: Üç boyutlu bina modelleri a) 4KB, b) 7KB [45]



Şekil 3.2: 4KB binasına ait, a) Tipik kat planı, b) Tipik enkesit detayları



Şekil 3.3: 7KB binasına ait, a) Tipik kat planı, b) Tipik enkesit detayları

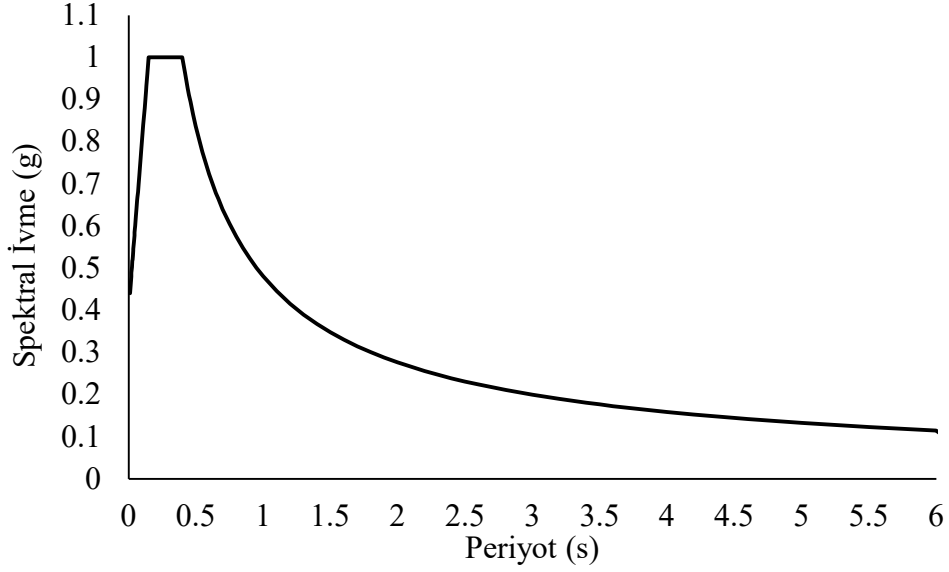


Şekil 3.4: Binalara ait tipik düşey kesitler. a) 4KB, b) 7KB

Nispeten eski binaları temsil etmek amacıyla tasarımda TDY2007 [18] esas alınmıştır. Buna göre her iki bina için ortak olan deprem karakteristikleri Tablo 3.1’de, esas alınan ivme spektrumu Şekil 3.5’te verilmiştir.

Tablo 3.1: Binaların deprem karakteristikleri

Deprem Bölgesi	1. Bölge
Etkin Yer İvme Katsayısı, A_0	0.4
Yerel Zemin Sınıfı	Z2
Zemin Karakteristik Periyotları (sn)	$T_A=0.15$ $T_B=0.4$
Bina Önem Katsayısı, I	1
Bina Kullanım Amacı	Konut
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	0.3
Süneklik Düzeyi	Yüksek
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R	8
Dayanım Fazlalığı Katsayısı, D	3



Şekil 3.5: Tasarıma esas deprem yatay elastik ivme spektrumu

Döşemelerde öz ağırlık dışında 1.5 kN/m^2 'lik sabit yük, 2.0 kN/m^2 hareketli yük, tüm kirişlerde 0.625 kN/m 'lik sabit yük göz önüne alınmıştır. Beton sınıfı olarak C20, donatı sınıfı olarak S420B seçilmiştir. 4KB binasında merdiven boşluğunu temsil etmek için orta döşeme boş bırakılmış, 7KB'de merdiven boşluğu ihmal edilmiştir.

Binaların tasarımında Prota Structures [45] programından yararlanılmıştır. Betonarme elemanların donatılandırılmasında TS500 [46] kullanılmıştır. Deprem etkileri için mod birleştirme yöntemi esas alınmıştır. 4KB binasında kolon boyutları tüm katlar boyunca sabit tutulmuş, 7KB binasında kolon boyutları ilk dört kat için aynı, sonraki üç kat için azaltılarak devam edilmiştir. Kirişler için elde edilen donatılar Ek A'da verilmiştir. Binalara ait modal özellikler Tablo 3.2-3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.2: 4KB binasına ait elde edilen modal değerler

Mod	Periyot, s	Etkin Kütle Oranı, X	Etkin Kütle Oranı, Y	\sum Etkin Kütle Oranı, X	\sum Etkin Kütle Oranı, Y
1	0.513	0	0	0	0
2	0.500	0.419	0.467	0.419	0.467
3	0.500	0.467	0.419	0.886	0.886
4	0.165	0	0	0.886	0.886
5	0.160	0.0274	0.0609	0.913	0.95
6	0.160	0.0609	0.0274	0.974	0.974

Tablo 3.3: 7KB binasına ait elde edilen modal değerler

Mod	Periyot, s	Etkin Kütle Oranı, X	Etkin Kütle Oranı, Y	\sum Etkin Kütle Oranı, X	\sum Etkin Kütle Oranı, Y
1	0.625	0	0	0	0
2	0.607	0.853	0	0.853	0
3	0.607	0	0.853	0.853	0.853
4	0.204	0	0	0.853	0.853
5	0.197	0.099	0	0.952	0.853
6	0.197	0	0.099	0.952	0.952

Modal özelliklerden görüldüğü gibi her iki binada da burulma modu hakim olmuştur. Özellikle 4KB binasında bu durum çok daha etkin olmuş ve doğrusal öteleme modlarında kütle katılım %42'lere düşmüştür. Bu durumun kenar akslardaki kolon ve kiriş rijitliklerinin düşük, orta akslardaki kolon rijitliklerinin yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilmektedir. Bununla birlikte kaydırılmış kütle merkezi ve uygulanan deprem yükleri için burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi(maks)} = 1.1 < 1.2$ olarak elde edilmiş ve düzensizlik durumu oluşmamıştır.

Tasarımlar sonucunda elde edilen kat kesme kuvvetleri, kat ötelemeleri, görel kat öteleme oranları ve yumuşak kat düzensizliği parametreleri (η_{ki}) Tablo 3.4-3.5'te verilmiştir. Her iki binada da birinci kat yüksekliklerinin arttırılmasına rağmen yumuşak kat düzensizliği parametresi η_{ki} , sınırın (2.0) çok altında kalmıştır. Üst katlardaki düzensizlik değeri daha büyük elde edilmiştir.

Tablo 3.4: 4KB binasına ait tasarım sonuçları

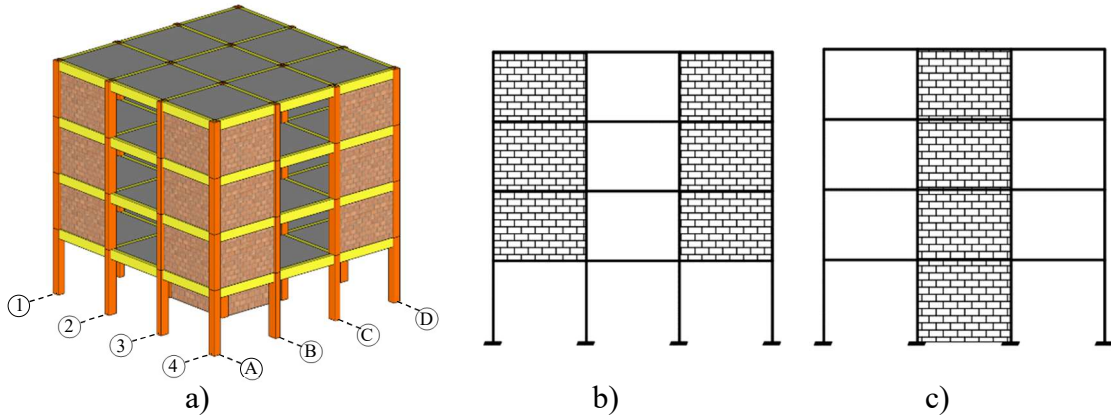
Kat	Kütle (kNs ² /m)	Deprem Kuvveti (kN)	Yatay Öteleme (m)	Etkin Görel Öteleme Oranı	$\eta_{ki(maks)}$
1	183.9	75.47	0.0028	0.06381	1.01
2	180.7	137.7	0.0052	0.06327	1.28
3	180.7	201.3	0.0071	0.04974	1.61
4	180.7	285.9	0.0082	0.03108	0.62

Tablo 3.5: 7KB binasına ait tasarım sonuçları

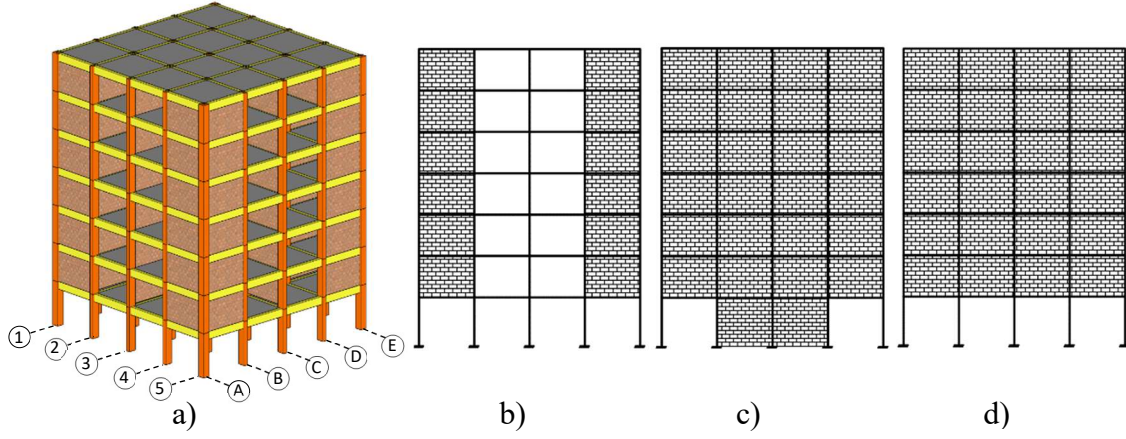
Kat	Kütle (kNs ² /m)	Deprem Kuvveti (kN)	Yatay Öteleme (m)	Etkin Göreli Öteleme Oranı	$\eta_{ki(maks)}$
1	365.4	85.44	0.002253	0.05150	0.89
2	357.7	153.3	0.004415	0.05767	1.12
3	357.7	227.0	0.006453	0.05434	1.10
4	357.7	298.7	0.008298	0.04920	1.17
5	357.7	370.3	0.009868	0.004187	1.29
6	357.7	442.0	0.011086	0.03247	1.51
7	357.7	629.6	0.011889	0.02141	0.66

3.1.1 Binalarda Dolgu Duvar ile Yumuşak Kat Düzensizliği Oluşturulması

Çalışma kapsamında dolgu duvarlar nedeniyle yumuşak kat oluşumunun incelenmesi amaçlandığı için ele alınan binalarda belirli dolgu duvar düzenlemeleri yapılmıştır. Buna göre her iki binada da Şekil 3.6-3.7’de gösterildiği gibi birinci kattaki dolgu duvarların büyük bir kısmı kaldırılmış, üst katlarda duvar boşluklarını (kapı, pencere vs.) temsil etmek üzere bazı açıklıklar dolgu duvarsız olarak düşünülmüştür. Dolgu duvarların rijitlik ve kapasitelerinin göz önüne alındığı bina modelleri 4KB_D ve 7KB_D olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.6: 4KB_D'ye ait a) Üç boyutlu görünüm, b) A, D, 1 ve 4 aksı kesitleri, c) B, C, 2 ve 3 aksı kesitleri



Şekil 3.7: 7KB_D'ye ait a) Üç boyutlu görünüm, b) A, E, 1 ve 5 aksı kesitleri, c) B, D, 2 ve 4 aksı kesitleri, d) C ve 3 aksı kesitleri

Binalarda uygulanan dolgu duvar düzenlemesinin oluşturduğu yumuşak kat düzensizliğinin mertebesi öncelikle Doğrusal Olmayan Statik Analiz (DOSA) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Binaların asal doğrultusunda tek modlu itme analizi yöntemi ile gerçekleştirilen DOSA'da dolgu duvarlar, kolonlar ve kirişler için kullanılan modelleme özellikleri Bölüm 3.2'de detaylı olarak açıklanmıştır. Doğrusal olmayan analiz için oluşturulan hesap modelleri ile elde edilen bina modal özellikleri Tablo 3.6-3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.6: 4KB ve 4KB_D binalarına ait modal özellikler

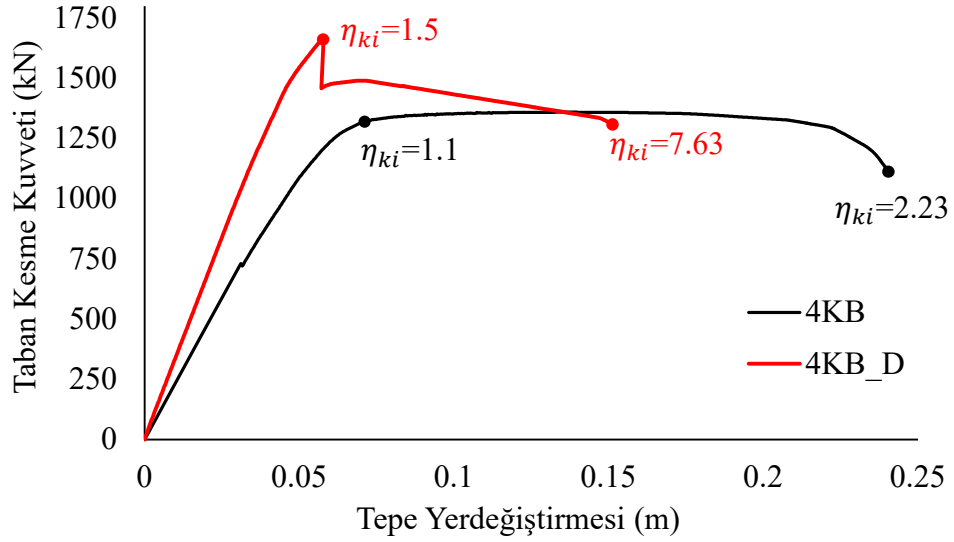
Mod	4KB			4KB_D		
	Periyot (s)	Etkin Kütle Oranı (x)	Etkin Kütle Oranı (y)	Periyot (s)	Etkin Kütle Oranı (x)	Etkin Kütle Oranı (y)
1	1.008	0	0	0.812	0	0
2	0.913	0.449	0.449	0.704	0.47	0.47
3	0.913	0.449	0.449	0.704	0.47	0.47
4	0.328	0	0	0.224	0	0
5	0.3	0.041	0.041	0.222	0.026	0.026
6	0.3	0.041	0.041	0.222	0.026	0.026

Tablo 3.7: 7KB ve 7KB_D binalarına ait modal özellikler

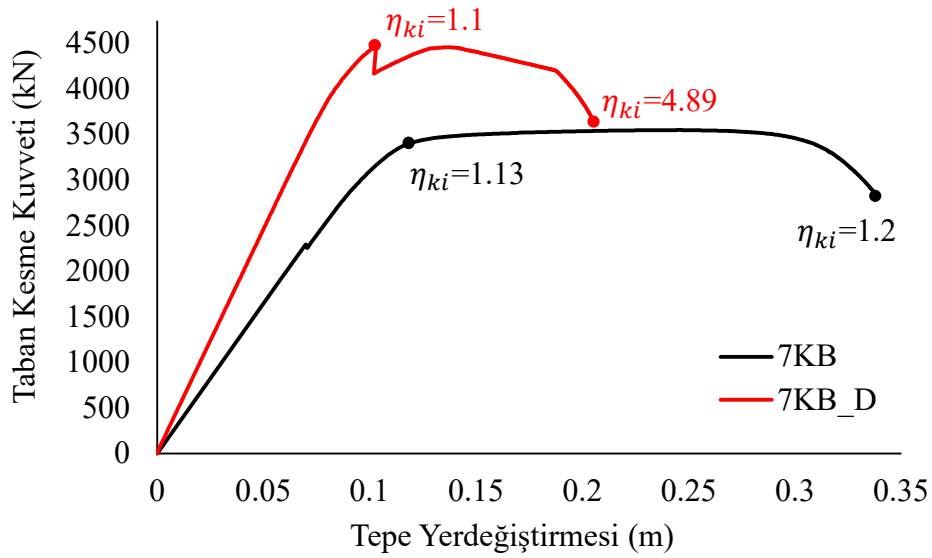
Mod	7KB			7KB_D		
	Periyot (s)	Etkin Kütle Oranı (x)	Etkin Kütle Oranı (y)	Periyot (s)	Etkin Kütle Oranı (x)	Etkin Kütle Oranı (y)
1	1.361	0.008	0.056	1.092	0	0
2	1.347	0.019	0.759	1.009	0	0.877
3	1.344	0.8	0.123	1.009	0.877	0
4	0.48	0.019	0.023	0.371	0	0
5	0.476	0.057	0.053	0.343	0.006	0.081
6	0.473	0.035	0.034	0.0343	0.081	0.006

Birinci kattaki dolgu duvarların büyük kısmının kaldırılması nedeniyle oluşması muhtemel zayıf kat düzensizliği TBDY 2018'deki kriter esas alınarak kontrol edilmiştir. Düşey taşıyıcı elemanların ve dolgu duvarların etkin kesme alanları kullanılarak belirlenen η_{ci} katsayısı 4KB_D binasında 0.86, 7KB_D binasında 0.88 olarak elde edilmiş ve ilgili sınır olan 0.8'in üstünde kalmıştır. Buna göre azaltılan dolgu duvarlar zayıf kat düzensizliği oluşturmamıştır.

DOSA'lar sonucunda dolgulu ve dolgunsuz her bir bina için elde edilen kapasite eğrileri Şekil 3.8-3.9'da verilmiştir. TBDY 2018'e göre yumuşak kat düzensizliğini ifade eden η_{ki} parametresi kapasite eğrileri üzerinde iki nokta için hesaplanarak grafikler üzerinde belirtilmiştir (Şekil 3.8-3.9). Şekillerde görüldüğü gibi kapasite eğrisinin yaklaşık akma noktasını ifade eden bölgede η_{ki} değerleri 1.1-1.5 arasında iken kapasite eğrisinin son noktasında 7.63-4.89 değerlerine ulaşılmıştır.

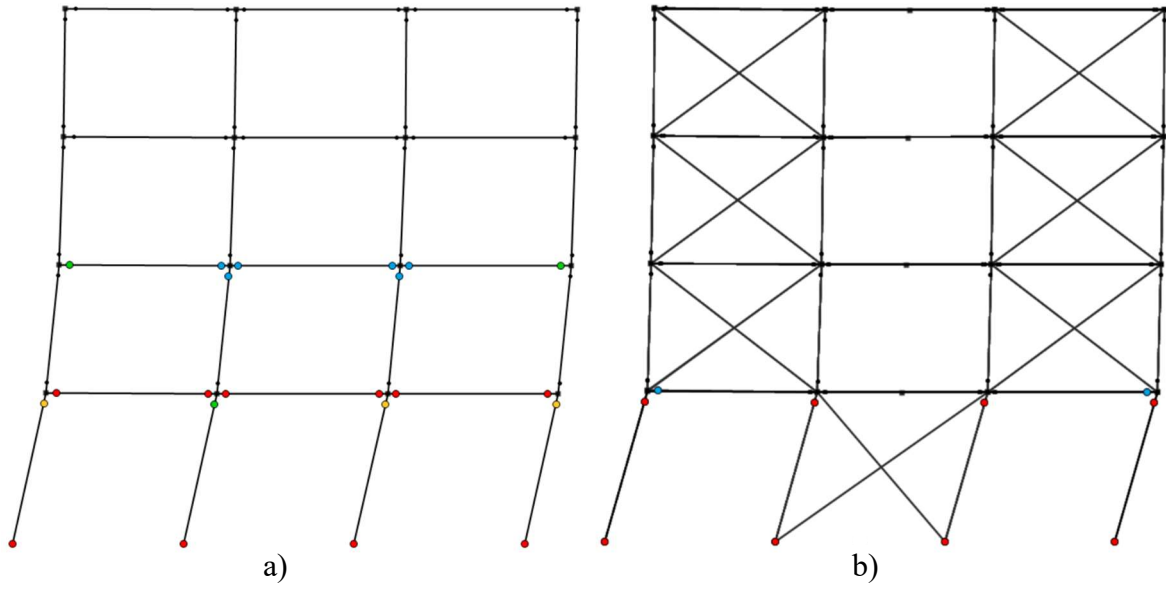


Şekil 3.8: 4KB ve 4KB_D binalarına ait kapasite eğrilerinin ve η_{ki} değerlerinin karşılaştırılması

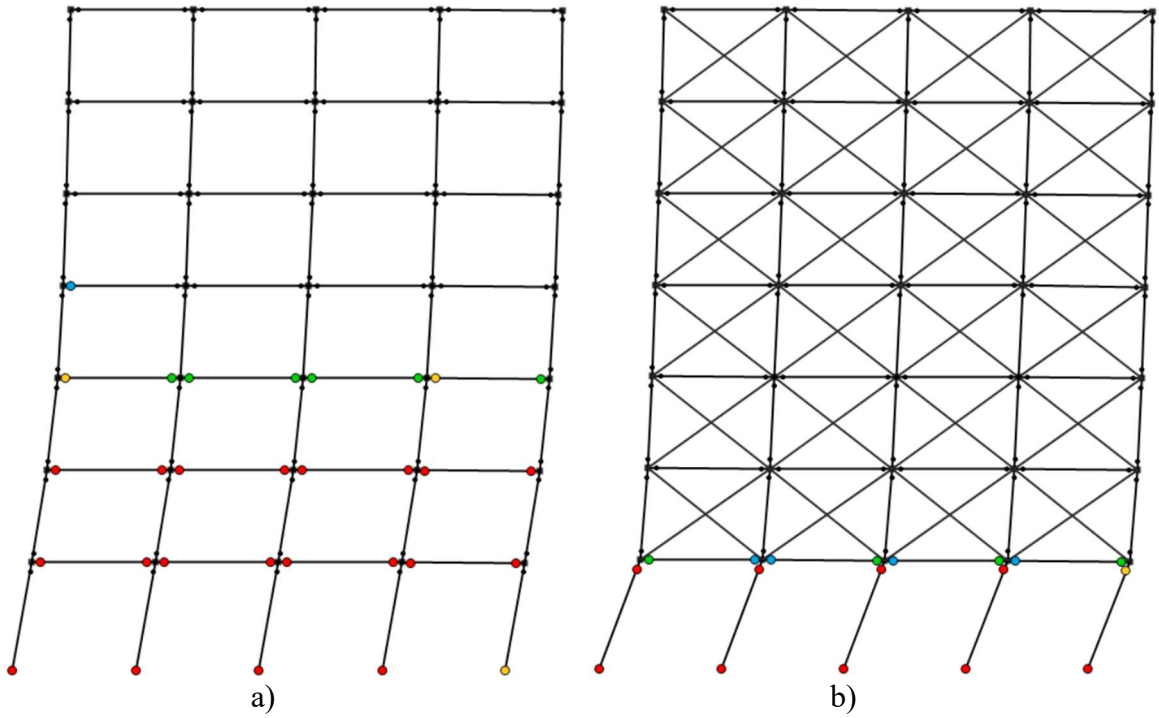


Şekil 3.9: 7KB ve 7KB_D binalarına ait kapasite eğrilerinin ve η_{ki} değerlerinin karşılaştırılması

Binaların itme analizleri sonucundaki yerdeğiştirme davranışları ve plastikleşme dağılımları birer aks için Şekil 3.10-3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.10: İtme analizi sonucundaki yerdeğiştirme davranışları (B aksı için). a) 4KB, b) 4KB_D



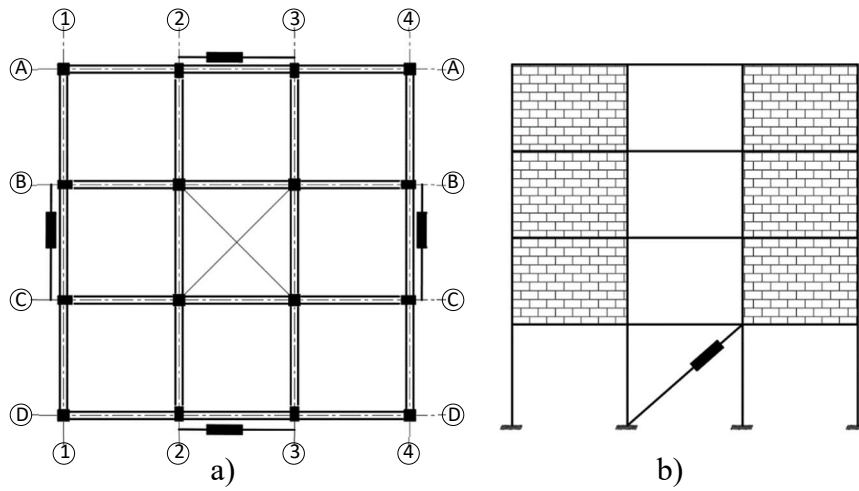
Şekil 3.11: İtme analizi sonucundaki yerdeğiştirme davranışları (C aksı için). a) 7KB, b) 7KB_D

Düzensizlik katsayılarından ve yatay yerdeğiştirme davranışlarından görüldüğü gibi dolgu duvarlı binalarda hedeflenen düzensizlik durumu gerçekleşmiştir. Sistemde akma davranışı

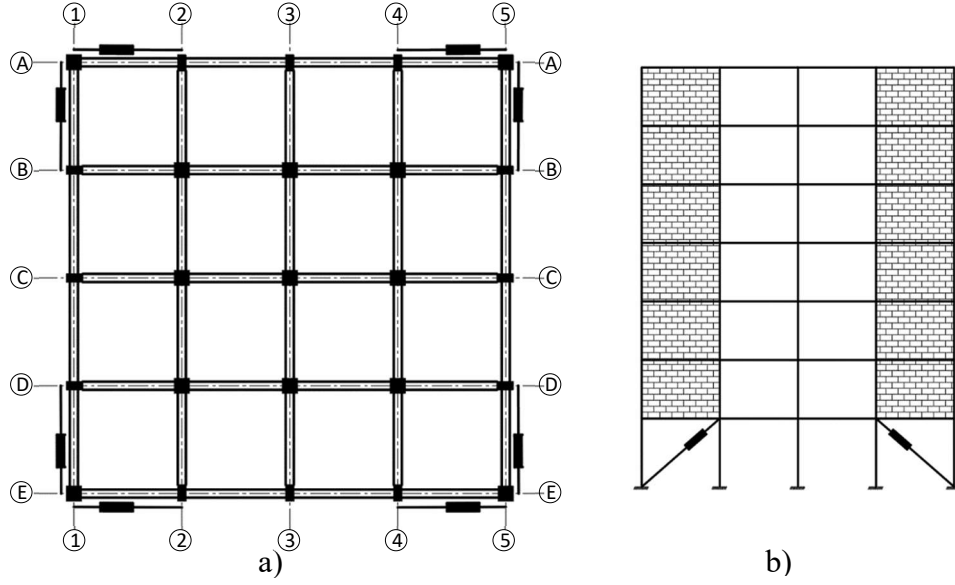
sonrasında düzensizlik artarak alt katta mekanizma durumu oluşmuş, üst katlarda ise dolgu duvarlar dahi hasar görmeden rijit kütle hareketi gerçekleşmiştir.

3.1.2 Dolgu Duvarlı Binalarda Viskoz Sıvılı Sönümleyici Sistem ile Güçlendirme Alternatifleri

Dolgu duvar nedeniyle rijitlik düzensizliği bulunan binalar, sadece birinci katlarındaki belirli açıklıklara Viskoz Sıvılı Sönümleyici (VSS) sistem kullanılarak güçlendirilmiştir. 4KB_D binasında her iki doğrultuda birer açıklığa, 7KB_D binasında ikişer açıklığa diyagonal tipte VSS sistem uygulaması öngörülmüştür (Şekil 3.12-3.13). VSS ile güçlendirilmiş binalar çalışmada 4KB_S ve 7KB_S kodlaması ile gösterilmiştir.



Şekil 3.12: 4KB_S binasına VSS uygulaması, a) Plandaki yerleşimi, b) A, D, 1 ve 4 aksı düşey kesiti



Şekil 3.13: 7KB_S binasına VSS uygulaması, a) Plandaki yerleşimi, b) A, E, 1 ve 5 aksı düşey kesiti

Tüm uygulamalarda hız üssü $\alpha=0.25$ olan doğrusal olmayan VSS cihazları kullanılmıştır. VSS'lerin kuvvet ve sönüm kapasiteleri ise belirli bina performans hedefleri için yapılan iterasyonlar sonucunda belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında üç farklı bina performans hedefini sağlamaya yönelik olarak VSS alternatifleri araştırılmıştır. Her bir alternatif uzak ve yakın fay karakteristiklerine sahip iki grup deprem kaydı için araştırılmıştır. Her bir hedef için oluşturulan bina modelinin adı, kullanılan VSS özellikleri ve hedeflenen sonuca ulaşma durumu Tablo 3.8-3.9'da verilmiştir. Bina isimlerinde S'den sonra gelen sayı performans hedefi no'sunu (hedef no: 1, 2 ve 3), harf ise fay mesafesini (U: uzak, Y: yakın) göstermektedir. Tabloda belirtilen DD-2 deprem yer hareketi düzeyi binaların tasarımında kullanılan standart depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10) ifade etmektedir. DD-1 deprem yer hareket düzeyi ise spektral olarak DD-2 düzeyinin 1.5 katı olarak belirtilen maksimum deprem düzeyini ifade etmektedir. Gerekli VSS özelliklerinin belirlenmesinde performans düzeyleri olarak TBDY 2018'de şekildeğiştirmeye göre tasarım amacıyla öngörülen düzeyler referans alınmıştır. Bununla birlikte ASCE 41-23 [33] kriterlerine göre de performans düzeyleri belirlenerek karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.8: 4KB_D binası için güçlendirme alternatifleri

Hedef No	İsim	Deprem		Hedef Performans Düzeyi	VSS Kuvvet Kapasitesi (kN)	VSS Yerdeğiştirme Kapasitesi (m)	VSS Sönüm Sabiti (kNs/m)	Sonuç
		Fay Karakteristiği	Yer Hareketi					
1	4KB_S1U	Uzak Fay	DD-2	Kontrollü Hasar	250	0.05	225	✓
	4KB_S1Y	Yakın Fay	DD-2	Kontrollü Hasar	750	0.1	850	✓
2	4KB_S2U	Uzak Fay	DD-2	Sınırlı Hasar	250	0.1	350	✓
	4KB_S2Y	Yakın Fay	DD-2	Sınırlı Hasar	750	0.1	1000	✓
3	4KB_S3U	Uzak Fay	DD-1	Göçmenin Önlenmesi	500	0.1	600	✓
	4KB_S3Y	Yakın Fay	DD-1	Göçmenin Önlenmesi	750	0.1	1500	X

✓: Hedeflenen performans gerçekleşti.

X: Hedeflenen performans sağlanamadı.

Tablo 3.9: 7KB_D binası için güçlendirme alternatifleri

Hedef No	İsim	Deprem		Hedef Performans Düzeyi	VSS Kuvvet Kapasitesi (kN)	VSS Deplasman Kapasitesi (m)	VSS Sönüm Sabiti (kNs/m)	Sonuç
		Fay Karakteristiği	Düzeyi					
1	7KB_S1U	Uzak Fay	DD-2	Kontrollü Hasar	500	0.1	700	✓
	7KB_S1Y	Yakın Fay	DD-2	Kontrollü Hasar	1000	0.1	1500	✓
2	7KB_S2U	Uzak Fay	DD-2	Sınırlı Hasar	1500	0.1	2000	X
	7KB_S2Y	Yakın Fay	DD-2	Sınırlı Hasar	1500	0.1	2000	X
3	7KB_S3U	Uzak Fay	DD-1	Göçmenin Önlenmesi	1500	0.1	2000	X
	7KB_S3Y	Yakın Fay	DD-1	Göçmenin Önlenmesi	1500	0.1	2000	X

✓: Hedeflenen performans gerçekleşti.

X: Hedeflenen performans sağlanamadı.

Tablo 3.8-3.9'dan görüldüğü gibi 1. Hedef TBDY 2018'de öngörülen normal performans hedefidir. Çalışmada VSS'ler ile sağlanabilecek ileri performans hedeflerini de ortaya koymak amacıyla diğer iki hedef de araştırılmıştır. Güçlendirilmiş binalara ait analiz sonuçları Bölüm 3.4.2'de detaylı olarak sunulmuştur.

3.2 Doğrusal Olmayan Analiz Özellikleri

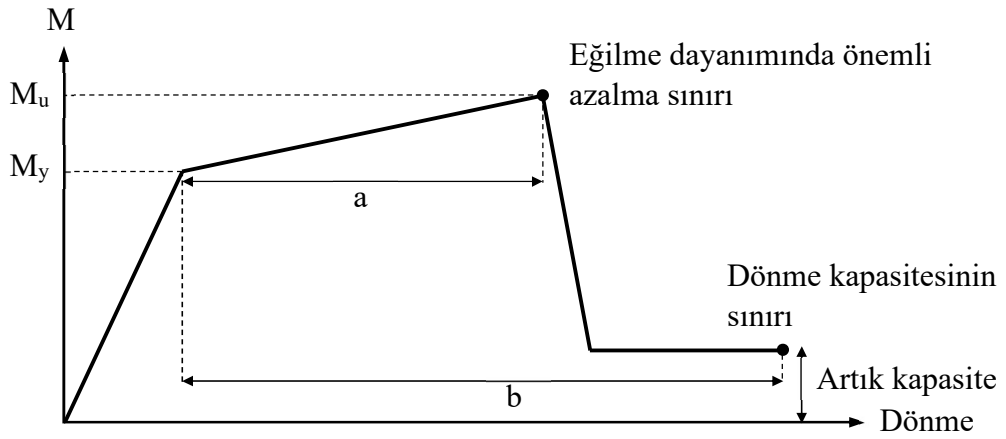
Binaların doğrusal olmayan statik ve dinamik analizleri için yığılı plastisite (plastik mafsallı) yaklaşımı kullanılmıştır. Analizler Perform 3D [47] yapısal analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde yapılan genel kabuller aşağıda verilmiştir.

- Beton ve donatı dayanımları olarak beklenen dayanımlar ($f_{ce}=26$ MPa, $f_{ye}=504$ MPa) esas alınmıştır.
- Kolon eğilme momentlerindeki II. mertebe etkiler dikkate alınmıştır.
- Döşemelerin rijit diyafram etkisi sağladığı kabul edilmiş ve kat kütleleri kütle merkezine etkilmiştir.
- Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki doğrusal olmayan davranışlar ihmal edilmiştir.

- Bina temel-zemin etkileşimi dikkate alınmamış, kolonların ankastre mesnetli olduğu kabul edilmiştir.
- Düşey deprem etkileri ihmal edilmiştir.

3.2.1 Kolon ve Kiriş Plastik Mafsal Özellikleri

Kolon ve kirişlerde oluşacak plastikleşmeleri modellemek amacıyla moment-plastik dönme bağıntıları kullanılmıştır. Bunun için ASCE 41-23 [33] ve ACI 369-22 [34]'de önerilen ve çevrimsel davranışları temsil eden modelleme parametrelerinden yararlanılmıştır. ASCE 41-23'te tanımlanan tipik moment-dönme bağıntısı ve ilgili parametreler Şekil 3.14'te ve Tablo 3.10'da verilmiştir.

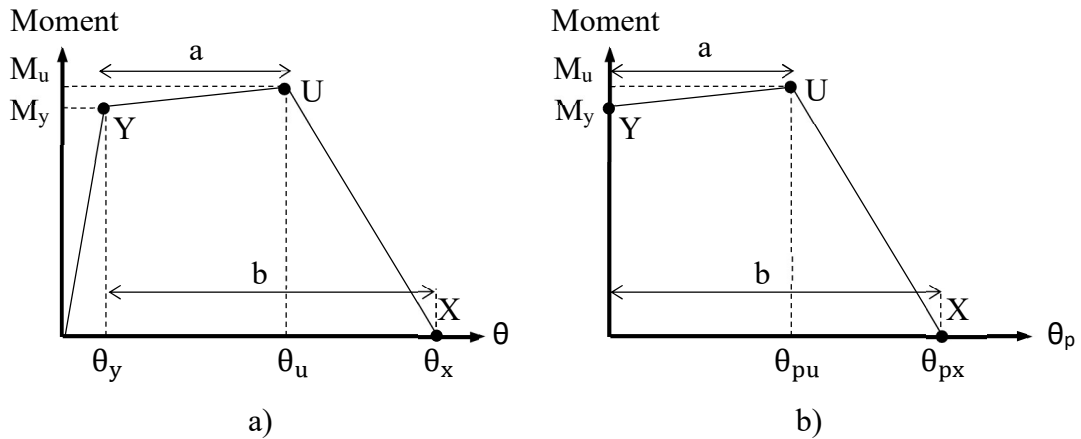


Şekil 3.14: ASCE 41-23 [33]'e göre tipik moment-dönme bağıntısı

Tablo 3.10: ASCE 41-23 [33] ve ACI 369-22 [48]'ye göre modelleme parametrelerine (a ve b) ait plastik dönme ifadeleri

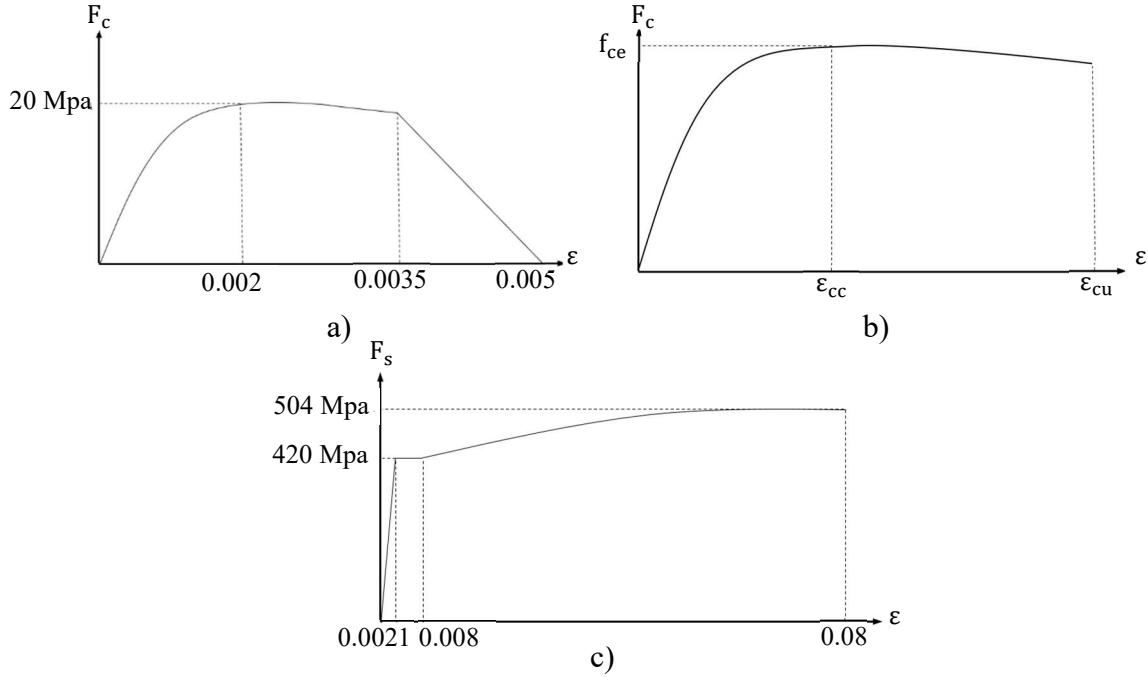
Kiriş	Kolon
$a = k_{sc} \left(0.0055 \frac{M_y}{V_y d} + 0.40 \rho_t \frac{f_{ye}}{f_{ce}} \right) - \theta_y \geq 0.0$ $k_{sc} = 1 \geq 2 \frac{V_r}{V_y} - 1 \geq 0$	$a = (0.042 - 0.043 \frac{N_{UD}}{A_g f_{ce}} + 0.63 \rho_t - 0.023 \frac{V_y}{V_r}) \geq 0$
$\frac{V_r}{V_y} > 1 \quad \text{ise} \quad b = \frac{0.5}{5 + \frac{f_{ce}}{8 \rho_t f_{ye}}} - \theta_y \geq a$	
$\frac{V_r}{V_y} \leq 1 \quad \text{ise} \quad b = a + 4 \theta_y \times k_{sp}$	$\frac{N_{UD}}{A_g f_{ce}} \leq 0.5 \quad \text{ise} \quad b = \frac{0.5}{5 + \frac{N_{UD}}{0.8 A_g f_{ce} \rho_t f_{ye}}} - 0.01 \geq a$
$s \leq d/2 \quad \text{ise} \quad k_{sp} = 1$	
$s > d/2 \quad \text{ise} \quad k_{sp} = 2 \left(1 - s/d \right) \geq 0$	
M_y : Kesit akma momenti. V_y : Kesitin akma anındaki kesme kuvveti. d : Faydalı yükseklik. ρ_t : Enine donatı oranı. f_{yte} : Beklenen enine donatı akma dayanımı.	N_{UD} : Düşey yükleme altında kolon eksenel kuvveti. A_g : Brüt kesit alanı. V_r : Kesme dayanımı. f_{ce} : Beklenen beton basınç dayanımı. θ_y : Kesit akma dönmesi.

Bu çalışma kapsamında binalarda muhtemel göçme mekanizmalarını daha kolay belirlemek amacıyla ASCE 41-23 [33] bağıntısı Şekil 3.15'teki gibi revize edilerek uygulanmıştır.



Şekil 3.15: Tipik, a) Moment-dönme bağıntısı, b) Moment-plastik dönme bağıntısı

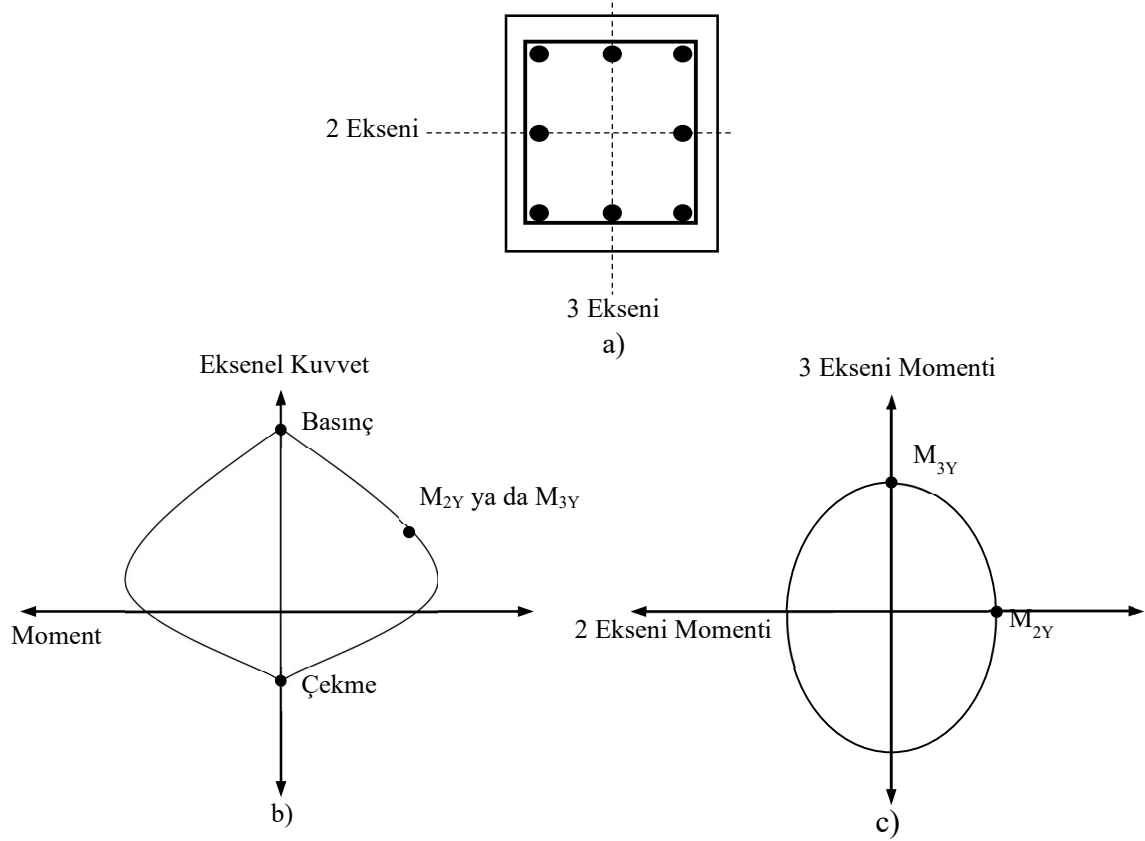
Akma momenti M_y ve moment taşıma kapasitesi M_u değerleri, enkesit moment eğrilik bağıntılarının iki doğru parçası olarak idealleştirmesi ile elde edilmiştir. Bunun için Xtract enkesit analiz programından faydalanılmıştır [49]. Kiriş ve kolon enkesitlerine ait moment-eğrilik bağıntılarının hazırlanmasında beton ve donatı çeliği için TBDY 2018’de önerilen bağıntılar esas alınmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Kesit analizlerinde esas alınan, a) Sargısız beton modeli, b) Sargılı beton modeli, c) Donatı çeliği modeli

Şekil 3.16’da verilen f_{cc} , ϵ_{cc} ve ϵ_{cu} değerleri sırasıyla sargılı beton basınç dayanımını, beton birim kısalmasını ve beton maksimum birim kısalmasını ifade etmektedir. Bunlar elemanlardaki sargı miktarına göre değişkenlik göstermektedir.

Kolonlarda akma momentinin (M_y) belirlenmesinde iki eksenli (M_2 - M_3) bileşik eğilme etkisini içeren akma yüzeyleri kullanılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: Perform 3D programında iki eksenli bileşik eğilme için kullanılan akma yüzeyleri, a) Şematik enkesit, b) P-M₂ veya M₃ etkileşimi, c) M₂-M₃ etkileşimi

Perform 3D programında iki eksenli eğilme altında kolonlarda oluşan asal plastik dönme talepleri ($\theta_{p2} - \theta_{p3}$) Denklem 3.1-3.2 ile süperpoze edilerek bileşke dönme talepleri göz önüne alınmıştır [47].

$$\left(\frac{\theta_{p2}}{\theta_{pu2}}\right)^2 + \left(\frac{\theta_{p3}}{\theta_{pu3}}\right)^2 = 1 \quad (3.1)$$

$$\left(\frac{\theta_{p2}}{\theta_{px2}}\right)^2 + \left(\frac{\theta_{p3}}{\theta_{px3}}\right)^2 = 1 \quad (3.2)$$

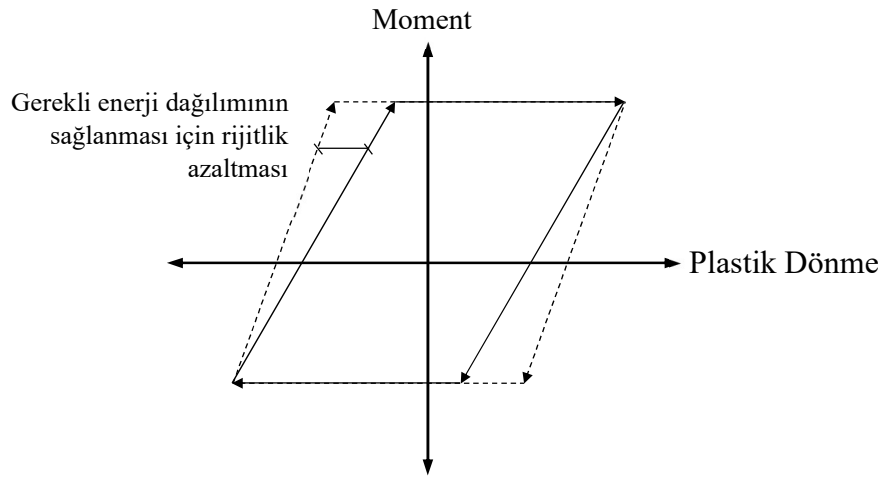
Performans düzeylerine ait plastik dönme sınırlarının ($\theta_p^{KH}, \theta_p^{GÖ}$) kontrolünde de benzer yaklaşım kullanılmıştır (Denklem 3.3-3.4).

$$\left(\frac{\theta_{p2}}{\theta_{p2}^{KH}}\right)^2 + \left(\frac{\theta_{p3}}{\theta_{p3}^{KH}}\right)^2 = 1 \quad (3.3)$$

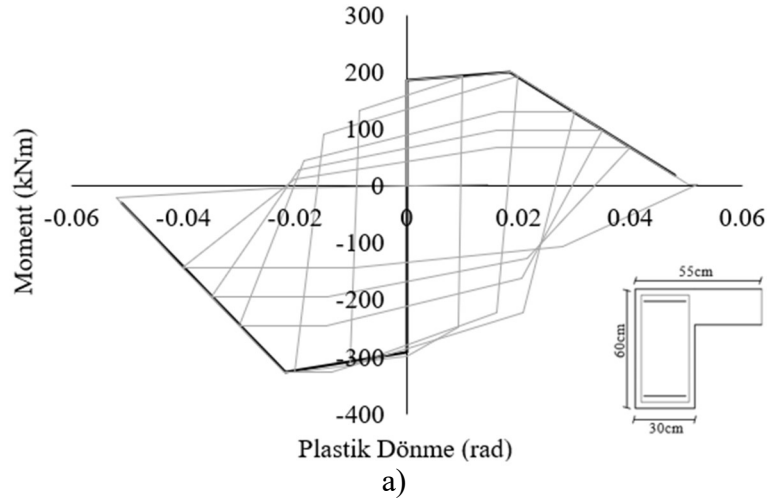
$$\left(\frac{\theta_{p2}}{\theta_{p2}^{GÖ}}\right)^2 + \left(\frac{\theta_{p3}}{\theta_{p3}^{GÖ}}\right)^2 = 1 \quad (3.4)$$

Böylece her iki asal ekseninde farklı sınırlara sahip olan dikdörtgen kolonlarda dönme talepleriyle birlikte performans düzeyi sınırlarının da etkileşimi göz önüne alınmıştır. Kolonlar için doğrusal olmayan dinamik analizlerde (DODA) her bir deprem kaydı için elde edilen maksimum bileşke kapasite oranları esas alınmıştır.

DODA'larda elemanlardaki rijitlik azalmaları Perform 3D programında Şekil 3.18'de gösterildiği gibi çevrimsel enerjiyi azaltma yoluyla uygulanabilmektedir. Bunun için öncelikle istenilen çevrimsel davranış özelliklerine uygun bir model için kalibrasyon çalışması yapılması gerekmektedir. Yeterli sargı donatısına sahip betonarme kesitler için yaygın olarak kullanılan sona yönelimli çevrimsel model bu çalışmada esas alınarak deneysel bir kolon numunesi için kalibrasyon çalışması yapılmıştır. Buna göre elde edilen enerji esaslı katsayılar tüm elemanlar için kullanılmıştır. Şekil 3.19'da bir kiriş için çevrimsel model örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.18: Perform 3D [47]'de rijitlik azalmasının modellenmesi



Şekil 3.19: 7KB'de kiriş çevrimsel davranış örneği.

Her bir binadaki kiriş ve kolonlar enkesit özellikleri göz önüne alınarak gruplandırılmış ve plastik mafsallı modelleme parametreleri ve performans düzeylerine ait plastik dönme sınırları TBDY 2018 ve ASCE 41-23'e göre belirtilmiştir. Tüm plastik mafsallara ait sonuçlar Ek-B'de verilmiştir.

3.2.2 Kolon ve Kiriş Etkin Kesit Rijitlikleri

Kolon ve kirişlerin eksenel ve kayma rijitlikleri için brüt beton enkesit rijitlikleri kullanılmıştır. Eğilme rijitlikleri için ASCE 41-23'ten yararlanılmıştır. Buna göre kirişlerde brüt beton enkesit eğilme rijitliğinin (EI) %20'si kullanılmıştır. Kolonlarda ise eksenel yük oranına bağlı olarak beton enkesit rijitlikleri (EI) Denklem 3.5-3.6'da verilen katsayılar ile azaltılmıştır. Eksenel yük düzeyinin ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılmıştır.

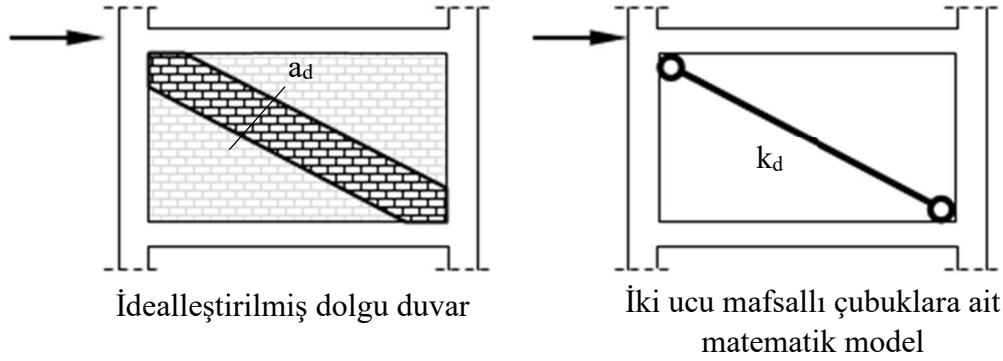
$$\frac{N}{A_g f_{ce}} \leq 0.1 \text{ ise } EI_e = 0.2EI \quad (3.5)$$

$$\frac{N}{A_g f_{ce}} \geq 0.5 \text{ ise } EI_e = 0.7EI \quad (3.6)$$

Denklem 3.3 ve 3.4'te eksenel yük için $G+0.3Q$ yük kombinasyonu ele alınmıştır. f_{ce} olarak beklenen beton dayanımı ($f_{ce} = 1.3f_{ck}$) kullanılmıştır. 4KB ve 7KB binalarındaki kolonlarda her iki asal eksen için elde edilen $\frac{EI_e}{EI}$ oranlarının 0.20-0.30 arasında değiştiği görülmüştür.

3.2.3 Dolgu Duvar Modelleme Özellikleri

Binalarda dolgu duvarların modellenmesinde eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı esas alınmıştır. Bu yaklaşımda dolgu duvarlar bir veya daha fazla iki ucu mafsallı diyagonal çubuk elemanlar ile temsil edilmektedir. Sadece basınç etkisi altında rijitlik ve eksenel basınç kapasitesine sahip olan bu elemanlarda çekme rijitliği ve dayanımı bulunmamaktadır (Şekil 3.20). Bu çalışmada tek eşdeğer basınç çubuğu kullanılmıştır.



Şekil 3.20: Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu ile modellenmesi

Bu yaklaşımda dolgu duvar bir veya daha fazla eşdeğer çubukla temsil edilebilmektedir. Bu çalışmada tek çubuklu model kullanılmış ve duvarı temsil eden çubuğun rijitliği ve eksenel basınç kapasitesi için TBDY 2018'den yararlanılmıştır. Dolgu duvar olarak 13 cm kalınlığında tuğla duvar seçilmiş ve tüm açıklıklarda aynı duvar özellikleri kullanılmıştır. Dolgu duvar modellenmesinde eşdeğer çubuk genişliği a_d , Denklem 3.7 ile belirlenmiştir.

$$a_d = 0.175(\lambda_d h_k)^{-0.4} r_d \quad (3.7)$$

Burada a_d çubuk genişliği, h_k kolon boyu, r_d dolgu duvarın köşegen uzunluğudur. λ_d Denklem 3.8'e göre hesaplanmıştır.

$$\lambda_d = \left[\frac{E_d t_d \sin 2\theta}{4E_c I_k t_d} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3.8)$$

Denklem 3.6'da verilen E_d ve E_c değerleri dolgu duvarın ve çerçeve betonunun elastisite modülüdür. t_d dolgu duvarın kalınlığı, h_d yüksekliğidir. I_k kolonun atalet momenti ve θ basınç çubuğunun köşegen ile yaptığı açıdır. Eşdeğer basınç çubuğunun eksenel rijitliği Denklem 3.9'a göre hesaplanmıştır.

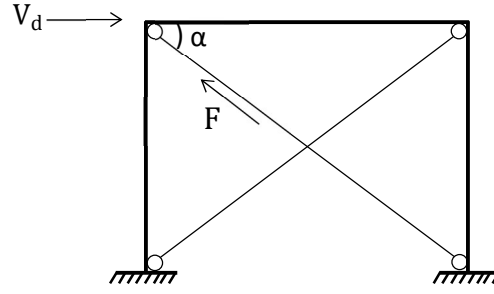
$$k_d = \frac{a_d t_d E_d}{r_d} \quad (3.9)$$

Dolgu duvara ait kesme dayanımı Denklem 3.10’da verilmiştir.

$$V_d = A_d(\tau_d + f_{yd}\rho_{sh}) \leq 0.22A_d f_d \quad (3.10)$$

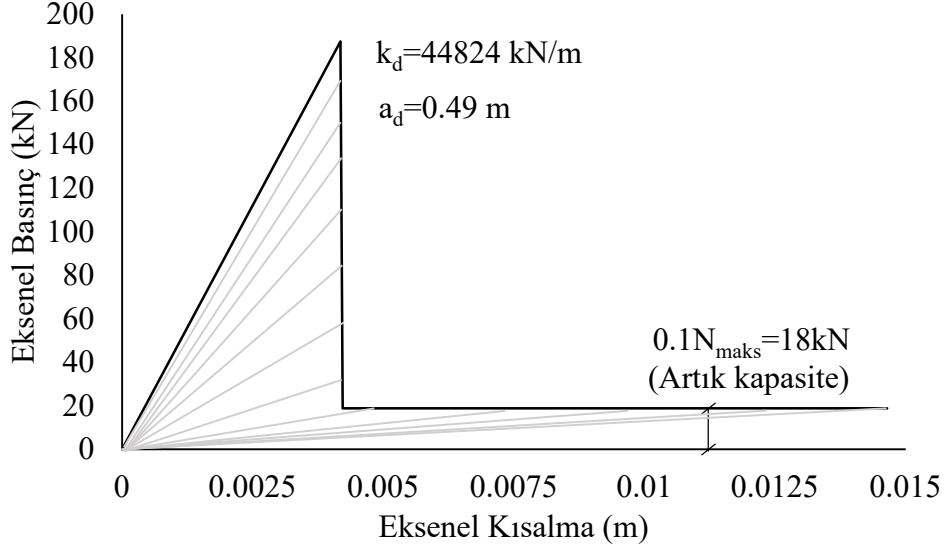
Dolgu duvar dayanımı için elde edilen kesme dayanımı (V_d), Şekil 3.21’de gösterilen denge durumundan yararlanılarak Denklem 3.11 ile eksenel basınç kapasitesine dönüş türülmüştür.

$$F = V_d / \cos(\alpha) \quad (3.11)$$



Şekil 3.21: Dolgu duvarı temsil eden eşdeğer basınç çubukları

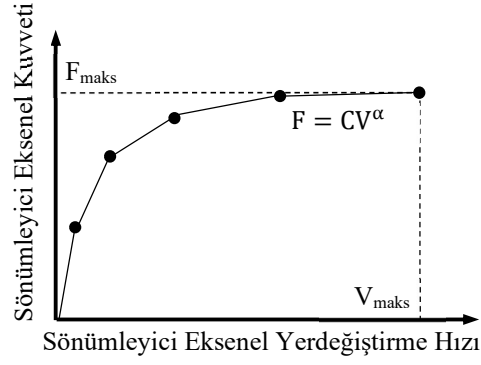
Elde edilen rijitlik ve kapasite değerleri kullanılarak oluşturulan Eksenel kılma-Eksenel basınç ilişkisi Şekil 3.22’de verilmiştir. Maksimum basınç kuvveti sonrası $0.10N_{maks}$ ’lık bir artış kapasite kalacak şekilde dolgu duvarın ezilmesini temsilen ani yük boşaltması tanımlanmıştır [50]. Perform 3D programında bu davranışın modellenmesinde “Concrete Material” bileşeni kullanılmıştır [47]. Dinamik analizlerde her iki yöndeki basınç etkilerini karşılamak amacıyla bina modelinde duvar olan her bir açıklıkta X şeklinde ikişer diyagonal eleman tanımlanmıştır. Modellerde çevrimsel davranış altındaki rijitlik azalması da gözönüne alınmıştır (Şekil 3.22).



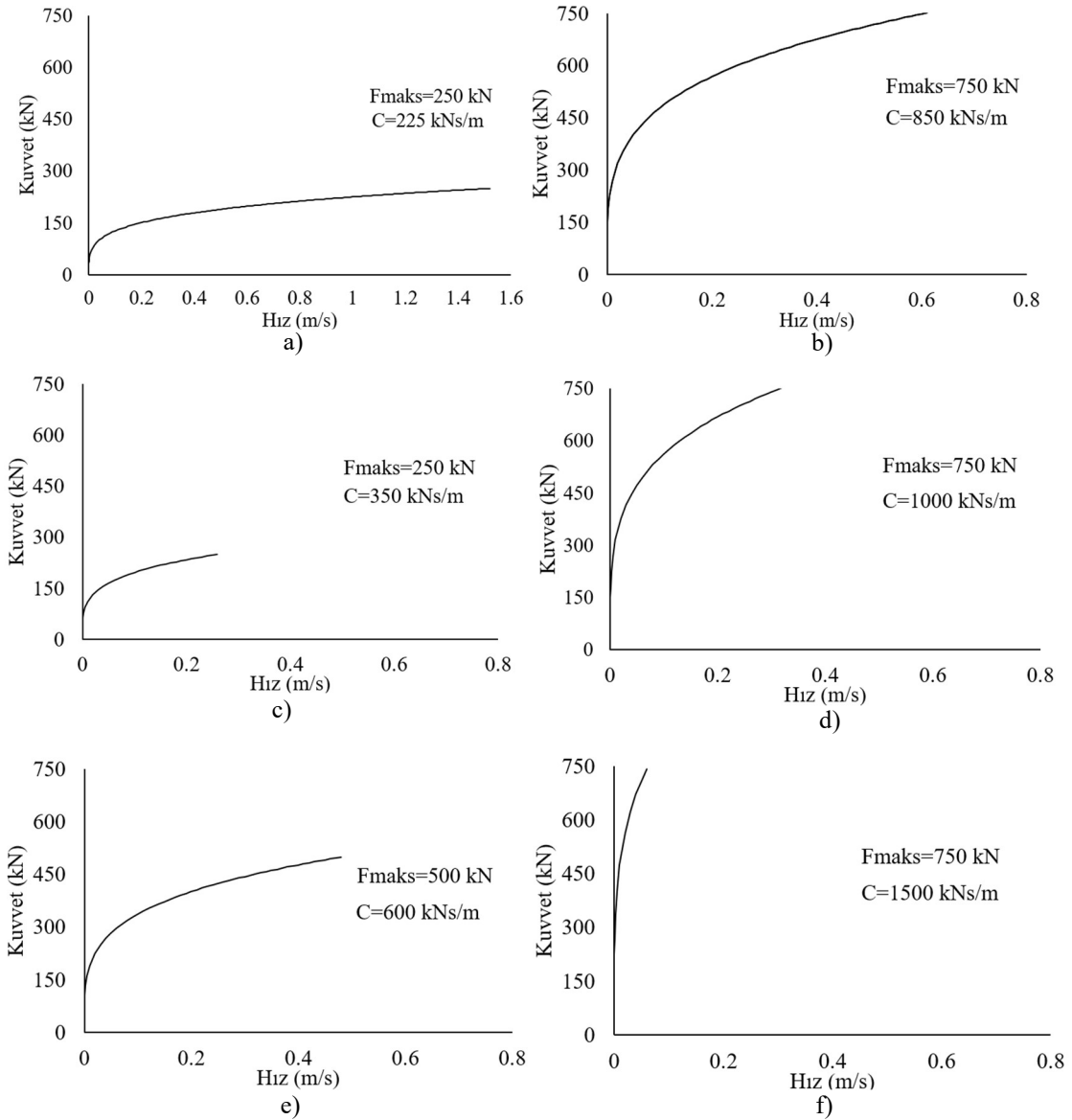
Şekil 3.22: Dolgu duvar eşdeğer basınç çubuğu davranışı

3.2.4 Viskoz Sıvılı Sönümleyicilerin Modelleme Özellikleri

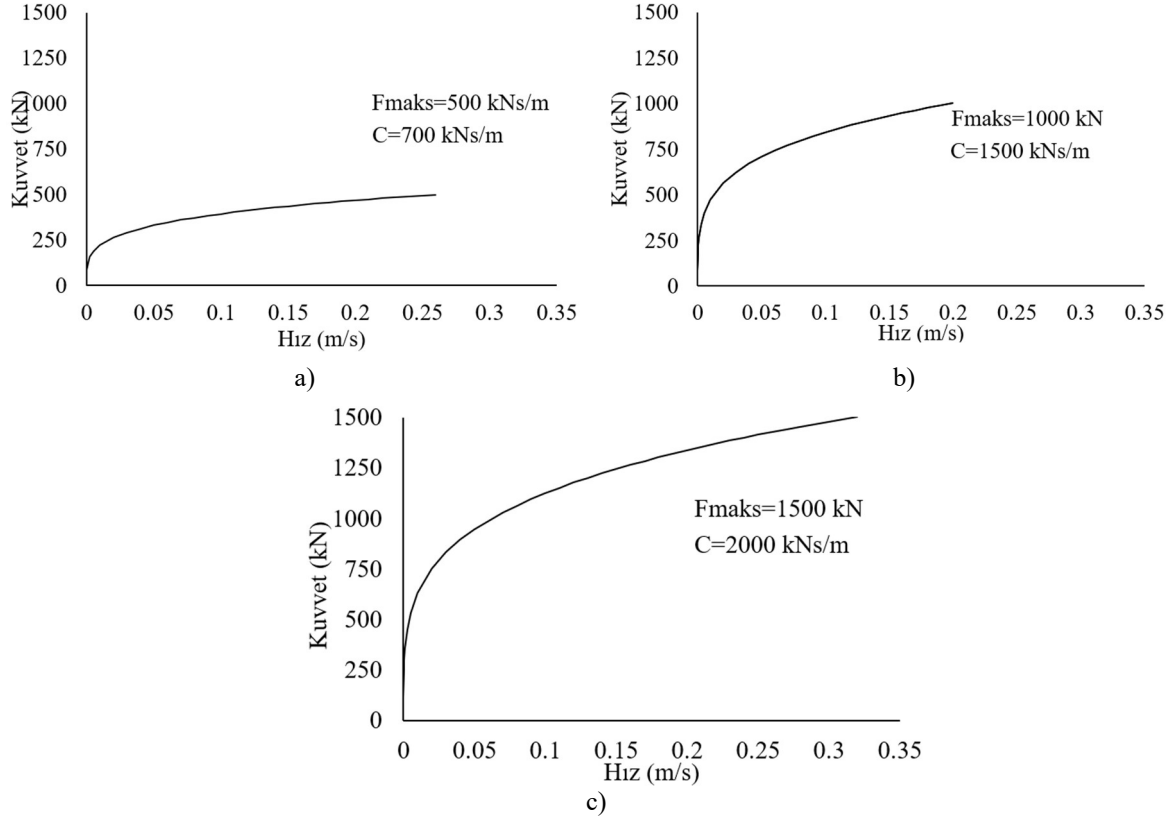
Çalışma kapsamında binalar için üç performans hedefi öngörülmüş ve bu hedefleri sağlamaya yönelik olarak farklı özelliklerde VSS'ler kullanılmıştır. Denklem 2.1'de hız üssü (α) değeri 0.25 alınarak Hız-Kuvvet ilişkileri doğrusal olmayan sönümleyiciler elde edilmiştir. Sönümleyici Perform 3D programında "Fluid Damper" bileşeni ile tanımlanmıştır [47]. Bu bileşen rijit elastik bir diyagonal çubuk ile seri bağlı olarak sisteme tanımlanmaktadır. Sadece eksenel kuvvet taşıyan bu elemanın rijitliği ihmal edilmektedir. VSS'ler için Eksenel Kuvvet (F)-Eksenel Yerdeğiştirme Hızı (V) ilişkisinin tanımlanması gerekmektedir. Bunun için öncelikle performans hedefleri ile uyumlu bir sönüm katsayısı (C) ve sönümleyici cihaz kapasitesi (F_{maks}) seçilir. Daha sonra Denklem 2.1 ile doğrusal olmayan (F-V) ilişkisi tanımlanır. Hız üssü α , Maksimum Kuvvet (F_{maks}) ve Maksimum Yerdeğiştirme Hızı girildiğinde program tarafından ilişkisi otomatik olarak elde edilmektedir. Perform 3D programında F-V ilişkisi Şekil 3.23'te gösterildiği gibi en fazla 5 parça olmak üzere doğru parçası ile tanımlanmaktadır. Kullanılan sönümleyici davranışları (Hız-Kuvvet ilişkileri) ve sönüm katsayıları Şekil 3.24-3.25'te verilmiştir.



Şekil 3.23: Şematik VSS modelleme bağıntısı



Şekil 3.24: 4KB_S binasında kullanılan sönümleyicilere ait Kuvvet-Hız ilişkileri. a) 4KB_S1U, b) 4KB_S1Y, c) 4KB_S2U, d) 4KB_S2Y, e) 4KB_S3U, f) 4KB_S3Y



Şekil 3.25: 7KB binasında kullanılan sönümleyicilere ait Kuvvet-Hız ilişkileri. a) 7KB_S1U, b) 7KB_S1Y, c) 7KB_S2U/7KB_S2Y/7KBS3U/7KB_S3Y

3.2.5 Kullanılan Deprem Kayıtlarının Özellikleri

Yumuşak kat düzensizliğinin güçlendirilmesinde kullanılan VSS'lerin hız esaslı sönümleyiciler olması nedeniyle uzak ve yakın fay karakteristiğine sahip depremler ayrı ayrı gruplar halinde incelenmiştir. Her bir grupta 11 adet olmak üzere 22 adet deprem kaydı seçilmiştir. PEER [51] veri tabanından alınan deprem karakteristikleri Tablo 3.11-3.12'de verilmiştir.

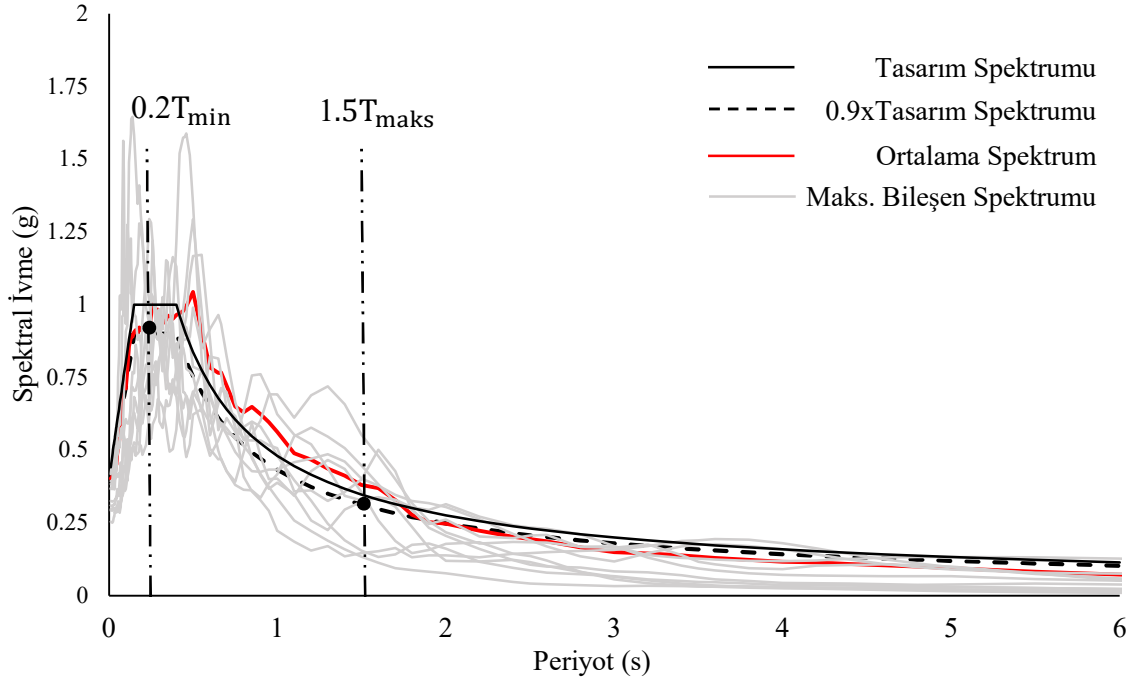
Tablo 3.11: Uzak fay deprem grubuna ait özellikler

Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	Büyükük	Fay Mekanizması	Faya Uzaklık (km)	Vs30 (m/s)	Maks. Yer İvmesi (g)	
							Bileşen-x	Bileşen-y
1	68	San Fernando	6.61	Ters Fay	22.8	316.5	0.225	0.195
2	125	Friuli_Italy-01	6.5	Ters Fay	15.0	505.2	0.357	0.315
3	169	Imperial Valley-06	6.53	Ters Fay	22.0	242.1	0.236	0.35
4	900	Landers	7.28	Ters Fay	23.6	353.6	0.245	0.152
5	953	Northridge-01	6.69	Ters Fay	9.4	355.8	0.443	0.488
6	1111	Kobe_Japan	6.9	Yanal Atımlı Fay	7.1	609.0	0.483	0.464
7	1158	Kocaeli_Turkey	7.51	Yanal Atımlı Fay	13.6	281.9	0.312	0.364
8	1244	Chi-Chi_Taiwan	7.62	Eğim Atımlı Ters Fay	9.9	258.9	0.34	0.364
9	1602	Duzce_Turkey	7.14	Yanal Atımlı Fay	12.0	293.6	0.739	0.806
10	1633	Manjil_Iran	7.37	Yanal Atımlı Fay	12.6	724.0	0.515	0.497
11	1787	Hector Mine	7.13	Yanal Atımlı Fay	10.4	726.0	0.266	0.329

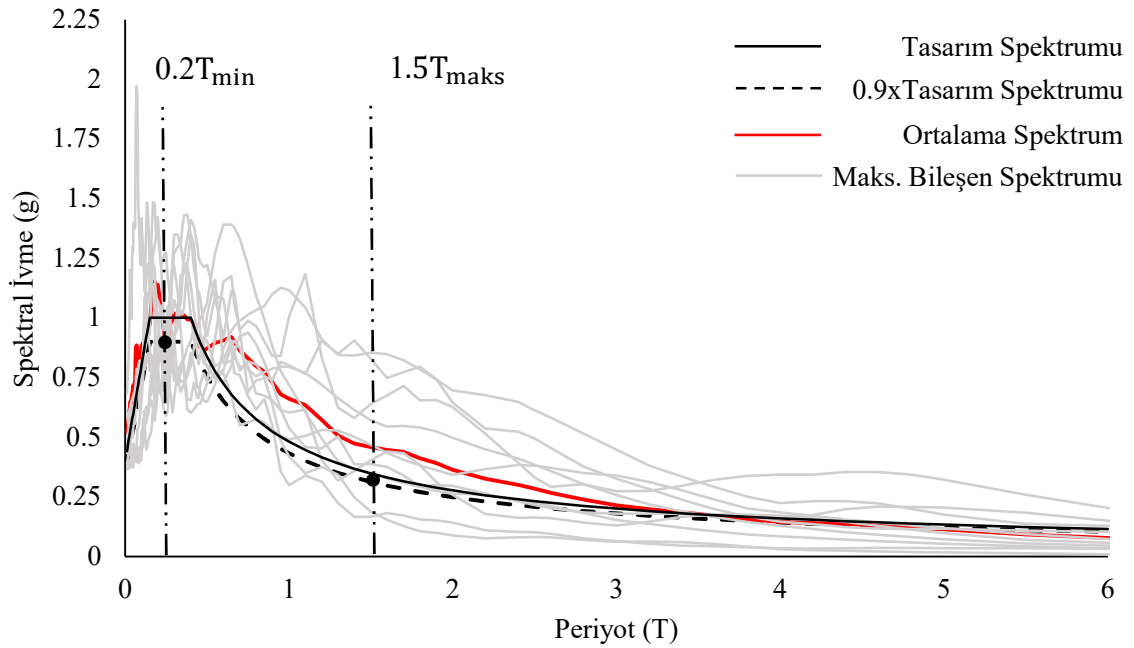
Tablo 3.12: Yakın fay deprem grubuna ait özellikler

Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	Büyükük	Fay Mekanizması	Faya Uzaklık (km)	Vs30 (m/s)	Maks. Yer İvmesi (g)	
							Bileşen-x	Bileşen-y
12	126	Gazli_USSR	6.8	Ters Fay	3.92	259.59	0.702	0.864
13	160	Imperial Valley-06	6.53	Yanal Atımlı Fay	0.44	223.03	0.599	0.777
14	292	Irpinia_Italy-01	6.9	Düz Fay	6.78	382	0.227	0.321
15	495	Nahanni_Canada	6.76	Ters Fay	2.48	605.04	1.108	1.201
16	723	Superstition Hills-02	6.54	Yanal Atımlı Fay	0.95	348.69	0.432	0.384
17	741	Loma Prieta	6.93	Eğim Atımlı Ters Fay	3.85	476.54	0.456	0.502
18	821	Erzican_Turkey	6.69	Yanal Atımlı Fay	0	352.05	0.496	0.387
19	828	Cape Mendocino	7.01	Ters Fay	0	422.17	0.591	0.662
20	1503	Chi-Chi_Taiwan	7.62	Eğim Atımlı Ters Fay	0.57	305.85	0.79	0.576
21	1605	Duzce_Turkey	7.14	Yanal Atımlı Fay	0	281.86	0.404	0.4
22	2114	Denali_Alaska	7.9	Yanal Atımlı Fay	0.18	329.4	0.333	0.297

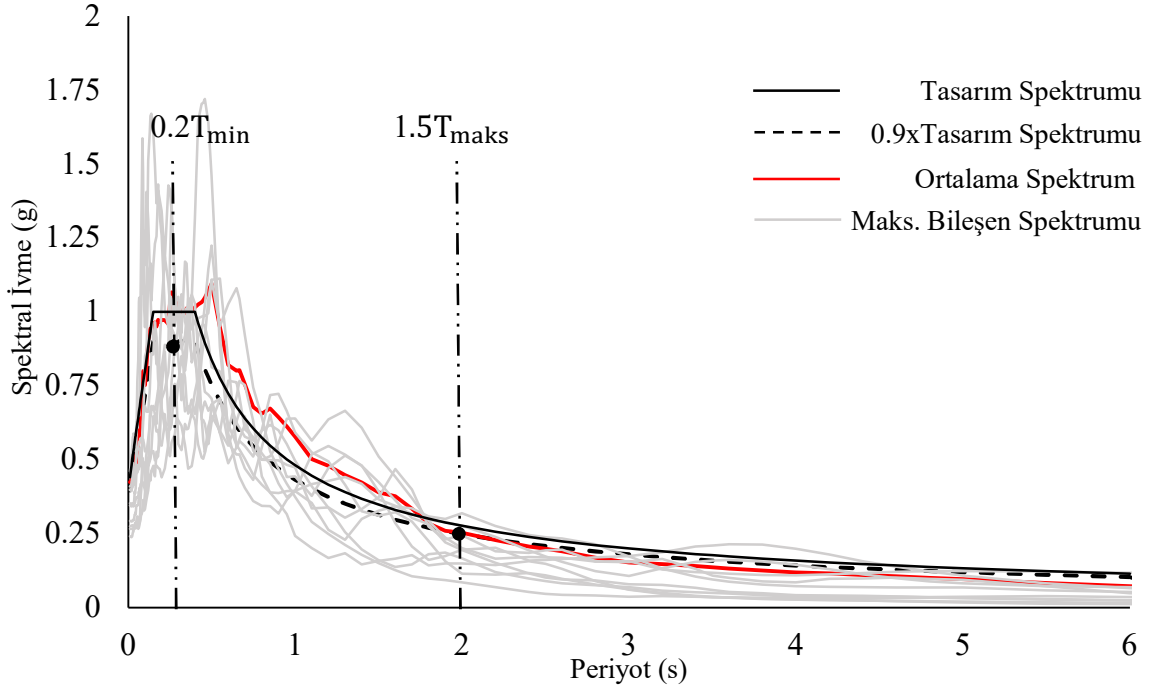
Deprem ivme kayıtları tasarım spektrumuna uydurulmak amacıyla ASCE 41-23 [33]'te önerilen genlik ölçekleme yaklaşımı ile ölçeklenmiştir. Ölçekleme için depremin maksimum ivmeyi içeren bileşeni esas alınmış, bunun için elde edilen ölçekleme katsayıları diğer bileşene de uygulanarak deprem kayıtları elde edilmiştir. ASCE 41-23 [33]'e göre, ölçekleme $0.2T_{\min}$ ile $1.5T_{\max}$ arasındaki bölgede ortalama spektrum tasarım spektrumunun %90'ının altına düşmeyecek şekilde uygulanmıştır [34]. T_{\max} olarak her iki asal doğrultudaki periyotların en büyüğü, T_{\min} olarak ise %10'dan fazla kütle katılımına sahip en küçük periyot esas alınmıştır. Ölçek katsayıları PEER [51] internet sayfasının arayüzü kullanılarak belirlenmiştir. Deprem kayıtlarının ölçeklenmiş hallerine ait ivme spektrumları 4KB_D için Şekil 3.26-3.27'de 7KB_D için Şekil 3.28-3.29'de verilmiştir.



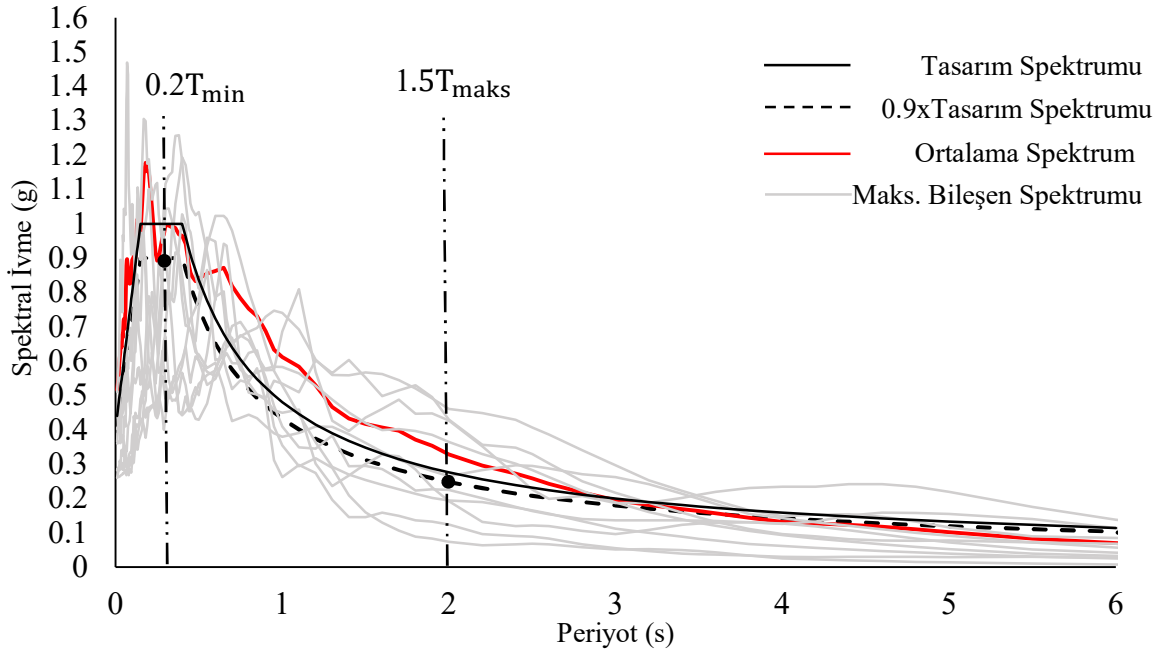
Şekil 3.26: 4KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (uzak fay deprem grubu)



Şekil 3.27: 4KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (yakın fay deprem grubu)



Şekil 3.28: 7KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (uzak fay deprem grubu)



Şekil 3.29: 7KB_D binası için ölçeklenen spektrumlar (yakın fay deprem grubu)

Seçilen depremlere ait orijinal yatay ivme kayıtları (x ve y bileşeni) ve elde edilen ölçek katsayıları Ek-C'de verilmiştir.

3.3 Performans Kriterleri

VSS'ler ile güçlendirilen binalardaki performans hedefleri için TBDY 2018 [11]'de yeni yapılacak binalar için öngörülen değerlendirme yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca performans düzeylerini karşılaştırmak amacıyla ASCE 41-23 [33]'teki kriterlere göre değerlendirme yapılmıştır.

3.3.1 TBDY 2018 Performans Düzeyleri

TBDY 2018'e göre binalar için dört performans düzeyi tanımlanmaktadır. Bunlar Kesintisiz Kullanım (KK), Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) düzeyleridir. KK düzeyi yalnızca yükseklik sınıfı 1 olan binalarda kullanılmakta ve dayanım esaslı kontrollere dayanmaktadır. SH düzeyi bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşılık gelmektedir. KH düzeyi can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün hasar düzeyine karşılık gelmektedir. GÖ düzeyi ise bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşılık gelmektedir.

TBDY 2018 [11]'e göre performans düzeylerinin kontrolü, yığılı plastisite (plastik mafsal) yaklaşımı kullanıldığında plastik dönme talepleri (θ_p) üzerinden yapılmaktadır. Buna göre performans düzeylerine ait plastik dönme sınırları Denklem 3.12-3.14 arasında verildiği gibi belirlenmektedir.

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (3.12)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\theta_p^{(GÖ)} \quad (3.13)$$

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u^{GÖ} - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u^{GÖ} d_b \right] \quad (3.14)$$

Burada $\phi_u^{GÖ}$ enkesit moment-eğrilik analizinden elde edilen göçme öncesi toplam eğriliğini, ϕ_y kesitin akma eğriliğini L_p , plastik mafsal uzunluğunu (kesit yüksekliğinin yarısı alınmıştır) L_s , elemanın kesme açıklığını ve d_b kesitte bulunan ortalama donatı çapını göstermektedir. ϕ_u eğriliği için beton ve donatı malzemelerinde Denklem 3.15-3.16'da verilen sınırlardan yararlanılmaktadır. Enkesit moment-eğrilik ilişkisinde ilk olarak sınıra ulaşan birim şekildeğiştirme değerine karşılık gelen eğrilik $\phi_u^{GÖ}$ olarak adlandırılmaktadır.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.40\varepsilon_{su} \quad (3.15)$$

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{w_{we}} \leq 0.018 \quad (3.16)$$

Burada $\varepsilon_s^{(G\ddot{O})}$ donatıya ait göçmenin önlenmesi sınır birim şekildeğiştirme değeri, ε_{su} donatıya ait maksimum birim şekildeğiştirme değeri, $\varepsilon_c^{(G\ddot{O})}$ betona ait göçmenin önlenmesi birim şekildeğiştirme değeridir. ω_{we} Denklem 3.17’de verilmiştir.

$$\omega_{we} = \alpha_{se}\rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.17)$$

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

Tüm bina elemanları için Xtract programı ile enkesit moment-eğrilik analizleri yapılmış ve ilgili bağıntılar kullanılarak performans düzeylerine ait sınır plastik dönme değerleri belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar plastik mafsal sınıflandırmalarına bağlı olarak Ek-B’de verilmiştir.

3.3.2 ASCE 41-23 Yapısal Performans Düzeyleri

ASCE 41-23 [33]’te yapısal elemanlar için üç temel performans düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar Hemen Kullanım (Immmediate Occupancy), Yaşam Güvenliği (Life Safety) ve Göçmenin Önlenmesi’dir (Collapse Prevention). IO düzeyi binanın taşıyıcı sisteminin depremin hemen sonrasında kullanılmak üzere rijitlik ve kuvvet kapasitelerinde azalma meydana gelmediği hasar düzeyidir. LS düzeyi binada bulunan taşıyıcı sistem elemanlarında hasarların gözlemlendiği ancak kısmi veya tam göçmeye karşı güvenlik payının bulunduğu hasar düzeyidir. CP düzeyi ise binada bulunan taşıyıcı sistemde ileri derecede hasarların oluştuğu, eksenel göçmenin yaşanmadığı ancak göçmeye karşı herhangi bir güvenlik payının olmadığı hasar düzeyidir.

ASCE 41-23 ve ACI 369-22’de doğrusal olmayan analizlerde performans düzeyleri plastik dönme talepleri üzerinden tanımlanmaktadır. Kiriş ve kolon modelleme parametrelerine bağlı olarak tanımlanan sınırlar Tablo 3.13’te verilmiştir [33, 48].

Tablo 3.13: ACI 369-22 [48]'de tanımlanan performans değerlerine ait plastik dönme sınırları (rad)

IO	LS	CP
$0.15a \leq 0.005$	0.5b	0.7b

ASCE 41-23 [33] ve ACI 369-22 [48] kullanılarak kirişler ve kolonlar için elde edilen performans düzeyi plastik dönme sınırları Ek-B'de verilmiştir.

3.4 Binaların Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz ile Değerlendirilmesi

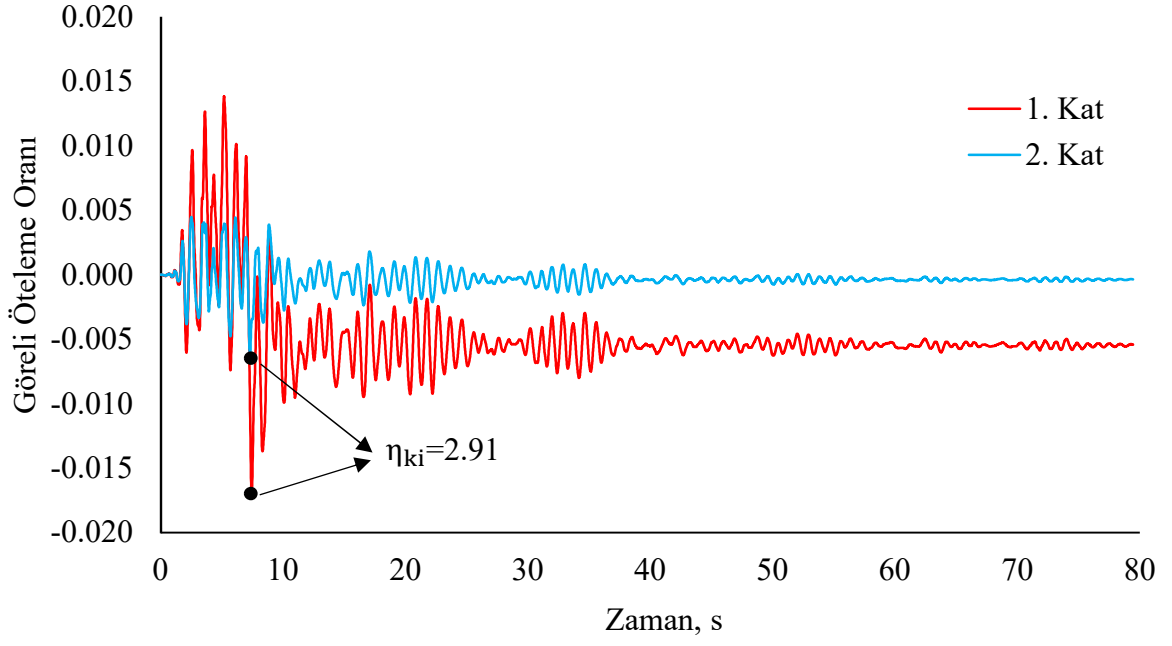
Bölüm 3.2.5'te verilen ölçeklenmiş deprem kayıtlarına ait x, y bileşenleri kullanılarak iki doğrultulu Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler (DODA) gerçekleştirilmiştir. Perform 3D ile yapılan analizlerde Rayleigh sönüm yaklaşımı esas alınmış ve ilgili sönüm katsayıları %5'lik sönüm oranı ile $0.2T_{\min}$ - $1.5T_{\max}$ aralığında uygulanmıştır [47].

Binalar her iki doğrultuda simetrik oldukları için DODA'lar her kayıt için bir kez gerçekleştirilmiş, bileşen çiftinin 90° döndürülmesine gerek duyulmamıştır.

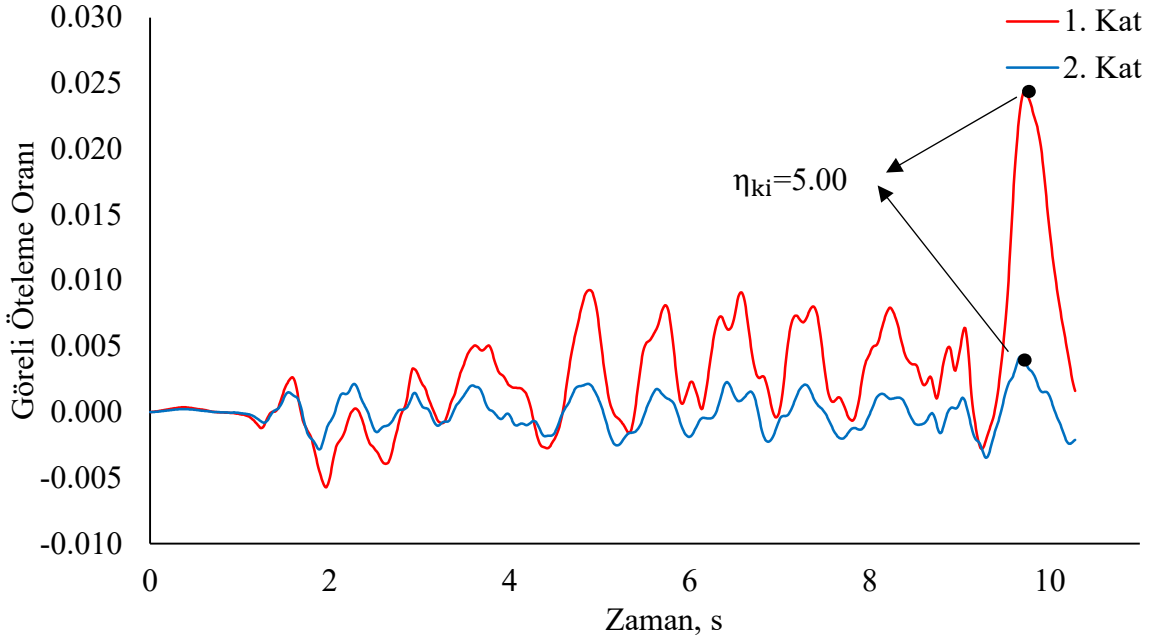
DODA ile performans değerlendirmeleri uzak ve yakın deprem grupları için ayrı ayrı yapılmıştır. Buna göre her bir deprem grubu (11 kayıt) için elde edilen büyüklüklerin ortalaması esas alınmıştır. ASCE 41-23'e göre deprem grubundaki on bir adet deprem kaydı içinde birden fazla kayıt için analizin herhangi bir sebeple tamamlanmaması durumunda binanın Göçme durumunda olduğu kabul edilmektedir. Sadece bir deprem kaydı için analizden sonuç alınmaması durumunda ise tüm kayıtların medyan değerinin %20 fazlası esas alınmaktadır. Ancak bu değer tamamlanan deprem kayıtlarının medyanından küçük olmaması gerekmektedir [33]. Bu çalışmada söz konusu kriter göz önünde bulundurularak birden fazla kayıt için sonuç alınamayan durumlar Göçme olarak değerlendirilmiştir.

3.4.1 Dolgu Duvarlı Binaların Değerlendirilmesi

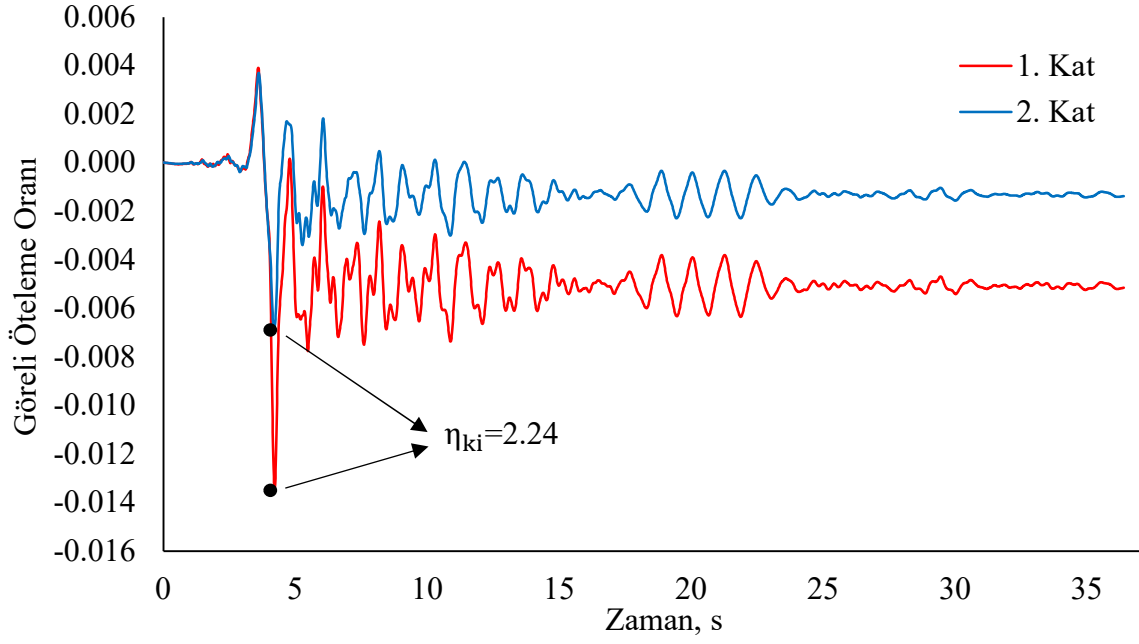
Yumuşak kat düzensizliği bulunan 4KB_D ve 7KB_D binalarında deprem esnasında oluşan düzensizliğin mertebesini gözlemlenmek amacıyla 1. ve 2. kat görelî öteleme oranlarının zamanla değişimleri ve bunların oranını ifade eden düzensizlik katsayısı (η_{ki}) belirlenmiştir. η_{ki} hesabı her iki katta birden 0.005'i geçen öteleme oranları için hesaplanarak grafikler üzerinde gösterilmiştir. Her binada ikişer deprem kaydı için elde edilen sonuçlar örnek olarak Şekil 3.30-3.33'te verilmiştir.



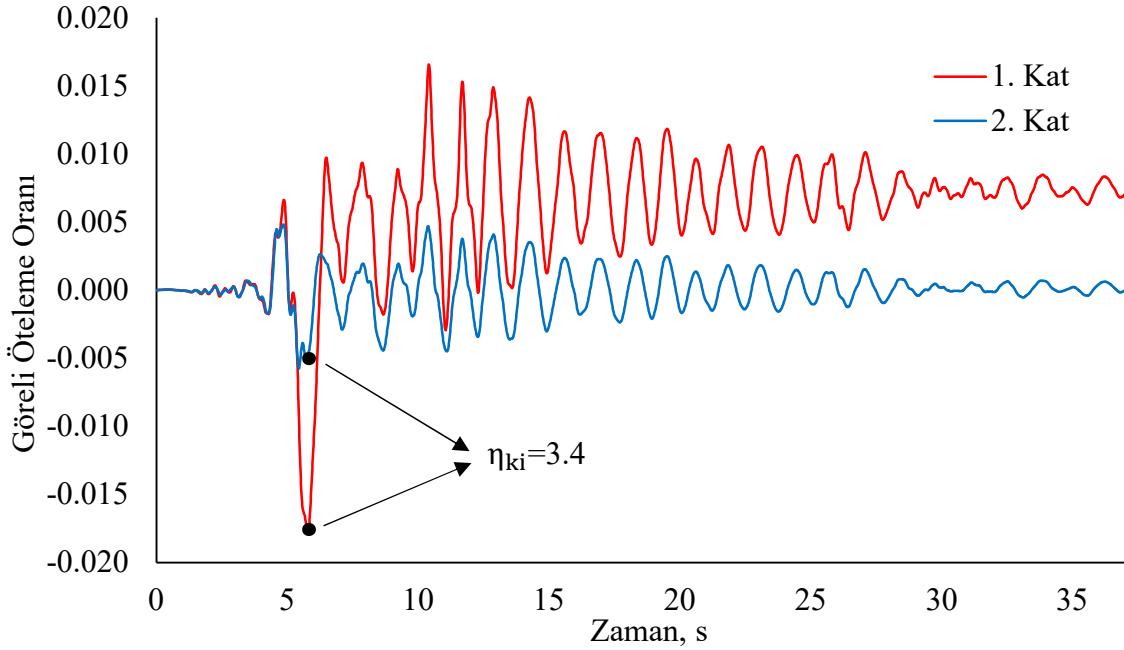
Şekil 3.30: 4KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değışimi (DD-2 uzak fay deprem grubu kayıt-1 için)



Şekil 3.31: 4KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değışimi (DD-2 yakın fay deprem grubu kayıt-4 için)



Şekil 3.32: 7KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değışimi (DD-2 uzak fay deprem grubu kayıt-2 için)



Şekil 3.33: 7KB_D binasında görelî öteleme oranlarının değışimi (DD-2 yakın fay deprem grubu kayıt-3 için)

Şekil 3.30-3.33 arasında verilen görelî öteleme oranı grafiklerinden görüldüğü gibi $\eta_{ki(maks)}$ değeri bazı anlarda 2.0 değerinin üzerine çıkmıştır. Göçmeye sebep olan yakın fay deprem grubundaki bir depremde göçmeden hemen önce $\eta_{ki} = 5.0$ 'e ulaşmıştır. 4KB_D ve 7KB_D

binalarında iki farklı deprem grubu (uzak fay-yakın fay) ve iki farklı deprem düzeyi (DD-1, DD-2) için yapılan 88 analizin 47'si kat mekanizması ve/veya kolon dönme kapasitesinin sonlanması nedeniyle Göçme şeklinde sonlanmıştır (Tablo 3.14-3.15).

Tablo 3.14 Güçlendirilmemiş binalarda göçme oluşan kayıtlar (uzak fay deprem grubu)

Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	4KB_D		7KB_D	
			DD-1	DD-2	DD-1	DD-2
1	68	San Fernando	Göçme	✓	Göçme	✓
2	125	Friuli_ Italy-01	✓	✓	✓	✓
3	169	Imperial Valley-06	Göçme	✓	Göçme	✓
4	900	Landers	Göçme	✓	Göçme	Göçme
5	953	Northridge-01	✓	✓	Göçme	Göçme
6	1111	Kobe_ Japan	✓	✓	✓	✓
7	1158	Kocaeli_ Turkey	Göçme	✓	Göçme	✓
8	1244	Chi-Chi_ Taiwan	✓	✓	Göçme	✓
9	1602	Duzce_ Turkey	✓	✓	✓	✓
10	1633	Manjil_ Iran	✓	✓	✓	✓
11	1787	Hector Mine	Göçme	✓	Göçme	Göçme

✓: Göçme oluşmadan tamamlanan analiz.

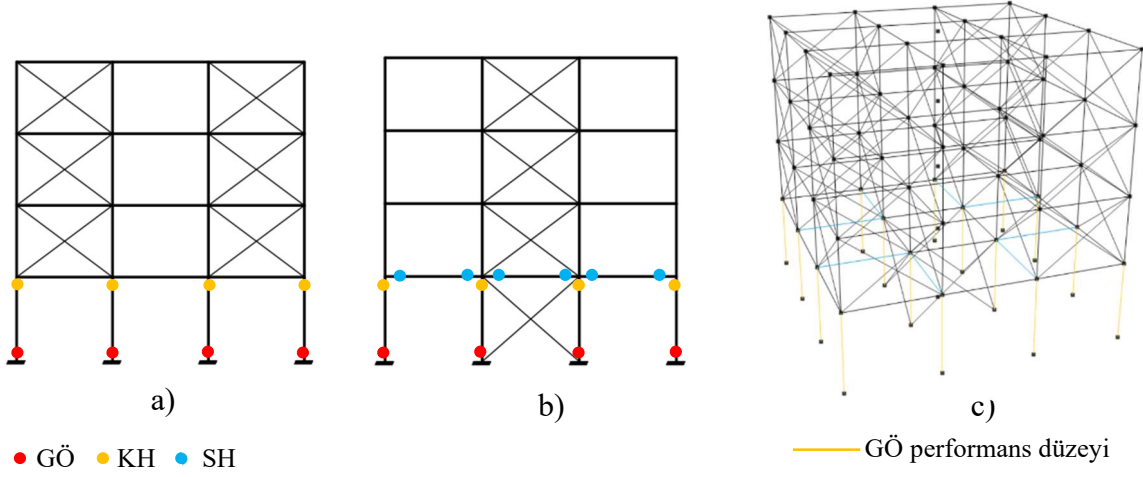
Tablo 3.15 Güçlendirilmemiş binalarda göçme oluşan kayıtlar (yakın fay deprem grubu)

Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	4KB_D		7KB_D	
			DD-1	DD-2	DD-1	DD-2
1	126	Gazli_ USSR	Göçme	✓	✓	✓
2	160	Imperial Valley-06	✓	✓	✓	✓
3	292	Irpina_ Italy-01	Göçme	✓	Göçme	✓
4	495	Nahanni_ Canada	Göçme	✓	Göçme	✓
5	723	Superstition Hills-02	Göçme	Göçme	Göçme	Göçme
6	741	Loma Prieta	✓	Göçme	✓	✓
7	821	Erzican_ Turkey	Göçme	Göçme	Göçme	Göçme
8	828	Cape Mendocino	Göçme	✓	Göçme	✓
9	1503	Chi-Chi_ Taiwan	Göçme	Göçme	Göçme	Göçme
10	1605	Duzce_ Turkey	Göçme	Göçme	✓	✓
11	2114	Denali_ Alaska	Göçme	Göçme	Göçme	Göçme

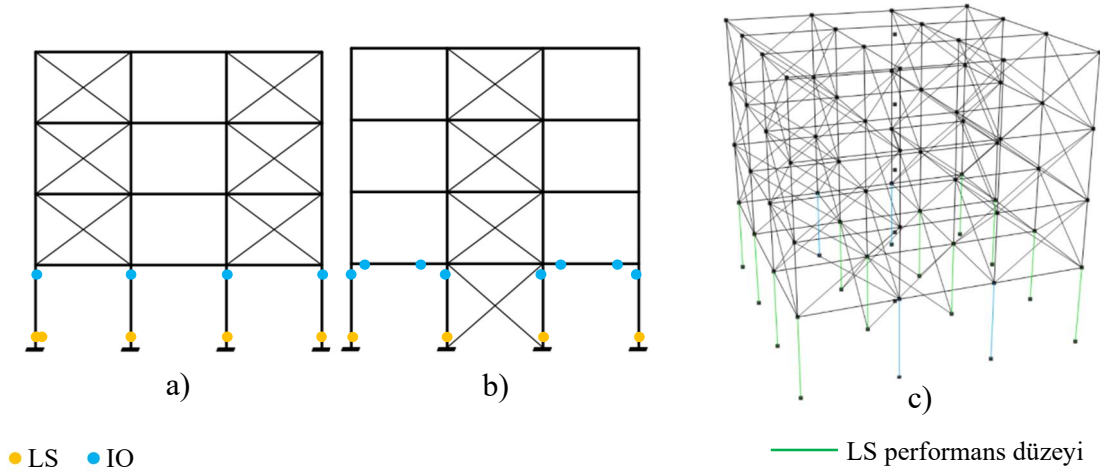
✓: Göçme oluşmadan tamamlanan analiz.

Sadece 4KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için tüm analizler tamamlanabilmiş, diğer durumlarda en az üç kayıt olmak üzere birçok kayıt için Göçme durumu oluşmuştur. Uzak fay deprem grubu için yapılan analizlerde toplam 15 kayıt için göçme oluşurken, yakın fay deprem grubunda 26 kayıt için göçme oluşmuştur. Bu durum yakın fay karakteristiğindeki depremlerin yıkıcılığını göstermiştir. 4KB_D binasında toplam 20 kayıt için, 7KB_D binasında toplam 21 kayıt için göçme oluşmuştur. Göçme oluşmayan

4KB_D binasının DD-2 uzak fay deprem grubu altında plastikleşme dağılımı ve elde edilen performans düzeyleri TBDY 2018 [11] için Şekil 3.34'te, ASCE 41-23 [33] için Şekil 3.35'te verilmiştir.



Şekil 3.34: 4KB_D DD-2 uzak fay deprem grubu için plastikleşme haritası (TBDY 2018).
a) A-D aksı, b) B-C aksı, c) Perform 3D eleman hasar durumu



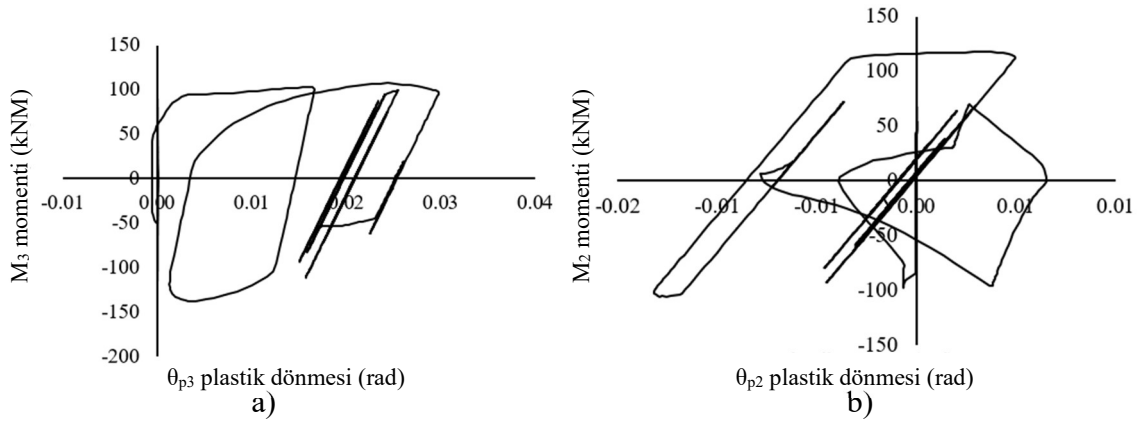
Şekil 3.35: 4KB_D DD-2 uzak fay deprem grubu için plastikleşme haritası (ASCE 41-23).
a) A-D aksı, b) B-C aksı, c) Perform 3D eleman hasar durumu

Plastikleşme haritalarından görüldüğü gibi sadece 1. kat kolonlarında plastikleşme meydana gelmiştir. 4KB_D binasının DD-2 uzak fay deprem grubu altında 1. kat kolonlarında her iki asal eksen için elde edilen plastik dönmelere ait ortalama değerler Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16 4KB_D DD-2 uzak fay deprem grubu altında 1. kat kolonlarında elde edilen plastik dönme talepleri

Kolon No	Mafsals Kodu	Ortalama Plastik Dönme (rad)			
		θ_3		θ_2	
		Alt	Üst	Alt	Üst
C1	S1-P310	0.016	0.011	0.014	0.009
C2	S3-P480	0.014	0.008	0.016	0.013
C3	S3-P480	0.016	0.008	0.014	0.013
C4	S1-P310	0.016	0.011	0.013	0.009
C5	S3-P480	0.016	0.011	0.013	0.011
C6	S2-P750	0.016	0.013	0.013	0.011
C7	S2-P750	0.016	0.013	0.013	0.011
C8	S3-P480	0.016	0.010	0.013	0.011
C9	S3-P480	0.016	0.011	0.014	0.011
C10	S2-P750	0.016	0.013	0.013	0.011
C11	S2-P750	0.016	0.013	0.013	0.011
C12	S3-P480	0.016	0.010	0.013	0.011
C13	S1-P310	0.016	0.011	0.014	0.009
C14	S3-P480	0.014	0.008	0.016	0.013
C15	S3-P480	0.014	0.008	0.016	0.013
C16	S1-P310	0.016	0.009	0.013	0.011

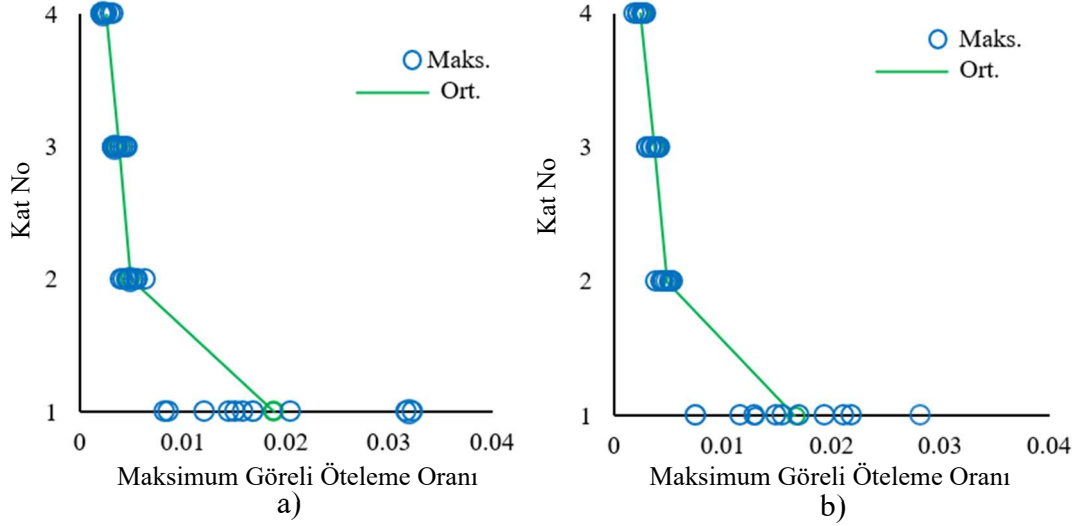
Kayıt 4 için 1 nolu kolonda elde edilen çevrimsel moment-plastik dönme ilişkileri her iki eksen için ayrı ayrı Şekil 3.36’da örnek olarak gösterilmiştir.



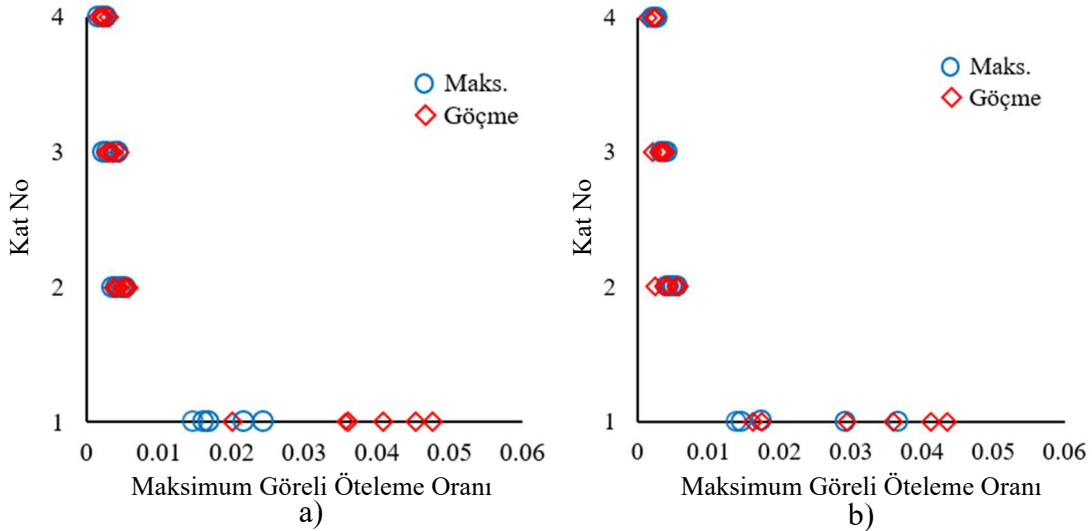
Şekil 3.36: 4KB_D’de C1 kolonu alt ucu için moment-plastik dönme çevrimsel davranışları (DD-2 düzeyi Kayıt-4). a) M_3 - θ_{p3} , b) M_2 - θ_{p2}

4KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak ve yakın fay deprem grupları için elde edilen maksimum ve ortalama görel kat öteleme oranları Şekil 3.37-3.38’de verilmiştir. Yakın fay deprem grubuna ait grafiklerde göçme oluşan kayıtlar için elde edilen maksimum görel

öteleme oranları dörtgen ile gösterilmiş, ancak ortalama değerler hesaplanamamıştır. Yumuşak kat düzensizliği bulunan 1. kattaki öteleme oranlarının uzak fay deprem grubu için 0.01-0.031, yakın fay deprem grubu için 0.015-0.043 arasında değiştiği belirlenmiştir.



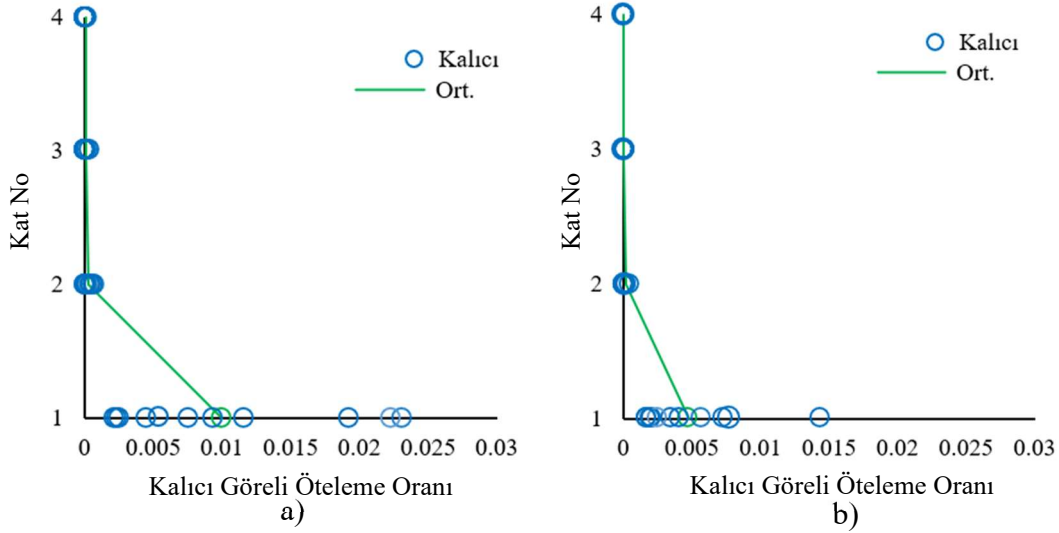
Şekil 3.37: 4KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



Şekil 3.38: 4KB_D'de DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

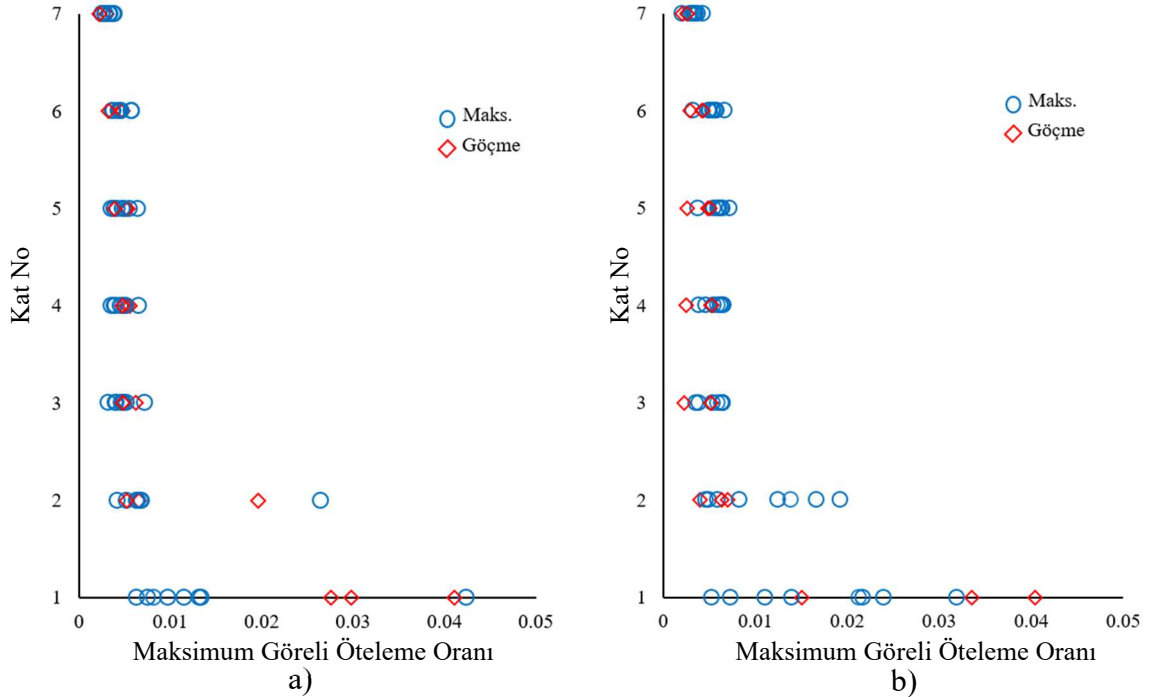
4KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için elde edilen kalıcı görelî öteleme oranları Şekil 3.39'da verilmiştir.

- X doğrultusunda elde edilen ortalama değerlerin 0.01 olduğu belirlenmiştir. Literatürde binaların deprem sonrası kullanılabilirliği için referans kabul edilen 0.005'lik kalıcı görelî öteleme oranı göz önüne alındığında 4KB_D binasının deprem sonrası kullanılabilir kalamayacağı anlaşılmaktadır [52].



Şekil 3.39: 4KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

- 7KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için yapılan analizlerde üç kayıt için göçme durumu oluşmuştur. Göçme oluşmayan durumlarda ise 1. kattaki maksimum görelî öteleme oranları 0.005-0.04 arasında, kalıcı görelî öteleme oranları ise 0.002-0.04 arasında elde edilmiştir (Şekil 3.40). Çok sayıda göçme durumunun oluştuğu DD-1 düzeyi ve DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için elde edilen maksimum ve kalıcı görelî öteleme oranları Ek-D'de verilmiştir.



Şekil 3.40: 7KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

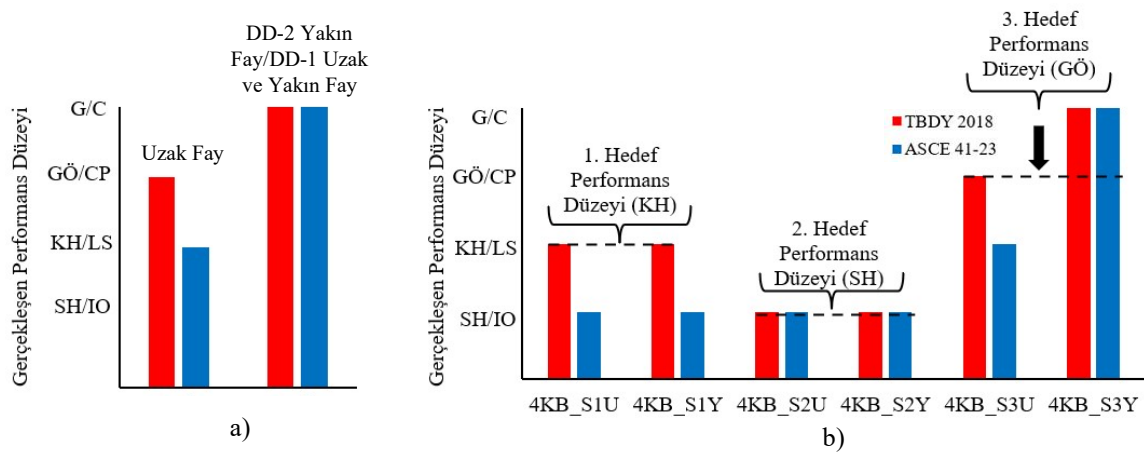
3.4.2 Viskoz Sıvılı Sönümleyiciler ile Güçlendirilen Binaların Değerlendirilmesi

Yumuşak kat düzensizliği bulunan binalar farklı hedef performans düzeylerini sağlamaya yönelik VSS'ler ile güçlendirilmiş ve DODA ile değerlendirilmiştir. VSS özellikleri (kuvvet kapasitesi ve sönüm katsayısı) kademeli olarak artırılarak öngörülen performans hedeflerinin kontrollerinin yapıldığı iteratif bir yaklaşım uygulanmıştır.

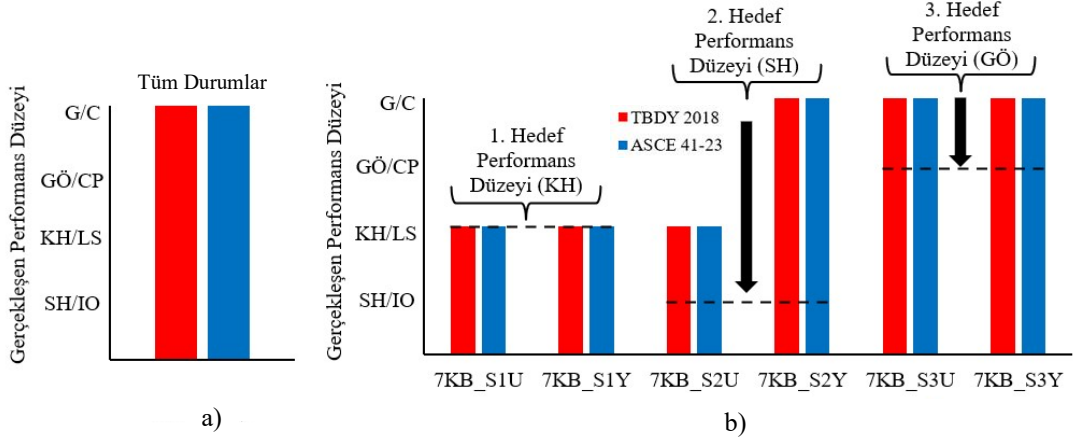
3.4.2.1 Bina performans düzeyleri ve plastikleşme dağılımları

TBDY 2018'de öngörülen standart (normal) performans hedefi olan "DD-2 düzeyi deprem yer hareketi için Kontrollü Hasar" düzeyi her iki bina için de sağlanmıştır. Daha ileri performans hedefi olan "DD-2 düzeyi deprem yer hareketi için Sınırlı Hasar" performans hedefi de kullanılan VSS'lerin kapasiteleri artırılarak 7KB_S2U ve 7KB_S2Y dışındaki binalarda sağlanabilmiştir.

Diğer ileri performans hedefi olan "DD-1 düzeyi deprem yer hareketi için Göçmenin Önlenmesi" ise sadece 4KB_S3U binasında uzak fay deprem grubu için sağlanabilmiş, 4KB_S1Y ve bazı 7KB_S binalarında yumuşak kat düzensizliğinin bir üst kata çıkması sebebiyle sağlanamamıştır. Hedeflenen performans düzeyleri ve gerçekleşen performans düzeyleri 4KB_S binaları için Şekil 3.41'de, 7KB_S binaları için Şekil 3.42'de verilmiş ve 4KB_D ve 7KB_D binaları ile karşılaştırılmıştır. Güçlendirme sonrasında göçmeye sebep olan deprem kayıtları Tablo 3.17-3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.41: 4KB binalarında hedeflenen ve gerçekleşen performans düzeyleri. a) Güçlendirilmemiş bina, b) Güçlendirilmiş binalar



Şekil 3.42: 7KB_S binalarında hedeflenen ve gerçekleştirilen performans düzeyleri. a) Güçlendirilmemiş bina, b) Güçlendirilmiş binalar

Tablo 3.17 Güçlendirilen binalarda göçme oluşan kayıtlar (uzak fay deprem grubu)

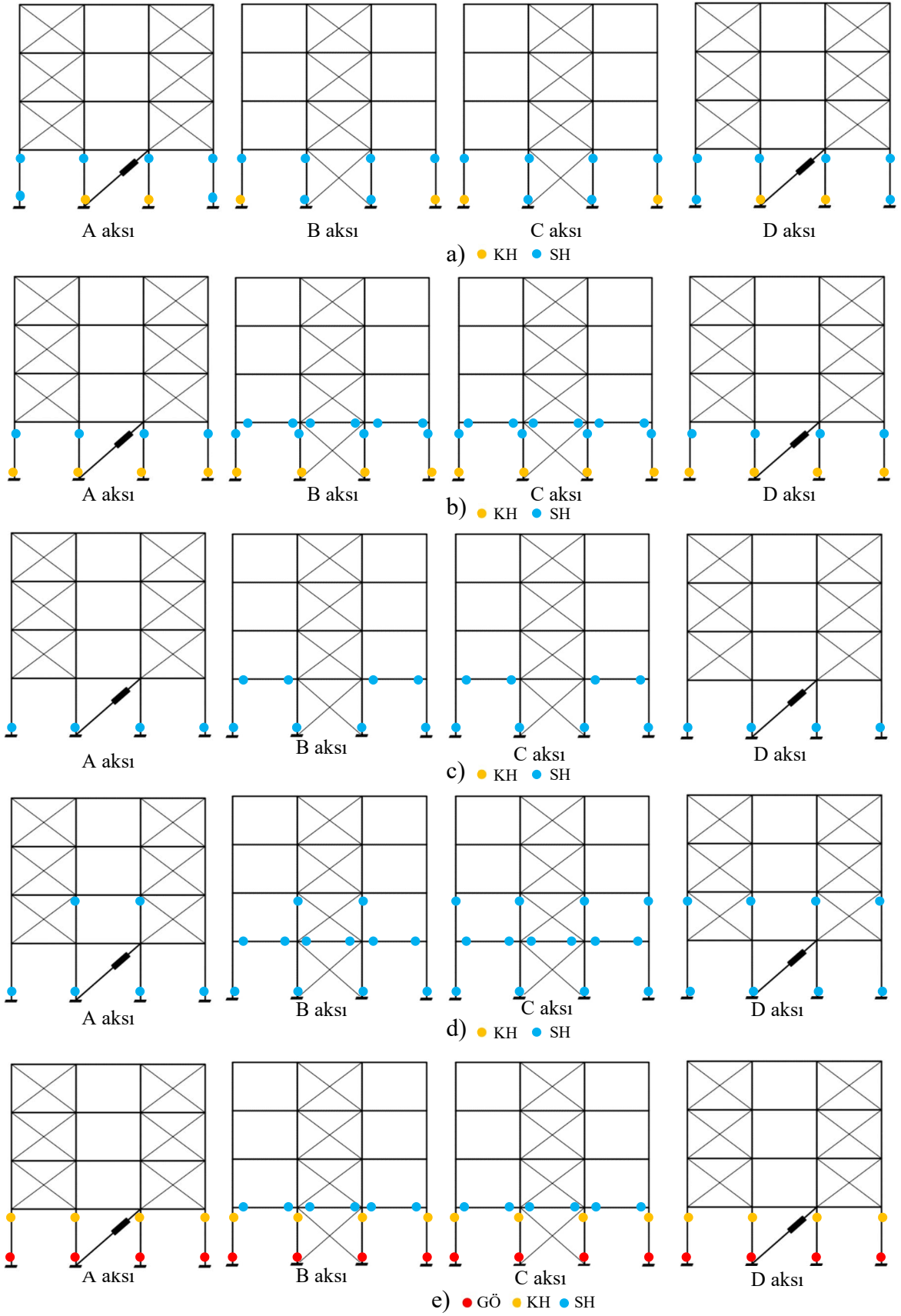
Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	7KB_S3U
1	68	San Fernando	Göçme
2	125	Friuli_Italy-01	✓
3	169	Imperial Valley-06	✓
4	900	Landers	Göçme
5	953	Northridge-01	Göçme
6	1111	Kobe_Japan	✓
7	1158	Kocaeli_Turkey	✓
8	1244	Chi-Chi_Taiwan	Göçme
9	1602	Duzce_Turkey	✓
10	1633	Manjil_Iran	✓
11	1787	Hector Mine	Göçme

Tablo 3.18 Güçlendirilen binalarda göçme oluşan kayıtlar (yakın fay deprem grubu)

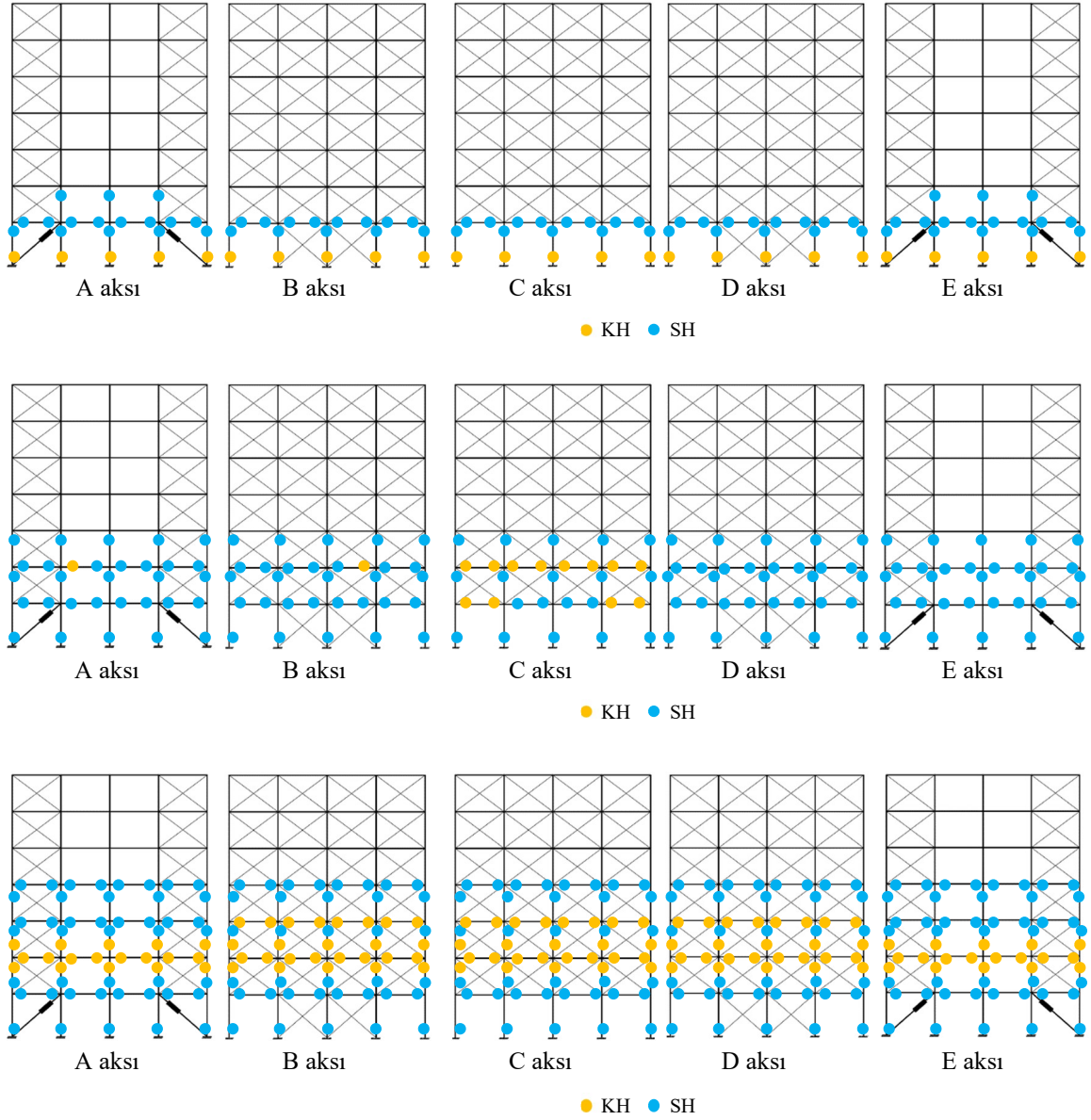
Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	4KB_S3Y	7KB_S2Y	7KB_S3Y
12	126	Gazli_USSR	✓	✓	✓
13	160	Imperial Valley-06	✓	✓	✓
14	292	Irpinia_Italy-01	✓	✓	✓
15	495	Nahanni_Canada	✓	✓	✓
16	723	Superstition Hills-02	Göçme	✓	Göçme
17	741	Loma Prieta	✓	✓	Göçme
18	821	Erzican_Turkey	Göçme	✓	Göçme
19	828	Cape Mendocino	✓	✓	✓
20	1503	Chi-Chi_Taiwan	Göçme	Göçme	Göçme
21	1605	Duzce_Turkey	Göçme	✓	✓
22	2114	Denali_Alaska	Göçme	Göçme	Göçme

Göçme durumu oluşmayan 4KB_S ve 7KB_S binalarına ait plastikleşme dağılımları ve eleman performans düzeyleri Şekil 3.43 ve Şekil 3.44'te verilmiştir.

- 4KB_S binalarında oluşan yapısal eleman hasarları belirgin bir yumuşak kat düzensizliğine işaret etmiş ve birinci kat kolonlarında yoğunlaşmıştır. Buna karşılık kirişlerde önemli mertebede hasarlar meydana gelmemiştir.
- Binanın birinci katında bulunan dolgu duvarlar tüm durumlarda doğrusal olmayan davranış sergilemiştir. 4KB_S2Y binası dışında üst katlardaki dolgu duvarlar ve taşıyıcı elemanlarda ise plastikleşme oluşmamıştır.
- Yakın fay deprem grubu için güçlendirilen 4KB_S2Y binasında kullanılan VSS'lerin kapasiteleri nedeniyle birinci kattaki plastikleşmelerin azalmasına karşılık ikinci kat kolonlarında plastikleşmeler olduğu görülmüştür.
- 7KB_S binalarında plastikleşmeler birinci katta yoğunlaşmakla birlikte üst katlarda da hasarlar gözlemlenmiştir. Birinci kattaki performansı iyileştirmek için VSS kapasitelerinin artırılması hasarların üst katlara yayılmasına neden olmuştur. Özellikle performans hedefini sağlayamayan 7KB_S2Y binasında hasarlar dördüncü kata ulaşmış, ikinci ve üçüncü katlardaki hasar düzeyleri artmıştır. Hedefin sağlanamamasına işaret eden bu davranış yalnızca birinci katın VSS'ler ile güçlendirilmesinin yeterli olmadığını, üst katlarda da güçlendirme uygulaması gerektiğini göstermektedir.



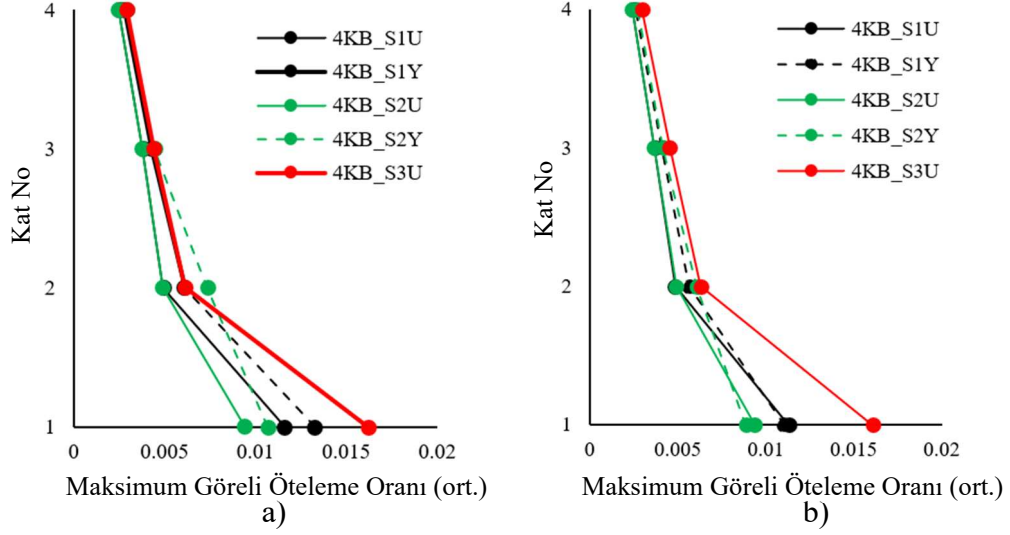
Şekil 3.43: 4KB_S binalarında plastikleşme dağılımları. a) 4KB_S1U, b) 4KB_S1Y, c) 4KB_S2U, d) 4KB_S2Y, e) 4KB_S3U



Şekil 3.44: 7KB_S binalarında plastikleşme dağılımları. a) 7KB_S1U, b) 7KB_S1Y, c) 7KB_S2U

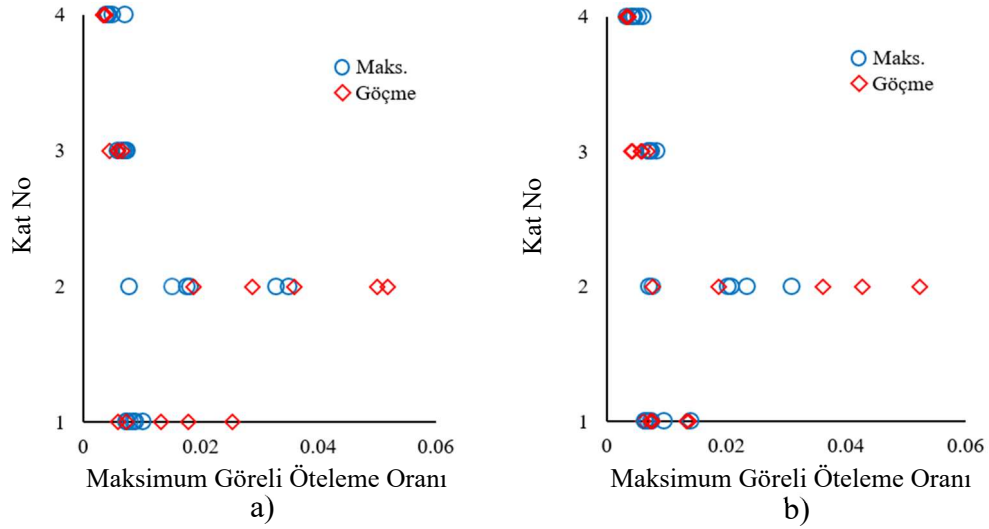
3.4.2.2 Maksimum ve kalıcı görelî öteleme oranları

Her bir deprem kaydı için x ve y doğrultularında deprem etkisi ile oluşan maksimum görelî öteleme oranları ve deprem süresi sonundaki kalıcı görelî öteleme oranları belirlenmiştir. İlgili fay grubu içerisinde göçme oluşmayan durumlarda maksimum değerlerin ortalaması alınarak “ortalama maksimum görelî öteleme oranı” olarak sunulmuştur. Göçme oluşması durumunda ise her bir kattaki maksimum değerler grafik olarak sunulmuştur. Benzer yaklaşım kalıcı görelî öteleme oranları için de uygulanmıştır. Performans hedeflerini sağlayan 4KB_S binalarına ait ortalama maksimum görelî öteleme oranlarını gösteren grafikler Şekil 3.45’te verilmiştir.



Şekil 3.45: 4KB_S binaları için ortalama maksimum görece öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

DD-1 düzeyi için öngörülen performans hedefi sağlanamayan 4KB_S3Y binasında her bir deprem kaydı için elde edilen maksimum görece öteleme oranları Şekil 3.46'da verilmiştir. Diğer 4KB_S binalarına ait detaylı maksimum görece öteleme oranı grafikleri Ek-E'de verilmiştir.

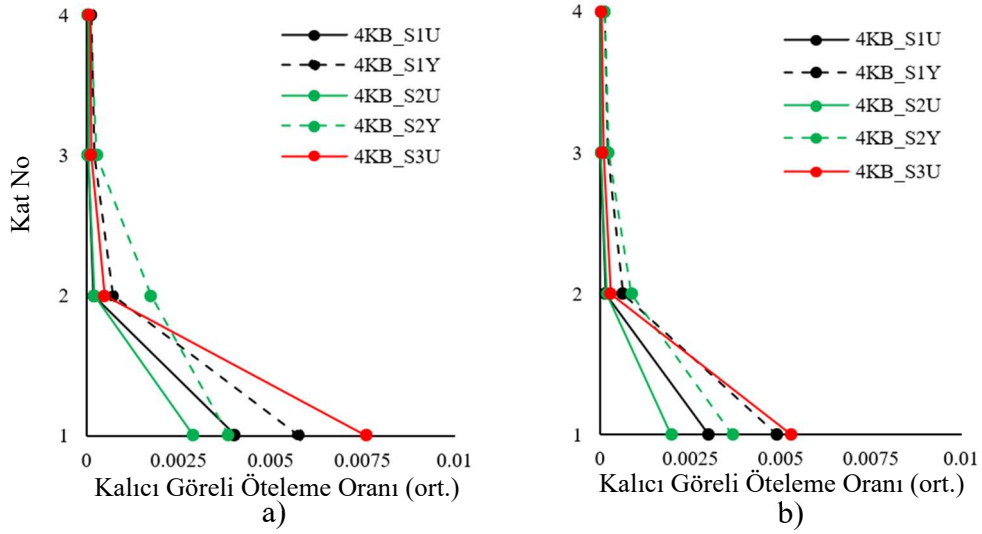


Şekil 3.46: 4KB_S3Y binasında maksimum görece öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

- Binalara VSS ilave edilmesiyle birlikte birinci kat maksimum görece öteleme oranlarında belirgin düşüşler meydana gelmiştir. Örneğin 4KB_D binasında DD-2 deprem düzeyi uzak fay deprem grubu altında 0.02 olarak elde edilen ortalama görece öteleme oranı 4KB_S2U binasında 0.01'e kadar düşmüştür.

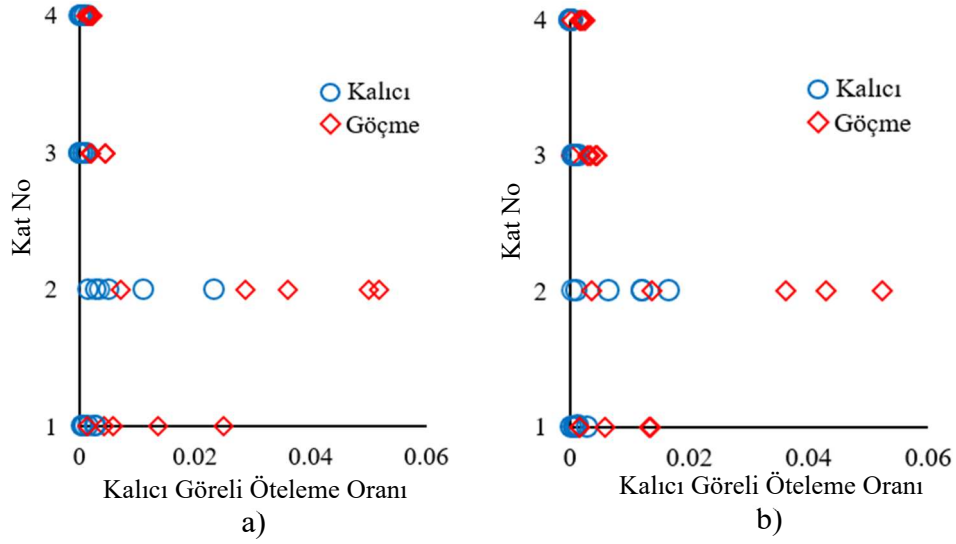
- Binaların yumuşak kat düzensizliği karakteristiği değişmemiş, birinci katların görece öteleme oranı diğer katlara göre oldukça büyük elde edilmiştir. 4KB_S3Y binasında ise birinci kattaki ötelemeler VSS'ler ile azalmış ancak ikinci kattaki ötelemeler aşırı artarak bazı kayıtlar için göçmeye sebep olmuştur.

Performans hedeflerini sağlayan 4KB_S binalarına ait ortalama kalıcı görece öteleme oranlarını gösteren grafikler Şekil 3.47'de verilmiştir.



Şekil 3.47: 4KB_S binaları için ortalama kalıcı görece öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

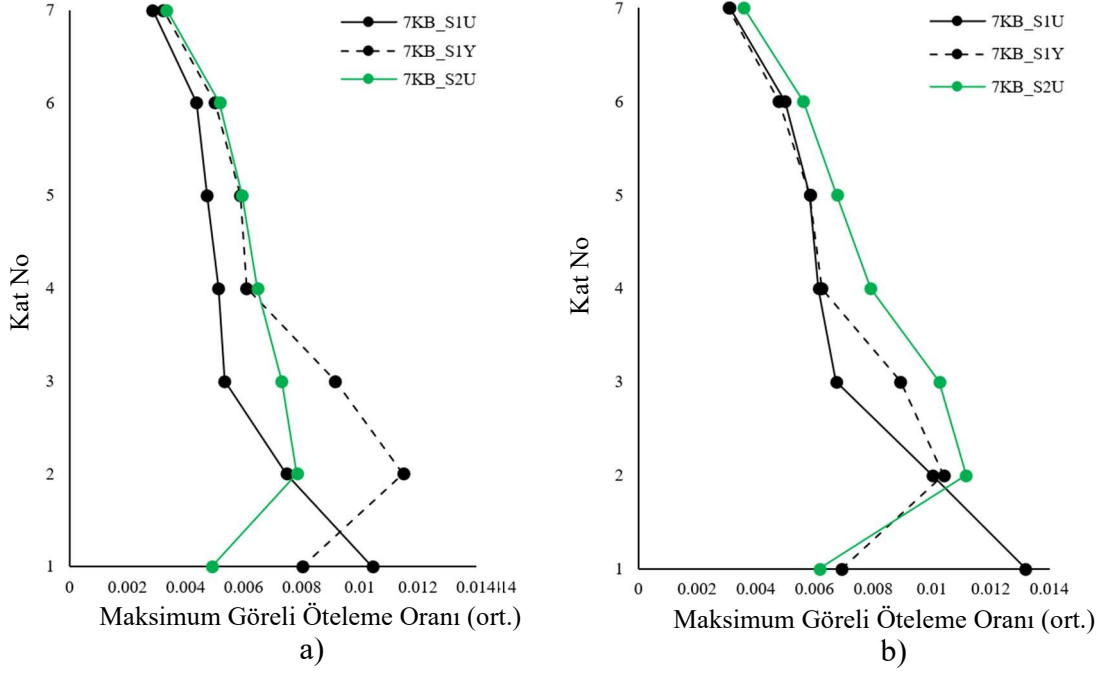
DD-1 düzeyi için öngörülen performans hedefi sağlanamayan 4KB_S3Y binasında her bir deprem kaydı için elde edilen kalıcı görece öteleme oranları Şekil 3.48'de verilmiştir. Diğer 4KB_S binalarına ait detaylı kalıcı görece öteleme oranı grafikleri Ek-E'de verilmiştir.



Şekil 3.48: 4KB_S3Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

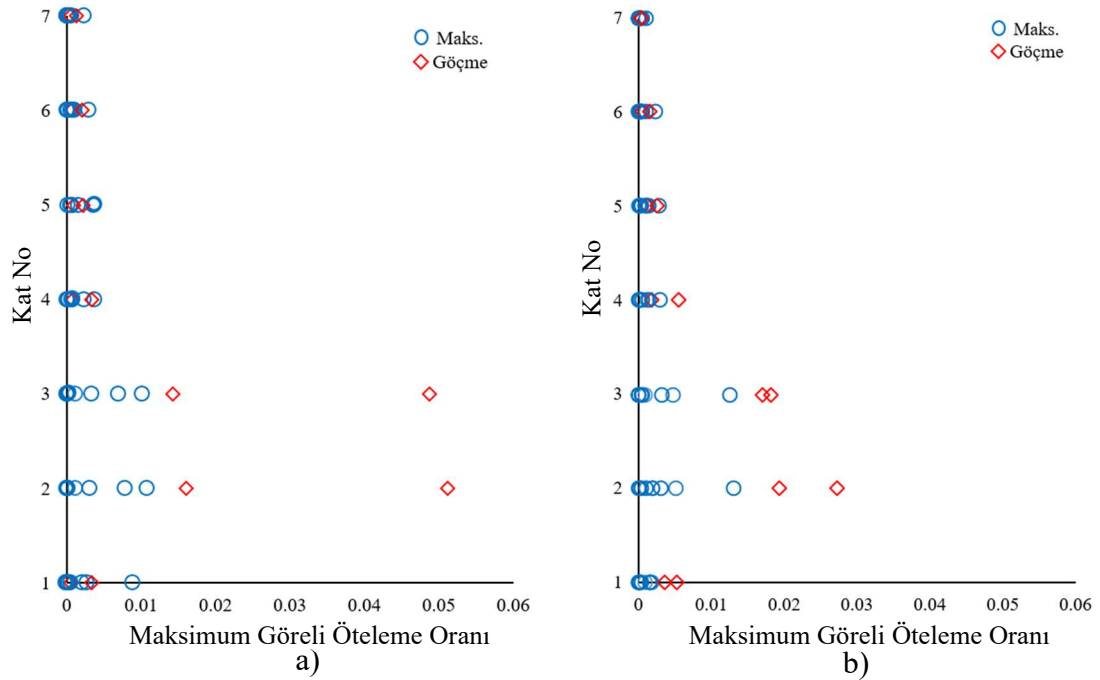
- Binalara VSS ilave edilmesi ortalama kalıcı görelî öteleme oranlarında da düşüşler meydana getirmiştir. Örneğin 4KB_D binasında DD-2 deprem düzeyi uzak fay deprem grubu altında 0.01 olarak elde edilen ort. kalıcı görelî öteleme oranı 4KB_S2U binasında 0.003'e kadar düşmüştür.
- 4KB_S1U, 4KB_S2U ve 4KB_S2Y binaları için ort. kalıcı öteleme oranları literatürde binaların deprem sonrasında kullanılabilirliği için referans alınan 0.005 değerinin altında kalmıştır [52]. Ancak 4KB_S1Y ve 4KB_S3U binalarında performans kriterleri sağlanmasına rağmen bu değer aşılmıştır. Ayrıca 4KB_S3U binasında deprem düzeyi DD-1 olmasına rağmen kalıcı görelî öteleme oranı 0.0075'i aşmamıştır. 4KB_S3Y binasında ikinci katta oluşan kalıcı görelî öteleme oranları birinci katta oluşulardan oldukça fazla elde edilmiştir.

Performans hedeflerini sağlayan 7KB_S binalarına ait ortalama maksimum görelî öteleme oranlarını gösteren grafikler Şekil 3.49'da verilmiştir.



Şekil 3.49: 7KB_S binalarında ortalama maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

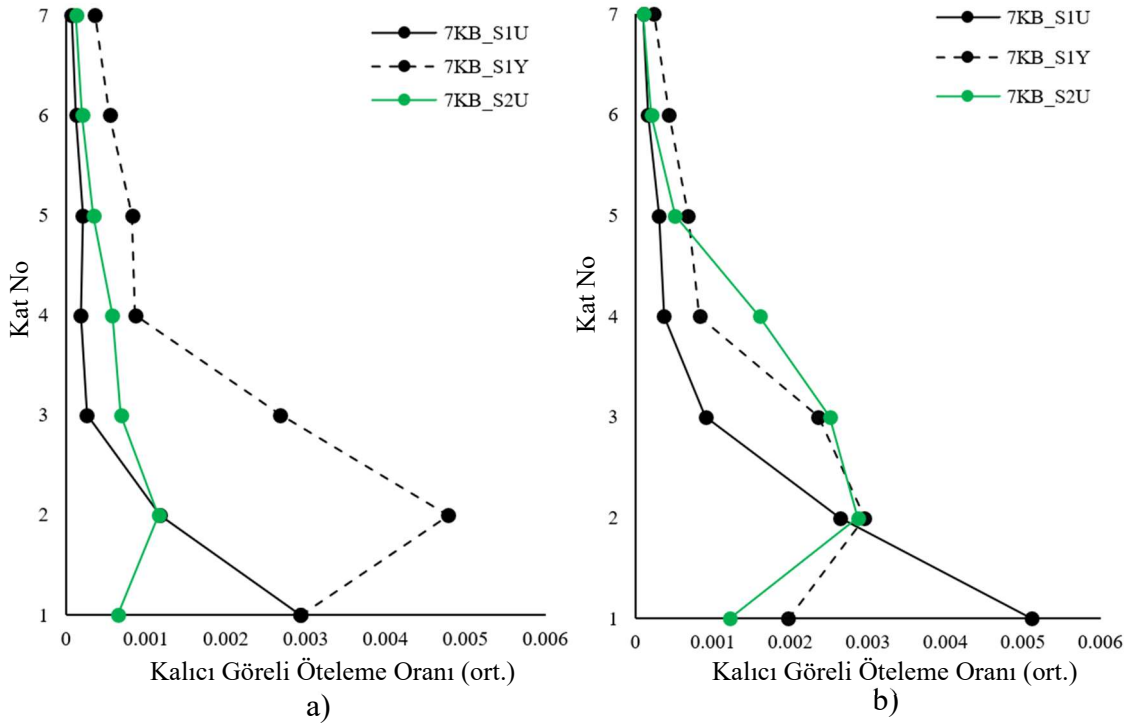
DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için öngörülen performans hedefi sağlanamayan 7KB_S2Y binasında her bir deprem kaydı için elde edilen maksimum görelî öteleme oranları Şekil 3.50’de verilmiştir. Diğer 7KB_S binalarına ait detaylı maksimum görelî öteleme oranı grafikleri Ek-E’de verilmiştir.



Şekil 3.50: 7KB_S2Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

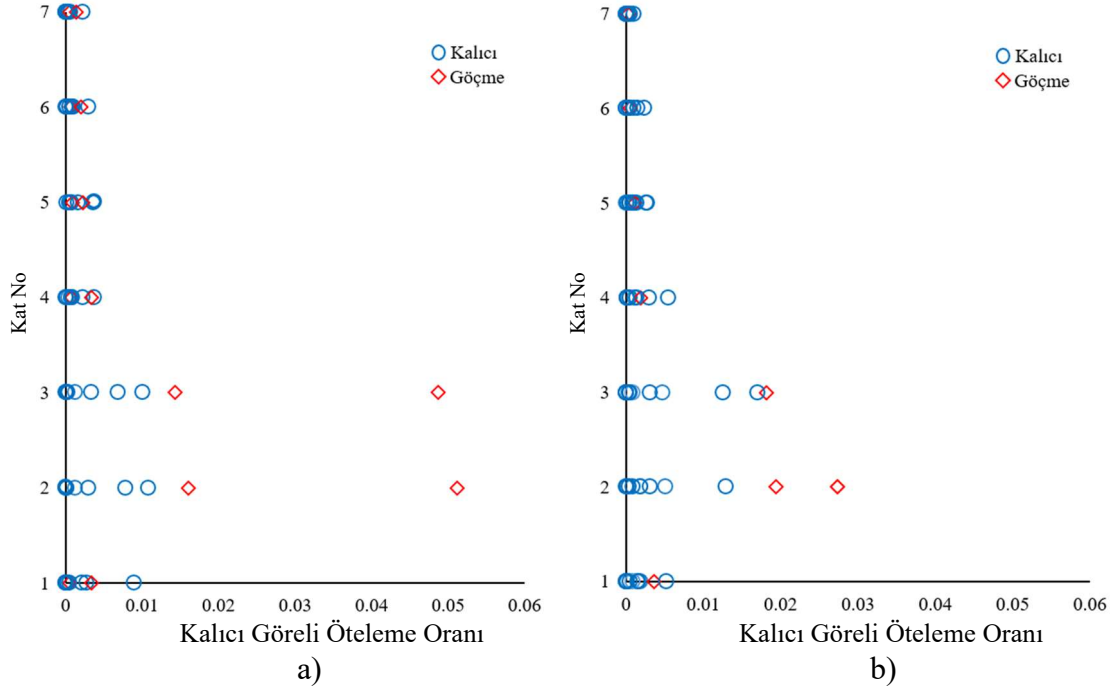
- 7KB_S binalarında da VSS ilave edilmesiyle birlikte maksimum görelî öteleme oranlarında belirgin düşüşler meydana gelmiştir. 7KB_S1U, 7KB_S1Y ve 7KB_S2U binaları için elde edilen değerler sırasıyla 0.014, 0.012 ve 0.012'dir.
- 7KB_S1U binasında maksimum ortalama görelî öteleme oranı en katta iken 7KB_S1Y ve 7KB_S2U binalarında maksimum değer ikinci katta meydana gelmiştir.

Performans hedeflerini sağlayan 7KB_S binalarına ait ortalama kalıcı görelî öteleme oranlarını gösteren grafikler Şekil 3.51'de verilmiştir.



Şekil 3.51: 7KB_S binalarında ortalama kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için öngörülen performans hedefi sağlanamayan 7KB_S2Y binasında her bir deprem kaydı için elde edilen kalıcı görelî öteleme oranları Şekil 3.52'de verilmiştir. Diğer 7KB_S binalarına ait detaylı kalıcı görelî öteleme oranı grafikleri Ek-E'de verilmiştir.



Şekil 3.52: 7KB_S2Y binasında kalıcı göreli öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

- 7KB_S binalarında da VSS ilave edilmesi ortalama kalıcı göreli öteleme oranlarında belirgin düşüşler meydana getirmiştir. Başarıyla güçlendirilen 7KB_S1U, 7KB_S1Y ve 7KB_S2U binalarında bu değerler sırasıyla 0.005, 0.005 ve 0.003 olarak elde edilmiştir.
- Performans hedefine ulaşan 7KB_S binalarına ait ort. kalıcı öteleme oranları literatürde binaların deprem sonrasında kullanılabilirliği için referans alınan 0.005 değerinin altında kalmıştır [52]. Performans kriteri sağlanamayan 7KB_S2U binasında birinci kata ait ortalama kalıcı göreli öteleme oranı 0.001 olarak elde edilirken ikinci katta 0.003 olarak elde edilmiştir. Bu durum birinci katta mevcut olan yumuşak kat davranışının güçlendirmeden sonra bir üst kata taşındığını göstermektedir.

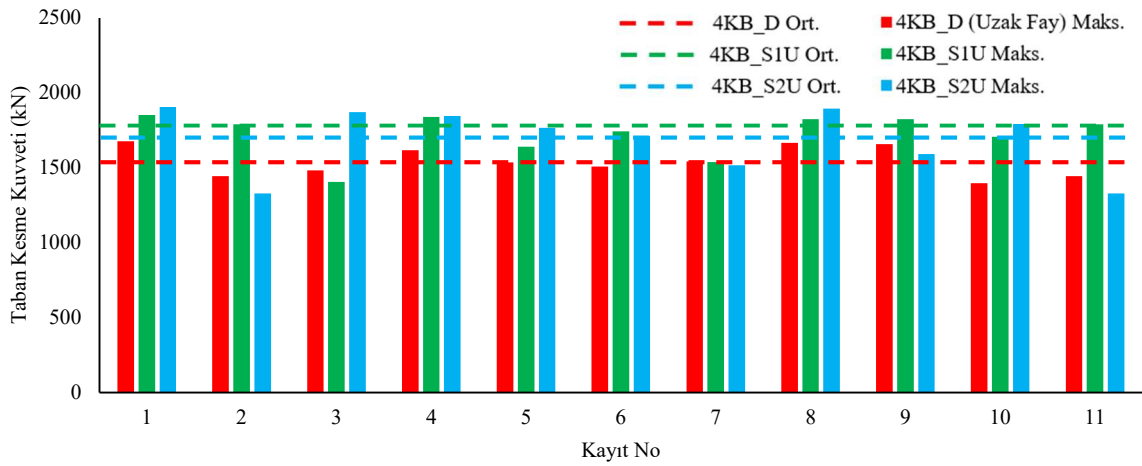
3.4.2.3 Taban kesme kuvvetleri ve kolon eksenel kuvvetleri

Güçlendirilmiş binalarda VSS'lerde oluşan eksenel kuvvetlerin yatay bileşenleri taban kesme kuvvetleri, düşey bileşenleri ise üst ucundan bağlandığı kolonların eksenel kuvvetleri üzerinde değişimlere sebep olabilmektedir. Bu değişimin mertebesini incelenen binalar için ortaya koymak amacıyla (VSS'li binalardaki) taban kesme kuvvetleri ve VSS bağlanan

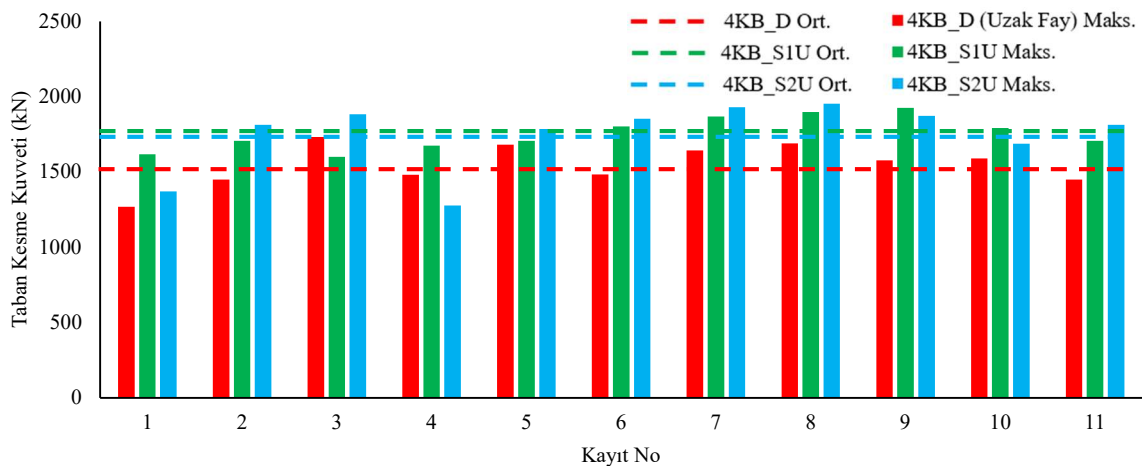
kolonlardaki eksenel kuvvetler güçlendirilmemiş binalar ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

DD-2 deprem düzeyi uzak fay deprem grubu için 4KB_D, 4KB_S1U ve 4KB_S2U binalarına ait taban kesme kuvvetleri Şekil 3.53'te, örnek bir kolonun (C15) eksenel kuvvetleri Şekil 3.54'te karşılaştırılmıştır.

- 4KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu altında oluşan ortalama taban kesme kuvveti değeri 4KB_S1U binasında %19, 4KB_S2U binasında %15 artmıştır. Maksimum artışın %30'a ulaştığı belirlenmiştir.
- 4KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için C15 kolonunda oluşan ortalama eksenel kuvvet değeri 4KB_S1U binasında %4, 4KB_S2U binasında %8 artış göstermiştir.

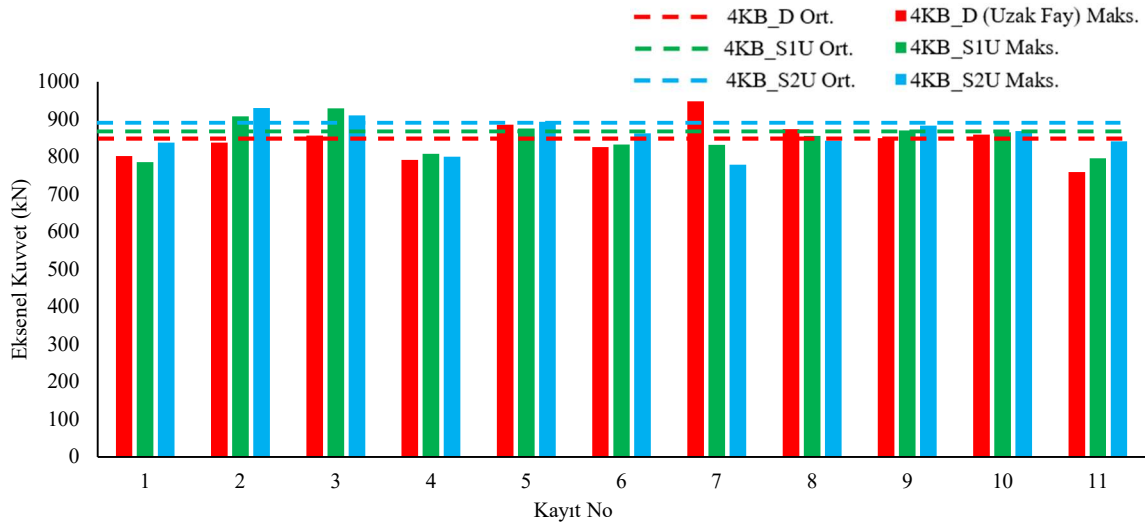


a)



b)

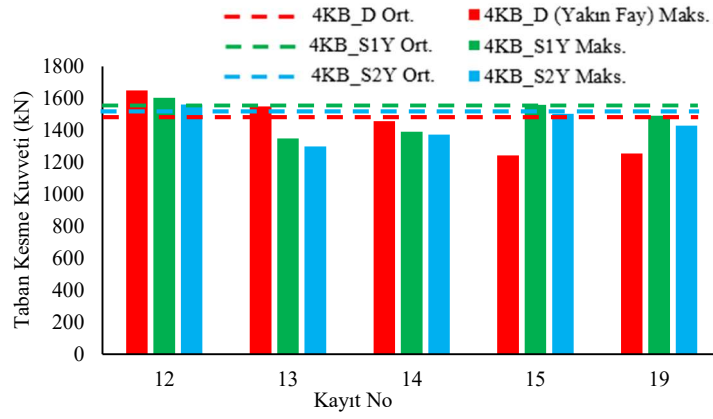
Şekil 3.53: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SU binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



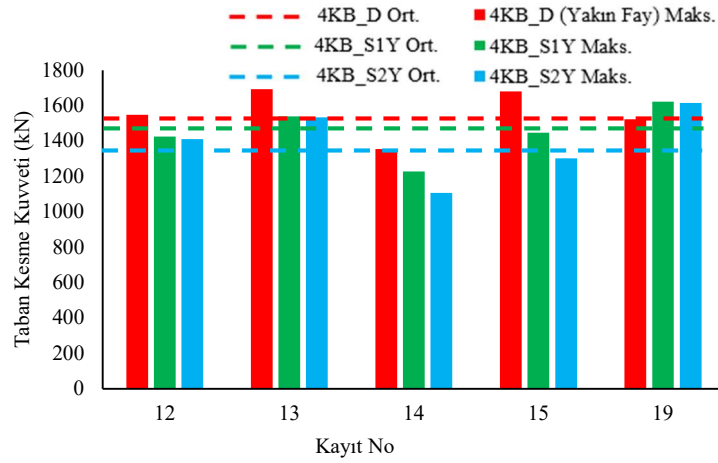
Şekil 3.54: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu maksimum eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SU binaları C15 kolonu için)

4KB_D binasında göçme oluşmayan DD-2 düzeyi yakın fay depremleri için elde edilen sonuçlar, 4KB_S1Y ve 4KB_S2Y güçlendirilmiş binalarındaki taban kesme kuvvetleri ve örnek bir kolonun (C15) eksenel kuvvetleri Şekil 3.55-3.56'da karşılaştırılmıştır.

- 4KB_D binasında DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu altında göçme oluşmayan deprem kayıtları için ortalama taban kesme kuvveti değeri 4KB_S1Y binasında %5, 4KB_S2Y binasında %15 azalmıştır.
- 4KB_D binasında DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu içinde göçme oluşmayan deprem kayıtları için C15 kolonunda oluşan ortalama eksenel kuvvet değerleri 4KB_S1Y binasında %25, 4KB_S2Y binasında %23 artış göstermiştir.
- Taban kesme kuvvetleri VSS güçlendirmesi ile genel olarak artmakla birlikte deprem karakteristiğine bağlı olarak azalma da gösterebilmiştir.
- Uzak fay deprem grubu için taban kesme kuvveti değerindeki artış yakın fay deprem grubundakine göre daha fazla oluşmuştur. Kolon eksenel kuvvet değerleri için ise bu durumun tersi sonuçlar elde edilmiştir.

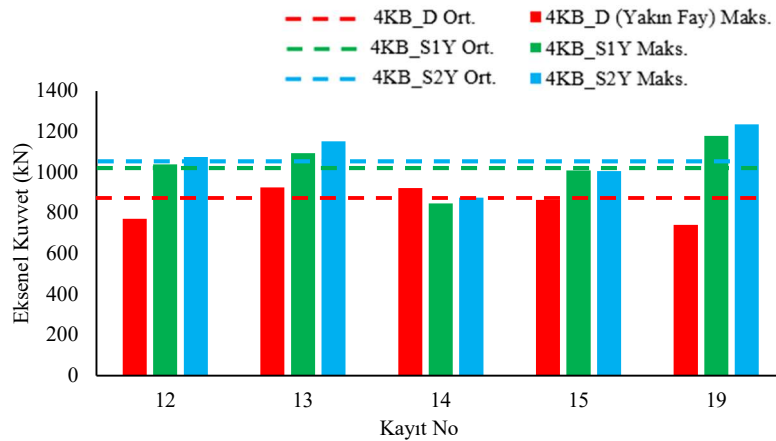


a)



b)

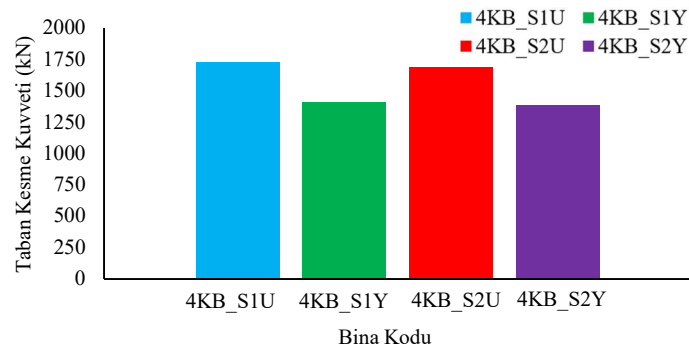
Şekil 3.55: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SY binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



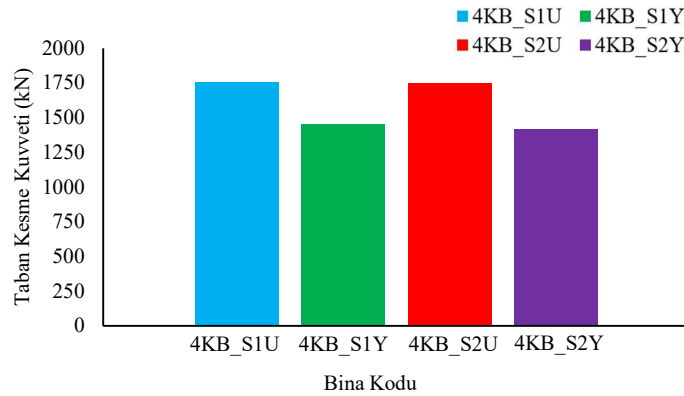
Şekil 3.56: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu maksimum eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması (4KB_D ve 4KB_SY binasında C15 kolonu için)

DD-2 deprem düzeyine maruz bırakılan tüm 4KB_S binalarına ait taban kesme kuvvetleri Şekil 3.57’de karşılaştırılmıştır.

- 4KB_S binalarında VSS’lerin kuvvet kapasiteleri aynı kalırken, sönüm katsayılarının artışı taban kesme kuvvetlerinde önemli bir değişiklik oluşturmamıştır (Şekil 3.57).
- VSS’lerin kuvvet kapasitelerinin ve sönüm katsayılarının yaklaşık 3 katına çıkması bina taban kesme kuvvetlerinde hem uzak hem de yakın fay deprem grupları için yaklaşık %25 azalmaya sebep olmuştur.



a)

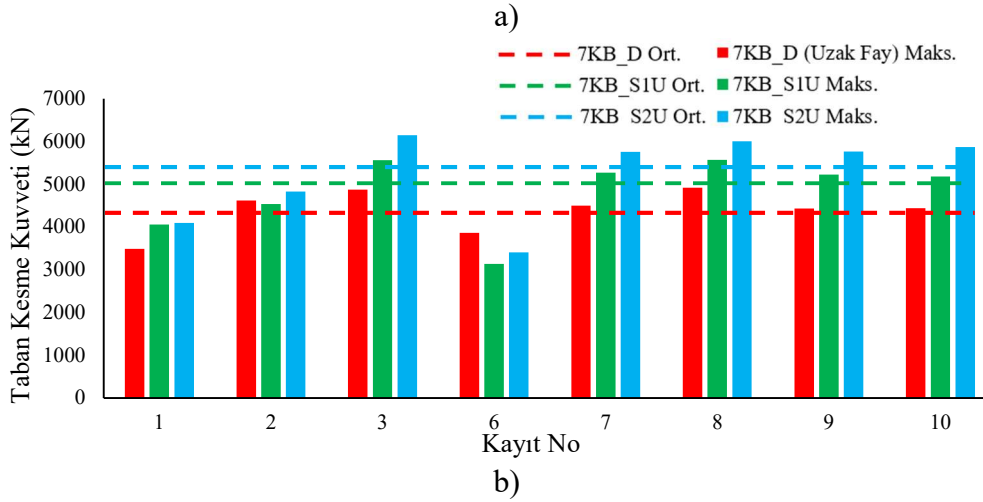
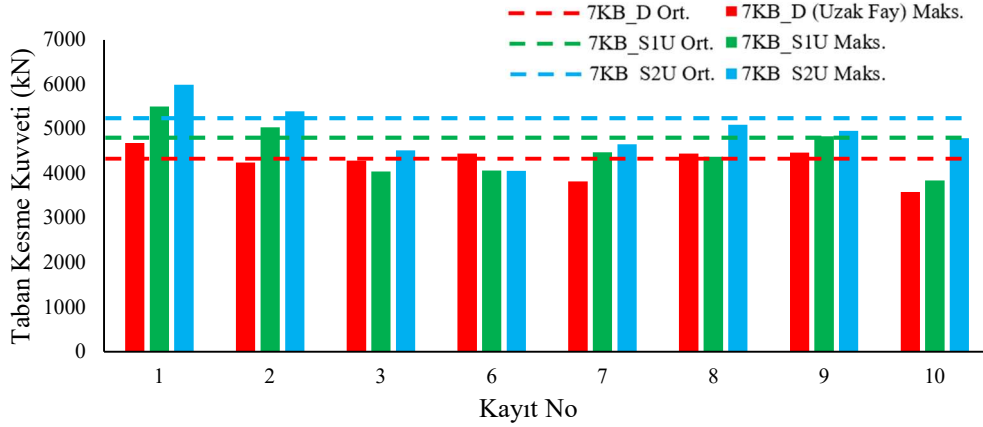


b)

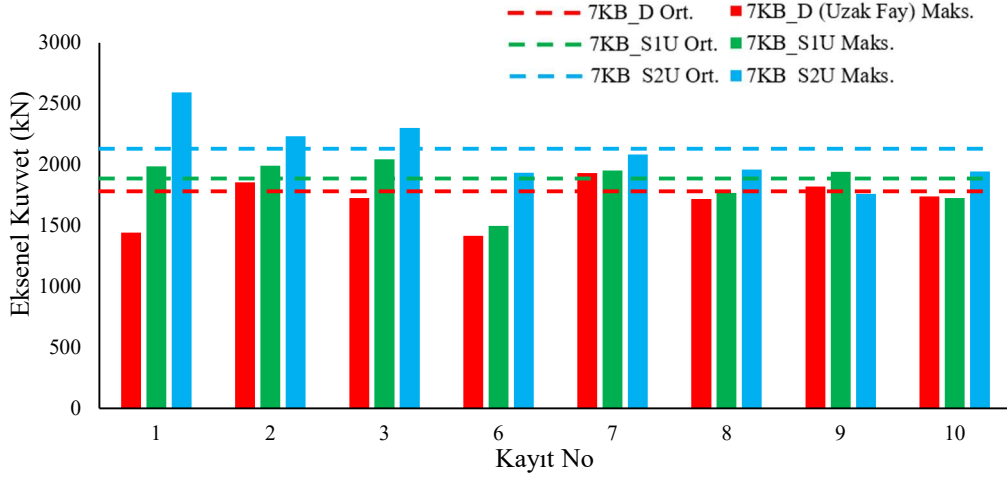
Şekil 3.57: 4KB_S binalarına ait ortalama maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

DD-2 deprem düzeyi uzak fay deprem grubu için 7KB_S1U ve 7KB_S1Y binalarına ait taban kesme kuvvetleri Şekil 3.58’de, örnek bir kolonun (C22) aksenal kuvvetleri Şekil 3.59’da karşılaştırılmıştır.

- 7KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu altında göçme oluşmayan deprem kayıtları için ortalama taban kesme kuvveti değeri 7KB_S1U binasında %15, 7KB_S2U binasında %22 artmıştır.
- 7KB_D binasında DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu altında göçme oluşmayan deprem kayıtları için C22 kolonu aksenal kuvvet değeri 7KB_S1U binasında %5, 7KB_S2U binasında %20 artmıştır.



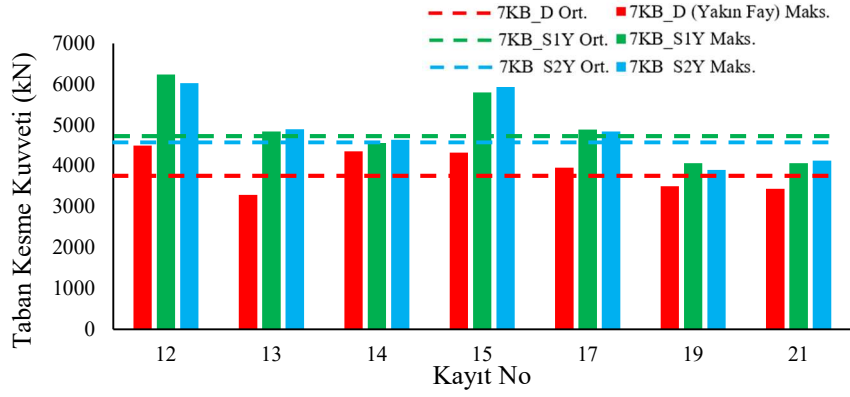
Şekil 3.58: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SU binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



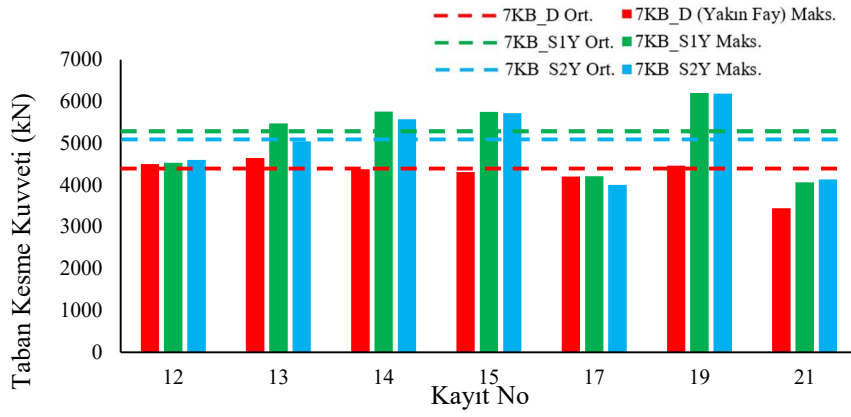
Şekil 3.59: DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu maksimum eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SU binaları C22 kolonu için)

7KB_D binasında göçme oluşmayan DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için elde edilen sonuçlar 7KB_S1Y ve 7KB_S2Y güçlendirilmiş binalarındaki taban kesme kuvvetleri ve örnek bir kolonun (C22) eksenel kuvvetleri Şekil 3.60-3.61’de karşılaştırılmıştır.

- 7KB_D binasında DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu altında göçme oluşmayan deprem kayıtları için ortalama taban kesme kuvveti değeri 7KB_S1Y binasında %25, 7KB_S2Y binasında %26 artmıştır.
- 7KB_D binasında DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu altında tüm binalarda göçme gerçekleşmeden tamamlanan deprem kayıtları için C22 kolonu eksenel kuvvet değeri 7KB_S1Y binasında %22, 7KB_S2Y binasında %20 artmıştır.
- 7KB_S binalarında yakın fay deprem grubu için taban kesme kuvvetlerinde azalma görülürken, 7KB_D binalarında artış görülmüştür.

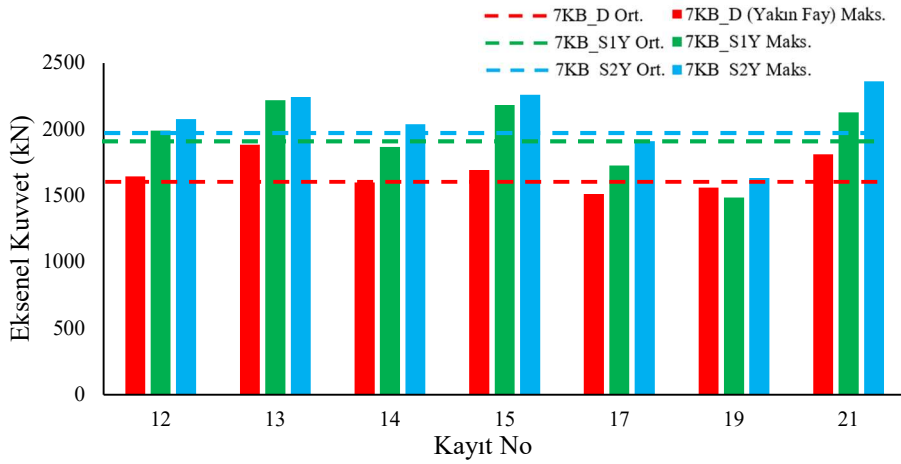


a)



b)

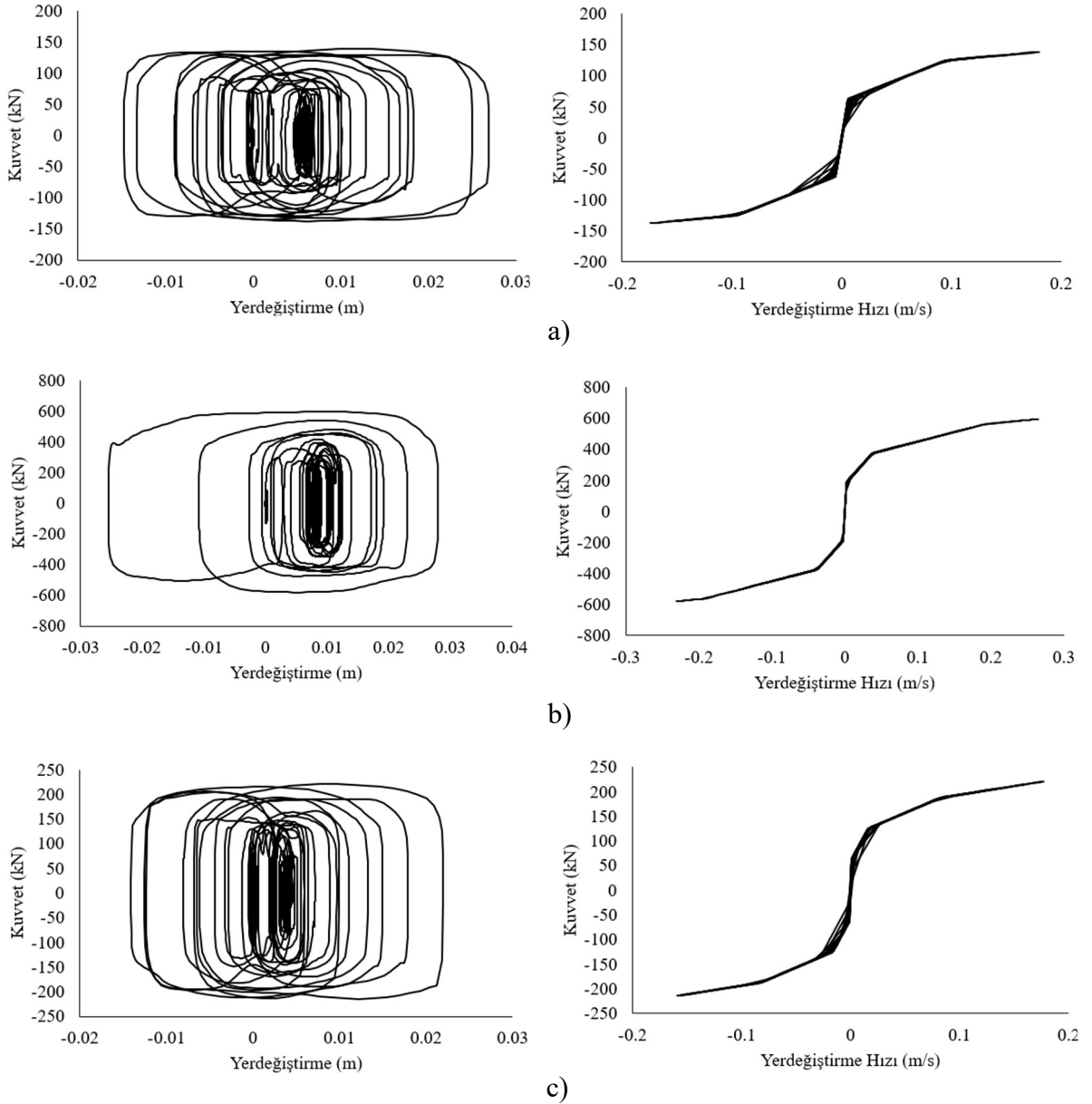
Şekil 3.60: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SY binaları için) a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



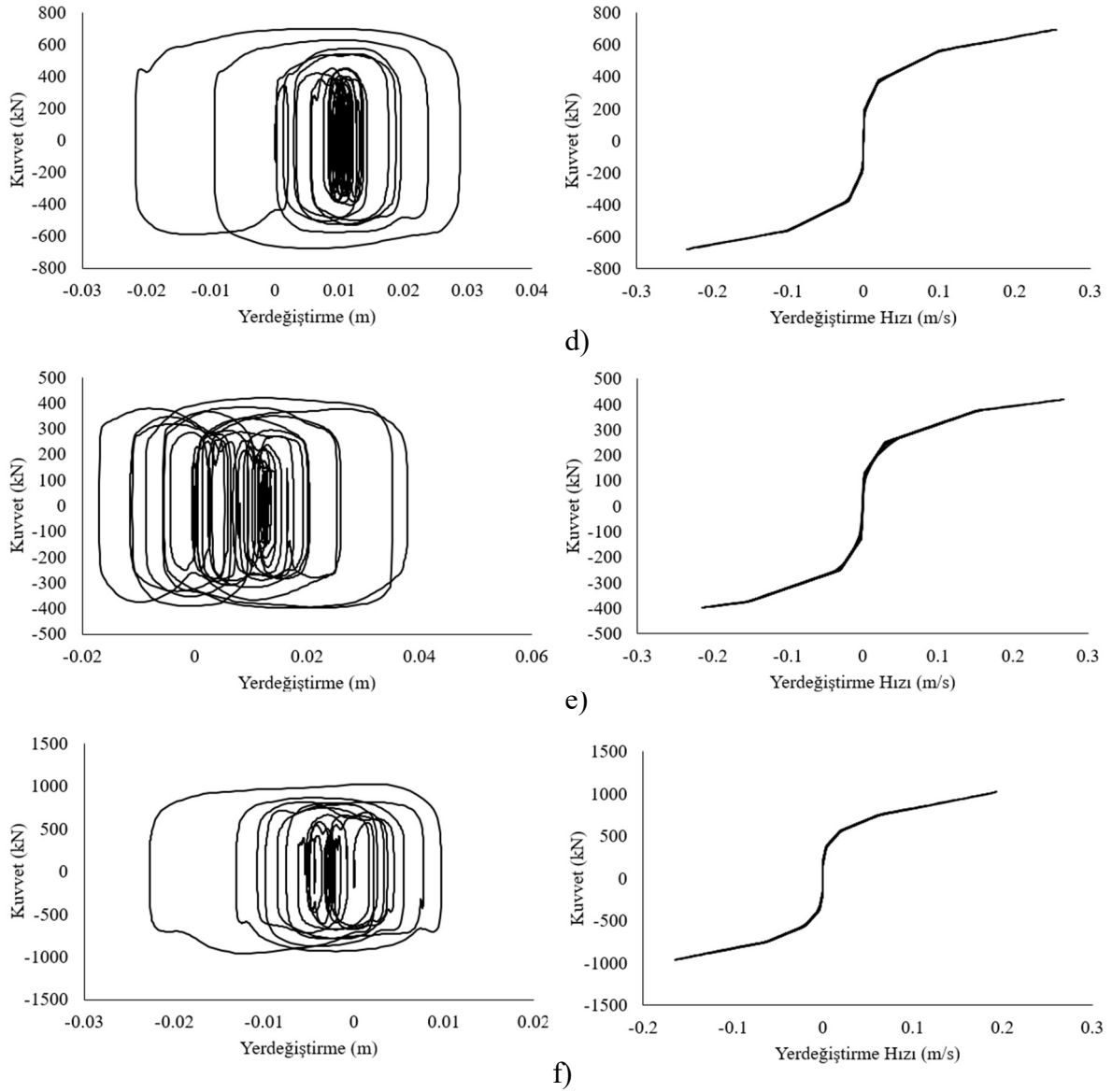
Şekil 3.61: DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu maksimum eksenel kuvvetlerin karşılaştırılması (7KB_D ve 7KB_SY binaları C22 kolonu için)

3.4.3 Binalarda VSS Davranışları

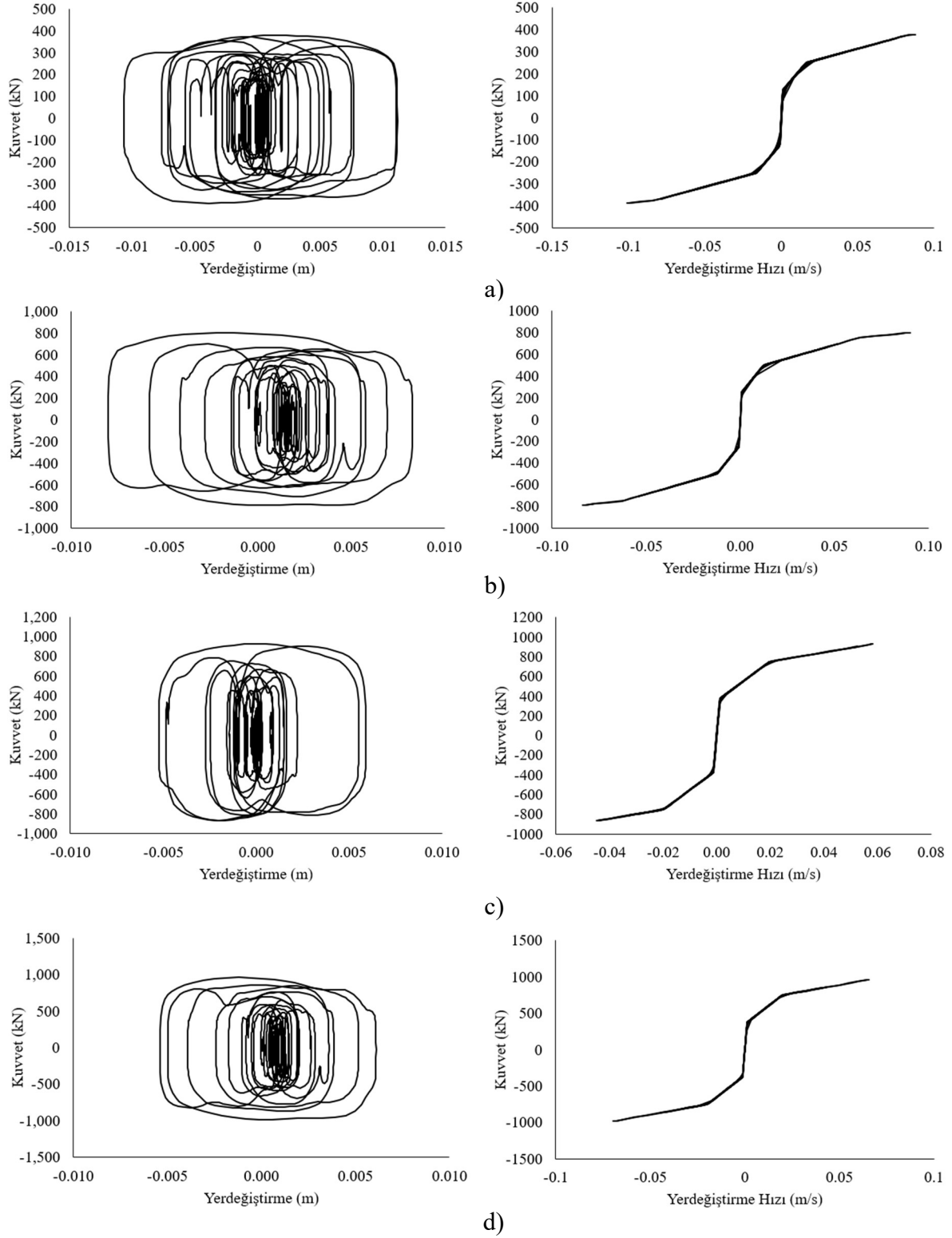
Güçlendirilen binalarda deprem düzeyinin, fay karakteristiğinin ve bina boyutunun VSS davranışları üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla her bir binadan birer VSS için kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet-hız grafikleri elde edilmiştir. Uzak fay deprem grubu için kayıt-6, yakın fay deprem karakteristiği için kayıt-19'a ait sonuçlar 4KB_S binaları için Şekil 3.62-3.63'te, 7KB_S binaları için Şekil 3.64-3.65'te verilmiştir.



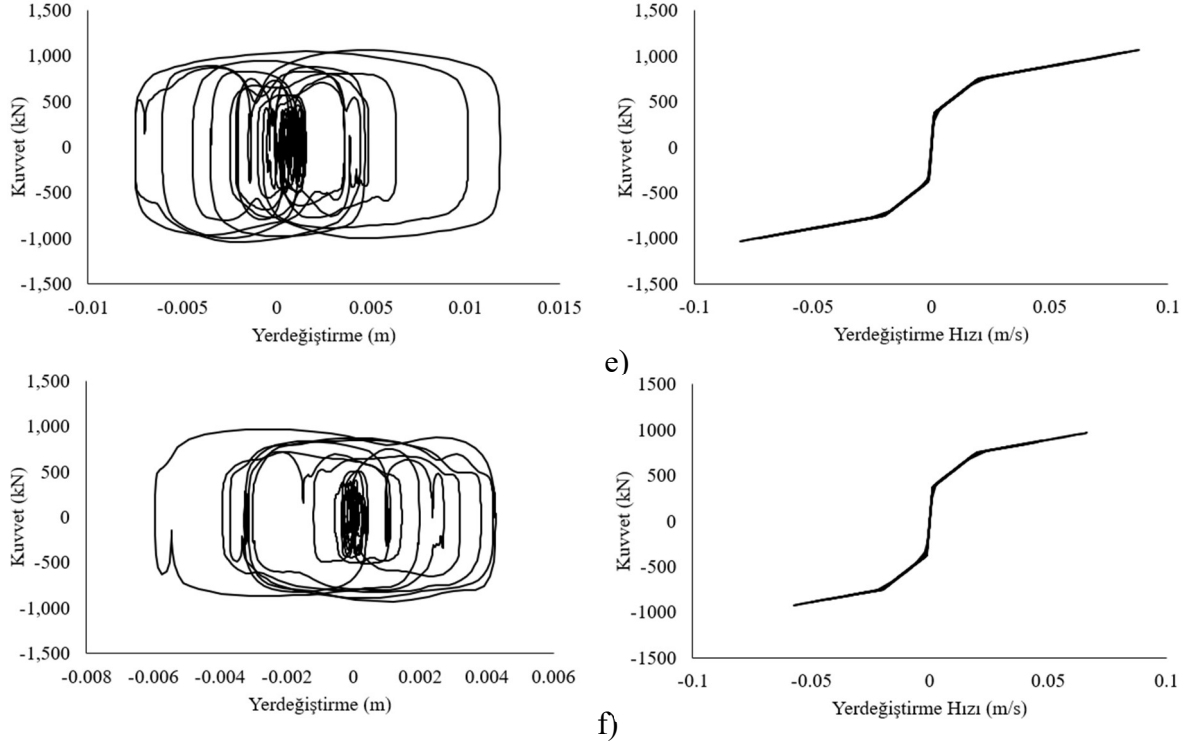
Şekil 3.62: 4KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hızı grafikleri. a) 4KB_S1U, b) 4KB_S1Y, c) 4KB_S2U



Şekil 3.63: 4KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hızı grafikleri d) 4KB_S2Y, e) 4KB_S3U, f) 4KB_S3Y

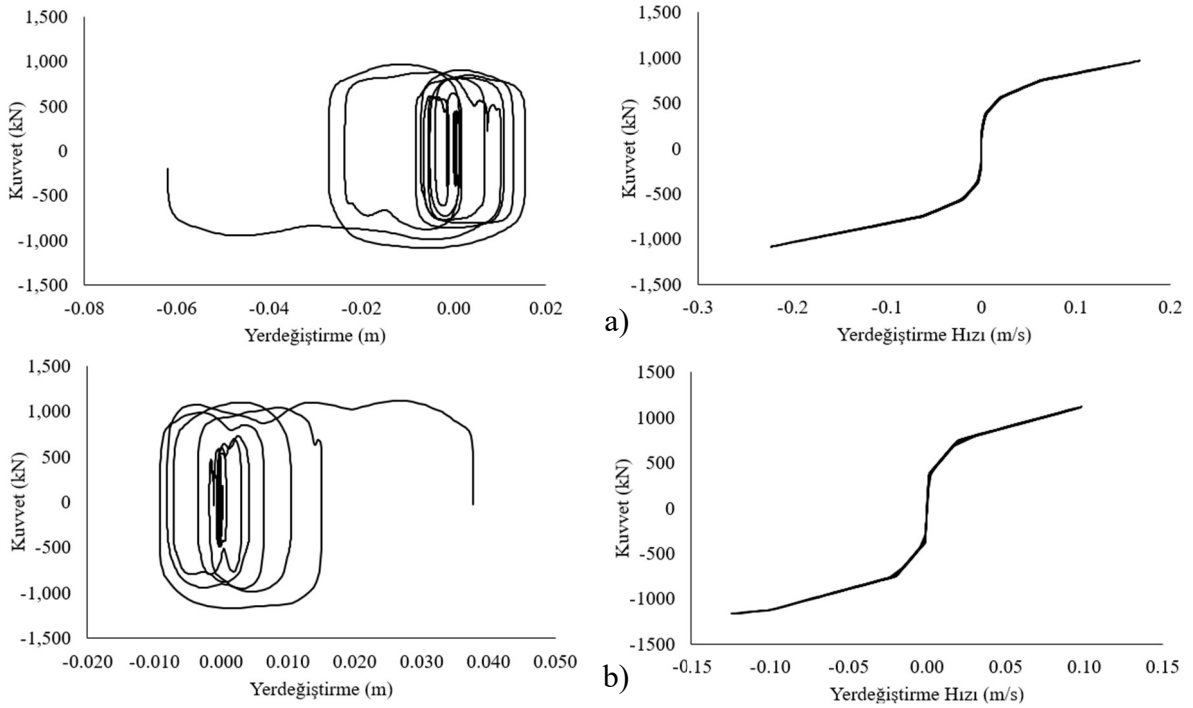


Şekil 3.64: 7KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hız grafikleri a) 7KB_S1U, b) 7KB_S1Y, c) 7KB_S2U, d) 7KB_S2Y



Şekil 3.65: 7KB_S binalarında sönümleyici kuvvet-yerdeğiştirme ve kuvvet- yerdeğiştirme hız grafikleri e) 7KB_S3U ve d) 7KB_S3Y

Göçme oluşan binalardaki VSS davranışları örnek olarak Şekil 3.66'da verilmiştir.



Şekil 3.66: Göçme oluşan binalarda kayıt-16 altında VSS davranışı. a) 4KB_S3Y, b) 7KB_S3Y

DODA sonucuna VSS'lerde oluşan kuvvet/kapasite ve yerdeğiştirme/kapasite oranları Tablo 3.19-3.20'de verilmiştir.

Tablo 3.19: 4KB_S binalarındaki VSS'lerde kuvvet ve yerdeğiştirme için talep/kapasite oranları

Bina Kodu	Kuvvet için talep/kapasite oranı			Yerdeğiştirme için talep/kapasite oranı		
	Maks.	Min.	Ort.	Maks.	Min.	Ort.
4KB_S1U	0.61	0.53	0.56	0.90	0.31	0.41
4KB_S1Y	0.83	0.65	0.72	0.98	0.16	0.35
4KB_S2U	1.01	0.82	0.89	0.70	0.25	0.33
4KB_S2Y	0.97	0.78	0.86	0.69	0.15	0.27
4KB_S3U	0.86	0.76	0.81	1.20	0.30	0.42
4KB_S3Y*	1.60	1.28	1.40	0.64	0.18	0.27

* Performans hedefini sağlamayan bina.

Tablo 3.20: 7KB_S binalarındaki VSS'lerde kuvvet ve yerdeğiştirme için talep/kapasite oranları

Bina Kodu	Kuvvet için talep/kapasite oranı			Yerdeğiştirme için talep/kapasite oranı		
	Maks.	Min.	Ort.	Maks.	Min.	Ort.
7KB_S1U	1.01	0.78	0.85	0.65	0.11	0.35
7KB_S1Y	1.03	0.75	0.86	0.53	0.08	0.20
7KB_S2U*	0.80	0.62	0.72	0.24	0.05	0.14
7KB_S2Y*	0.86	0.65	0.72	0.28	0.08	0.13
7KB_S3U*	0.88	0.71	0.80	0.40	0.12	0.20
7KB_S3Y*	0.91	0.70	0.77	0.37	0.11	0.20

* Performans hedefini sağlamayan bina.

Performans hedefini sağlayan 4KB_S binalarında ortalama talep/kapasite oranları kuvvet için 0.56-0.89 arasında, yerdeğiştirme için 0.27-0.41 arasında elde edilmiştir. 7KB_S binalarında ortalama talep/kapasite oranları kuvvet için 0.85-0.86, yerdeğiştirme için 0.20-0.35 olarak elde edilmiştir. Bazı kayıtlarda hem yerdeğiştirme hem de kuvvet için talepler kapasiteye ulaşmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada zemin kat yüksekliği artırılarak ve dolgu duvarların miktarı azaltılarak yumuşak kat düzensizliği oluşturulan dört ve yedi katlı iki betonarme binanın Viskoz Sıvılı Sönümleyici (VSS) kullanılarak güçlendirilebilirliği incelenmiştir. Bunun için binaların sadece birinci katlarında bazı açıklıklara diyagonal tipte VSS uygulaması yapılarak doğrusal olmayan dinamik analiz (DODA) ile değerlendirmeler yapılmıştır. Uzak ve yakın fay karakteristiğindeki kayıtlardan oluşan iki adet deprem grubu oluşturulmuş ve bunlar tasarım deprem düzeyi (DD-2) ve maksimum deprem düzeyi (DD-1) için ölçeklenerek binalara uygulanmıştır. Her bir binada üç adet performans hedefini sağlamaya yönelik VSS uygulaması araştırılmıştır. Birinci hedef TBDY 2018 [11]'de öngörülen ve minimum performansı hedef alan DD-2 deprem düzeyi altında Kontrollü Hasar düzeyidir. Diğer iki hedef de ileri performans hedefi olarak DD-2 deprem düzeyi altında Sınırlı Hasar performans düzeyinin sağlanması ve DD-1 deprem düzeyi altında Göçmenin Önlenmesi performans düzeyinin sağlanması öngörülmüştür. Çalışmada performans düzeylerinin yanısıra maksimum ve kalıcı görelî öteleme oranları ile taban kesme kuvvetleri ve kolon eksenel kuvvetlerinde VSS uygulamasının etkileri incelenmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- İncelenen binalarda sadece birinci kat yüksekliğinin artırılması TBDY-2018'e göre tasarım aşamasında rijitlik düzensizliği oluşturmamıştır. Dolgu duvarların modellendiği doğrusal olmayan statik analizde (DOSA) dahi elastik aşamada rijitlik düzensizliği oluşmamış, birinci kat kolonlarındaki plastikleşmelerin ilerlemesi sonrasında η_{ki} düzensizlik sınırı olan 2.0 aşılmıştır. DODA değerlendirmelerinde ise deprem yer hareketinin başlangıç aşamalarında düzensizlik katsayısının 2.0'yi aştığı, yakın fay depremlerinde 5.0'lere ulaştığı görülmüştür. Bu sonuçlar DODA özelliklerinin (iki doğrultulu deprem etkisi, rijitlik azalmalarının etkisi, fay uzaklıklarının) etkisi olduğunu göstermiştir.
- Güçlendirilmemiş dolgu duvarlı binalar TBDY 2018 [11] performans kriterlerine göre değerlendirildiğinde; 4KB_D binasının uzak fay deprem grubu için Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyini sağlayabildiği, 7KB_D binasının ise çok sayıda deprem kaydı için göçme durumuna geldiği belirlenmiştir. Yakın fay depremleri dört katlı binada çok etkili olmamakla birlikte her iki binada da göçme durumlarını arttırmıştır.

- Güçlendirilmemiş dolgu duvarlı binaların göçme şekilleri birinci kat mekanizması (aşırı öteleme) ve/veya kolon dönme kapasitelerinin sonlanması nedeniyle gerçekleşmiştir.
- Güçlendirilmiş 4KB_S binaları TBDY 2018 performans kriterlerine göre değerlendirildiğinde 4KB_S3Y haricindeki tüm binaların hedeflenen performans kriterini sağladığı, 7KB_S binalarında ise yalnızca yönetmelikte öngörülen DD-2 düzeyi için Kontrollü Hasar performans düzeyinin sağlandığı belirlenmiştir. Performans hedefi sağlanamayan binalarda sebebin birinci katın VSS'ler ile yeterince güçlendirilmesi ancak yumuşak kat düzensizliğinin bir üst kata taşınması olduğu görülmüştür.
- ASCE 41-23 [33] performans kriterleri TBDY 2018'e göre daha büyük plastik dönme sınırları içerdiği için bazı 4KB_S binalarında hedeflenenden daha iyi performans düzeyleri elde edilmiştir.
- DODA ile yapılan analizlerde 4KB_D ve 7KB_D binalarının birinci katlarına ait maksimum görelî öteleme oranları beklendiği gibi üst katlara göre daha fazla elde edilmiştir. Güçlendirilen binalarda ise bu durum kullanılan VSS kapasitelerine göre farklılık göstermiştir. Birinci katta performans düzeyini sağlamak için VSS kapasiteleri çok fazla arttırıldığında yumuşak kat davranışı bir üst kata taşınmıştır.
- Güçlendirilen binaların maksimum görelî öteleme oranlarında belirgin düşüşler meydana gelmiştir. DD-2 düzeyi deprem grupları için göçme oluşmayan durumlarda rijitlik düzensizliği bulunan kattaki maksimum görelî öteleme oranları, güçlendirilmemiş binalara göre 4KB_S binalarında %20-%50 arasında, 7KB_S binalarında %20-%45 arasında azalmıştır. Bu sonuçlar VSS uygulamasının görelî öteleme oranlarını azaltmada oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.
- Güçlendirilen binaların kalıcı görelî kat öteleme oranlarında belirgin düşüşler meydana gelmiştir. Her iki binada da (4KB_S ve 7KB_S) tasarım depremi altında elde edilen ort. kalıcı görelî öteleme oranlarının deprem sonrasında kullanılabilirlik sınırı olarak referans gösterilen 0.005 değerinin altında kaldığı görülmüştür.
- Yalnızca birinci kata VSS uygulaması binaların maksimum taban kesme kuvveti değerlerinde güçlendirilmemiş binalara göre genel olarak artışlar meydana getirmiştir. Bazı deprem kayıtlarında %30'a kadar ulaşan bu artış ortalama olarak %10-%20 arasındadır. VSS'lerin bağlı olduğu kolon aksel kuvvetlerinde de

artışlar meydana gelmiştir. Ancak kolonlarda gözlenen artışların hasar düzeyini değiştirmeyecek mertebede kaldığı söylenebilmektedir.

- Binaların maksimum görelî öteleme ve kalıcı öteleme oranlarında fay uzaklığı etkili olmuştur. Yakın fay deprem grubu için daha yüksek kapasiteli VSS'ler kullanılmasına rağmen yakın fay deprem grubuna ait sonuçlar uzak fay deprem grubuna ait sonuçlardan daha elverişsiz elde edilmiştir.
- Kat sayısının artması VSS kapasitelerini ve sayısını arttırmıştır. 4KB_S binalarında birinci katta yalnızca 4 adet VSS uygulanırken 7KB_S binalarında 8 adet uygulanmıştır.
- İleri performans hedeflerini sağlamaya yönelik VSS uygulamalarında dört katlı bina için büyük ölçüde başarı sağlanırken yedi katlı binada tümü başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Hatta 7KB_S2U binasında performans Göçmenin Önlenmesi düzeyine düşmüş, 7KB_S2Y binasında ise yüksek kapasiteli VSS kullanımı binanın göçmesine sebep olmuştur. Bu sonuçlar güçlendirme amacıyla belirli bölgelere VSS uygulamalarının bina özelinde, performans düzeyi ve fay uzaklıkları esas alınarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Sonuç olarak yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme binaların belirli performans düzeylerini sağlayacak şekilde VSS cihazları kullanarak güçlendirilebileceği gösterilmiştir. Konu hakkında gelecek çalışmalar için öneriler aşağıda verilmiştir.

- Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar yumuşak kat düzensizliği dışında hiçbir düzensizliği bulunmayan her iki doğrultusu simetrik iki bina ile sınırlıdır. Pratikte karşılaşılan farklı plan özelliklerine ve kat sayılarına sahip binalar için benzer çalışmaların yapılması uygun olacaktır.
- Çalışmada VSS uygulamalarının sadece birinci kata yapılmış olması nedeniyle oluşan ilave taban kesme kuvvetlerinin ilgili kolon veya temellere aktarılması ile ilgili olarak birleşim detaylarının ayrıca incelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bununla bağlantılı olarak VSS bağlanan düğüm noktasındaki kırılganlığa olan etkilerin de rijit diyafram içermeyen sonlu eleman modelleri ile incelenmesi uygun olacaktır.
- Yumuşak kat düzensizliğinin giderilmesinde potansiyel bir pratik güçlendirme aracı olabileceği gösterilen VSS uygulamalarının geleneksel yöntemlerle maliyet karşılaştırmaları yapılması da bu sistemlerin yaygınlaşması bakımından önem arz etmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] **H. Mugurama, M. Nishiyama, and F. Watanabe**, “Lessons learned from the Kobe Earthquake-A Japanese perspective,” *PCI J.*, vol. 40, no. 4, pp. 40–49, Aug. 1995.
- [2] **A. Bosi, F. Marazzi, A. Pinto, and G. Tsionis**, “The L’Aquila (Italy) earthquake of 6 April 2009: Report and analysis from a field mission,” European Commission, Joint Research Centre, *JRC Scientific and Technical Reports*, EUR 24558 EN, 2011.
- [3] **C. Scawthorn and G. S. Johnson**, “Preliminary report: Kocaeli (Izmit) earthquake of 17 August 1999,” *Engineering Structures*, vol. 22, no. 7, pp.. 727–745
- [4] **A.A. Özacar, N. Kaymakçı, D. S. Akkar, A. Azari, Ö. Kale, M. A. Sandıkkaya, et al.**, “23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van Depremi: Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Saha Gözlemleri,” Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Teknik Rapor, Ankara, Kas.2011.
- [5] **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi**, “İzmir Depremi Raporu,” TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye, 2020.
- [6] **Z. Gülerce, A. Askan Gündoğan, Ö. Kale, M. A. Sandıkkaya, N. S. Işık, A. A. Özacar ve K. Ö. Çetin**, “6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık Mw=7.7 ve Elbistan Mw=7.6 Depremleri Ön Değerlendirme Raporu,” Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara, Türkiye, Şubat 2023.
- [7] **American Society of Civil Engineers**, “Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures”, *ASCE/SEI 7-22*, Reston, VA, USA, 2022.
- [8] **Standards New Zealand**, “NZS 1170.5 (2004) Structural Design Actions Part 5: Earthquake Actions,” Wellington, NZ, 2004.
- [9] **European Committee for Standardization**, “EN 1998-1 (2004): Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance-Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings,” 2004.
- [10] **Japan Structural Consultants Association (JSCA)**, “Design Methodologies for Response Controlled Structures”, *JSCA Specifications*, Tokyo, Japan, Dec. 2000.
- [11] **Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)**, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Resmi Gazete, Sayı: 30364 (Mükerrer), Ankara, 18 Mart 2018.
- [12] **S. S. Tezcan and A. Yazıcı**, *Soft Storey Dilemma in Earthquake Resistant Design*, Türkiye Deprem Vakfı, TDV/KT 019-67, April 2001.

- [13] **S. Tezcan, A. Yazıcı, Z. Özdemir ve A. Erkal**, “Zayıf Kat–Yumuşak Kat Düzensizliği,” *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16–20 Ekim 2007, İstanbul, Türkiye, ss. 339–350.
- [14] **M. C. Constantinou and M. D. Symans**, “Seismic response of structures with supplemental damping,” *Structural Design of Tall Buildings*, vol. 2, pp. 77–92, 1993.
- [15] **M. C. Constantinou, T. T. Soong and G. F. Dargush**, *Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit*, MCEER Monograph No. 1, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, Buffalo, NY, 1998.
- [16] **M. D. Symans, F. A. Charney, A. S. Whittaker, M. C. Constantinou, C. A. Kircher, M. W. Johnson, and R. J. McNamara**, “Energy dissipation system for seismic applications: Current practice and recent developments,” *Journal of Structural Engineering*, vol. 134, pp. 3–21, 2008.
- [17] **V. H. Akansel**, “Effect of soft story on seismic performance of reinforced concrete building,” Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2017.
- [18] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar (TDY)*,” Ankara, Türkiye, 2007.
- [19] **International Code Council, Inc.**, *International Building Code (IBC)*, USA, 2009.
- [20] **I. Avcı**, “Orta yükseklikteki betonarme binada yumuşak kat düzensizliğinin doğrusal elastik olmayan analizle araştırılması,” Y. L. Tezi, Pamukkale Üniv., Denizli, Türkiye, 2018.
- [21] **Deprem Mühendisliği Türkiye Milli Komitesi**, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik: Nihai Deprem Yönetmeliği*, Ankara, Türkiye, 1997.
- [22] **N. Khanal, S. G. Singh, and S. Wagley**, “Seismic consideration of soft story in RC frame building using various national code,” *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 10, no. 9, pp. 343-352, Sep. 2019.
- [23] **American Society of Civil Engineers**, *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, ASCE/SEI 41-13, Reston, VA, USA, 2013.
- [24] **S. Mahmoud, M. Genidy and H. Tahooun**, “Time-history analysis of reinforced concrete frame buildings with soft storeys,” *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 42, pp. 1201–1217, Nov. 2017.
- [25] **V. Gioncu and F. Mazzolani**, *Earthquake Engineering for Structural Design*, CRC Press, 2010.

- [26] **H. A. Beigi, C. Christopoulos, T. Sullivan and M. Calvi**, “Seismic response of a case study soft story frame retrofitted using a GIB system,” *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 44, pp. 997–1014, Oct. 2015.
- [27] **S. Vahedi, P. Javadi and M. H. Hosseini**, “Seismic evaluation of a nonductile soft-first-story RC building retrofitted with steel-braced frames,” *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 33, no. 6, pp. 04019032, Ara. 2019.
- [28] **M. C. Constantinou and M. D. Symans**, “Experimental and analytical investigation of seismic response of structures with supplemental fluid viscous dampers,” *National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER)*, Technical Report No. NCEER-92-0032, Buffalo, NY, ABD, Dec. 1992.
- [29] **K. Kasai, H. Ito, Y. Ooki, T. Hikino, K. Kajiwara, S. Motoyui, H. Ozaki and M. Ishii**, “Full-scale shake table tests of 5-story steel building with various dampers,” *Proceedings of the 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE)*, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, Mar. 2010.
- [30] **A. C. Lamprea-Pineda and L. F. Garzón-Amórtégui**, “Nonlinear viscous fluid damping devices in the seismic design of buildings,” *Politecnico di Milano*, M.S.c Thesis, Milano, Italy, 2018.
- [31] **J. M. Jara, E. J. Hernández, B. A. Olmos and G. Martínez**, “Building damages during the September 19, 2017 earthquake in Mexico City and seismic retrofitting of existing first soft-story buildings,” *Engineering Structures*, vol. 209, pp. 109977, April 2020.
- [32] **H. K. Miyamoto and R. E. School**, “Case study: Seismic rehabilitation of a non-ductile soft story concrete structure using viscous dampers,” *Proceedings of the 11th World Conference on Earthquake Engineering*, Acapulco, Mexico, 1996.
- [33] **American Society of Civil Engineers**, *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, ASCE/SEI 41-23, Reston, VA, USA, 2023.
- [34] **T. T. Soong and M. C. Constantinou**, "Passive and Active Structural Vibration Control in Civil Engineering," *CISM International Centre for Mechanical Sciences*, vol. 345, Springer-Verlag, Wien, 1994.
- [35] **J. Men, J. Wang, Q. Zhang, D. Fan, Q. Zhou and C.-H. Huang**, “Experimental and numerical study on cyclic behavior of a shape-optimized composite metallic yield damper with two-phase energy dissipation,” *Structures*, vol. 47, pp. 1012–1029, Jul. 2023.

- [36] **K. L. Shen and T. T. Soong**, “Modeling of viscoelastic dampers for structural applications,” *Journal of Engineering Mechanics*, vol. 121, no. 6, pp. 694–701, Jun. 1995.
- [37] **D. P. Taylor**, “Fluid dampers for applications of seismic energy dissipation and seismic isolation,” *Proceedings of the 11th World Conference on Earthquake Engineering*, Acapulco, Mexico, 1996.
- [38] **Taylor Devices Inc.**, “Fluid viscous dampers: General guidelines for engineers including a brief history,” 2024. [Online]. Access Address: <https://www.taylordevices.com/wp-content/uploads/65-Viscous-Damper-Dev.pdf>
- [39] **D. I. Narkhede and R. Sinha**, “Behavior of nonlinear fluid viscous dampers for control of shock vibrations,” *Journal of Sound and Vibration*, vol. 333, no. 1, pp. 80–98, Jan. 2014.
- [40] **Taylor Devices Inc.**, “Fluid viscous dampers,” [Online]. Access Address: <https://www.taylordevices.com/products/fluid-viscous-dampers/>. [Access Date: 21 May 2025].
- [41] **CEN-CENELEC Management Centre**, “BS EN 15129:2018 - Anti-seismic devices,” Rue de la Science 23, B-1040 Brussels, Belgium, 2018.
- [42] **European Committee for Standardization (CEN)**, “Design of structures for earthquake resistance: Part 1, Eurocode-8,” Brussels, 1998.
- [43] **S. Yıldırım, M. D. Güler, C. Özer, F. Sütçü, C. Alhan ve B. Erkuş**, “Sönümleyicili yapıların deprem tasarımı, Bölüm I: Uluslararası yönetmeliklerin incelenmesi,” *5th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology (5ICEES)*, 8–11 Ekim 2019, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- [44] **K. Kasai and M. Kibayashi**, “JSSI manual for building passive control technology Part 1: Manual contents and design/analysis methods,” *Proc. 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada, August 2004.
- [45] **Prota Yazılım A.Ş.**, *ProtaStructure*, Ankara, Türkiye, 2023.
- [46] **Türk Standardları Enstitüsü**, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS 500)*, Ankara, Türkiye, Şubat 2000.
- [47] **Computers and Structures, Inc.**, *PERFORM-3D*, Berkeley, California, ABD, 2023.
- [48] **American Concrete Institute**, *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings—Code and Commentary (ACI 369.1-22)*, Farmington Hills, Michigan, ABD, 2022.

- [49] **Imbsen & Associates, Inc.**, XTRACT v3.0.8: Nonlinear Analysis of Structural Cross Sections, Sacramento, CA, USA, 2012.
- [50] **A. Stavridis**, “Analytical and experimental study of seismic performance of reinforced concrete frames infilled with masonry walls,” Ph.D. dissertation, Dept. Structural Eng., Univ. California, San Diego, CA, USA, 2009.
- [51] **Pacific Earthquake Engineering Research Center**, “NGA-West2 Database,” [Online]. Available: <https://ngawest2.berkeley.edu/> [Accessed: May 2025].
- [52] **J. McCormick, H. Aburano, M. Ikenaga and M. Nakashima**, “Permissible residual deformation levels for building structures considering both safety and human elements,” in *Proc. 14th World Conf. on Earthquake Engineering*, Beijing, Çin, Ekim 2008.

EKLER

EK A: Kiriş Donatıları

Tablo A.1: 4KB binası kirişlerine ait donatı bilgileri

Kiriş	Kat	Kesit	Üst Düz	Üst/Sol İlave	Üst/Sag İlave	Alt Düz	Alt/Sol İlave	Alt/Sag İlave
K101	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø20	2ø18	2ø12	-
K102	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K103	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K104	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K105	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12
K106	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	-
K107	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K108	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12
K109	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	-
K110	1	25/50	2ø14	1ø24	1ø20	2ø18	2ø12	-
K111	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K112	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K113	1	25/50	2ø14	1ø24	1ø20	2ø18	2ø12	-
K114	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K115	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K116	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K117	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12
K118	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	-
K119	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K120	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12
K121	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	
K122	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø20	2ø18	2ø12	-
K123	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K124	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K201	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K202	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-
K203	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K204	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K205	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K206	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K207	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K208	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K209	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K210	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K211	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-
K212	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K213	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K214	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-

Tablo A.1: 4KB binası girişlerine ait donatı bilgileri (devamı)

Kiriş	Kat	Kesit	Üst Düz	Üst/Sol İlave	Üst/Sag İlave	Alt Düz	Alt/Sol İlave	Alt/Sag İlave
K215	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K216	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K217	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K218	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K219	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K220	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K221	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K222	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K223	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-
K224	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K301	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-
K302	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K303	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K304	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K305	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K306	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K307	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K308	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K309	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K310	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-
K311	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K312	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K313	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-
K314	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K315	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K316	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K317	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K318	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K319	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K320	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K321	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K322	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-
K323	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K324	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K401	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K402	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K403	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K404	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K405	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K406	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K407	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-

Tablo A.1: 4KB binası kirişlerine ait donatı bilgileri (devamı)

Kiriş	Kat	Kesit	Üst Düz	Üst/Sol İlave	Üst/Sag İlave	Alt Düz	Alt/Sol İlave	Alt/Sag İlave
K408	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K409	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K410	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K411	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K412	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K413	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K414	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K415	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K416	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K417	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K418	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K419	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K420	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K421	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K422	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K423	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K424	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-

Tablo A.2: 7KB binası kirişlerine ait donatı bilgileri

Kiriş	Kat	Kesit	Üst Düz	Üst/Sol İlave	Üst/Sag İlave	Alt Düz	Alt/Sol İlave	Alt/Sag İlave
K101	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø20	2ø18	2ø12	-
K102	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K103	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K104	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K105	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12
K106	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	-
K107	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K108	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12
K109	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	-
K110	1	25/50	2ø14	1ø24	1ø20	2ø18	2ø12	-
K111	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K112	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K113	1	25/50	2ø14	1ø24	1ø20	2ø18	2ø12	-
K114	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K115	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K116	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K117	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12
K118	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	-
K119	1	25/50	2ø14	2ø26	1ø26	2ø20	-	2ø12
K120	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø26	2ø14	2ø12	2ø12

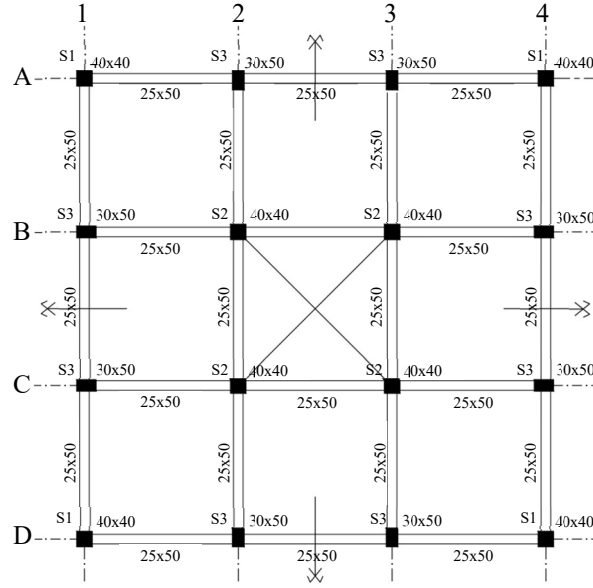
Tablo A.2: 7KB binası girişlerine ait donatı bilgileri (devamı)

Kiriş	Kat	Kesit	Üst Düz	Üst/Sol İlave	Üst/Sag İlave	Alt Düz	Alt/Sol İlave	Alt/Sag İlave
K121	1	25/50	2ø14	1ø26	2ø26	2ø20	2ø12	
K122	1	25/50	2ø14	1ø26	1ø20	2ø18	2ø12	-
K123	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø20	2ø14	-	-
K124	1	25/50	2ø14	1ø20	1ø26	2ø18	-	2ø12
K201	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K202	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-
K203	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K204	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K205	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K206	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K207	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K208	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K209	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K210	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K211	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-
K212	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K213	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K214	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-
K215	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K216	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K217	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K218	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K219	2	25/50	2ø14	1ø26	1ø22	2ø16	2ø12	2ø12
K220	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø22	2ø14	2ø12	2ø12
K221	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø26	2ø16	2ø12	2ø12
K222	2	25/50	2ø14	1ø22	1ø16	2ø16	-	-
K223	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø16	2ø14	-	-
K224	2	25/50	2ø14	1ø16	1ø22	2ø16	-	-
K301	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-
K302	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K303	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K304	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K305	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K306	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K307	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K308	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K309	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K310	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-
K311	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K312	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K313	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-

Tablo A.2: 7KB binası girişlerine ait donatı bilgileri (devamı)

Kiriş	Kat	Kesit	Üst Düz	Üst/Sol İlave	Üst/Sag İlave	Alt Düz	Alt/Sol İlave	Alt/Sag İlave
K314	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K315	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K316	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K317	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K318	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K319	3	25/50	2ø14	1ø22	1ø18	2ø14	2ø12	-
K320	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø18	2ø14	-	-
K321	3	25/50	2ø14	1ø18	1ø22	2ø14	-	2ø12
K322	3	25/50	2ø14	1ø16	1ø12	2ø14	-	-
K323	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K324	3	25/50	2ø14	1ø12	1ø16	2ø14	-	-
K401	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K402	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K403	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K404	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K405	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K406	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K407	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K408	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K409	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K410	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K411	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K412	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K413	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K414	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K415	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K416	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K417	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K418	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K419	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K420	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K421	4	25/50	2ø14	1ø12	1ø12	2ø14	-	-
K422	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K423	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-
K424	4	25/50	2ø14	-	-	2ø14	-	-

EK B: Plastik Mafsallı Özellikleri



Şekil B.1: 4KB binasında kolon isimleri

S1-P70	S19	S19	S3-P120	S19	S19	S19	S19	S1-P70
S1-P150	S14	S14	S3-P240	S14	S14	S14	S14	S1-P150
S1-P230	S12	S13	S3-P360	S14	S14	S13	S12	S1-P230
S1-P310	S6	S7	S3-P480	S8	S8	S7	S6	S1-P310
a)				b)				
S3-P120	S19	S19	S2-P185	S19	S19	S19	S19	S3-P120
S3-P240	S17	S18	S2-P365	S18	S18	S18	S17	S3-P240
S3-P360	S15	S16	S2-P560	S17	S17	S16	S15	S3-P360
S3-P480	S9	S10	S2-P750	S11	S11	S10	S9	S3-P480

Şekil B.2: 4KB binasında plastik inde mafsallı kodları. a) A-A aksı, b) B-B aksı

Tablo B.1: 4KB’de kiriş mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait birim şekil değiştirme sınırları

Mafsalsal Kodu	M_y kNm		M_u kNm		ϕ_y 1/m		ϕ_u 1/m		$\epsilon_c^{(GÖ)}$	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
S6	189.8	166.5	211.8	187	0.0081	0.0079	0.0796	0.0780	0.00764	0.00764
S7	140.8	116	157.9	130	0.0061	0.0063	0.0789	0.0772	0.00764	0.00764
S8	117.8	61.02	129.6	65.14	0.0051	0.0033	0.0790	0.0744	0.00764	0.00764
S9	146.2	144.1	211.3	159.7	0.0082	0.0078	0.0810	0.0774	0.00764	0.00764
S10	189	195.9	213.2	216.1	0.0082	0.0106	0.0785	0.0786	0.00764	0.00764
S11	189.5	122.3	208.9	136.2	0.0082	0.0066	0.0842	0.0770	0.00764	0.00764
S12	155.7	93.29	172.1	102.2	0.0068	0.0050	0.0812	0.0765	0.00764	0.00764
S13	115.6	92.92	129.4	102.7	0.0050	0.0050	0.0780	0.0767	0.00764	0.00764
S14	116.2	73.34	128.5	77.63	0.0050	0.0040	0.0792	0.0761	0.00764	0.00764
S15	189.5	144.1	211.3	159.7	0.0082	0.0078	0.0810	0.0774	0.00764	0.00764
S16	155.1	143.5	175	156.6	0.0067	0.0077	0.0783	0.0778	0.00764	0.00764
S17	154.9	123.1	174.5	135.1	0.0067	0.0066	0.0797	0.0772	0.00764	0.00764
S18	126.9	73	141.6	77.8	0.0055	0.0039	0.0804	0.0761	0.00764	0.00764
S19	95.78	72.2	107.7	79.05	0.0042	0.0039	0.0775	0.0762	0.00764	0.00764

$\epsilon_s^{(GÖ)}$ tüm elemanlar için 0.032 alınmıştır.

Tablo B.2: 4KB’de kiriş mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri

Mafsalsal Kodu	ρ_t	a (rad)		b (rad)	
		+	-	+	-
S6	0.004	0.050	0.046	0.082	0.078
S7	0.004	0.043	0.042	0.075	0.074
S8	0.004	0.051	0.038	0.083	0.070
S9	0.004	0.041	0.042	0.073	0.074
S10	0.004	0.047	0.047	0.079	0.079
S11	0.004	0.049	0.040	0.081	0.072
S12	0.004	0.050	0.042	0.082	0.074
S13	0.004	0.047	0.037	0.079	0.069
S14	0.004	0.049	0.040	0.081	0.072
S15	0.004	0.047	0.044	0.079	0.076
S16	0.004	0.045	0.046	0.077	0.078
S17	0.004	0.047	0.042	0.079	0.074
S18	0.004	0.050	0.042	0.082	0.074
S19	0.004	0.047	0.041	0.079	0.073

Tüm elemanlar için k_{sc} 1 alınmıştır.

Tablo B.3: 4KB’de kirişler için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018’e

[11] ait plastik dönme sınırları

Mafsal Kodu	IO (rad)		LS (rad)		CP (rad)		KH (rad)		GÖ (rad)	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
S6	0.0074	0.0069	0.0408	0.0391	0.0571	0.0548	0.0116	0.0114	0.0154	0.0152
S7	0.0064	0.0063	0.0373	0.0370	0.0523	0.0518	0.0117	0.0114	0.0156	0.0152
S8	0.0077	0.0057	0.0416	0.0349	0.0583	0.0488	0.0119	0.0114	0.0158	0.0151
S9	0.0062	0.0062	0.0367	0.0368	0.0514	0.0515	0.0118	0.0113	0.0157	0.0150
S10	0.0071	0.0070	0.0397	0.0395	0.0555	0.0552	0.0114	0.0111	0.0152	0.0148
S11	0.0074	0.0060	0.0405	0.0359	0.0567	0.0503	0.0123	0.0114	0.0164	0.0151
S12	0.0075	0.0063	0.0409	0.0371	0.0573	0.0519	0.0120	0.0115	0.0160	0.0153
S13	0.0070	0.0056	0.0394	0.0346	0.0551	0.0484	0.0117	0.0115	0.0156	0.0153
S14	0.0074	0.0059	0.0406	0.0358	0.0569	0.0502	0.0119	0.0115	0.0159	0.0154
S15	0.0071	0.0066	0.0397	0.0378	0.0556	0.0530	0.0118	0.0113	0.0157	0.0150
S16	0.0068	0.0069	0.0386	0.0389	0.0541	0.0544	0.0115	0.0113	0.0154	0.0151
S17	0.0070	0.0063	0.0395	0.0370	0.0552	0.0518	0.0118	0.0114	0.0157	0.0152
S18	0.0075	0.0062	0.0412	0.0368	0.0576	0.0515	0.0120	0.0115	0.0160	0.0154
S19	0.0071	0.0062	0.0397	0.0367	0.0555	0.0514	0.0117	0.0116	0.0156	0.0154

Tablo B.4: 4KB’de kolon mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait birim şekildeğiştirme sınırları

Mafsal Kodu	M_y (kNm)		ϕ_y (1/m)		ϕ_u (1/m)		$\epsilon_c^{(GÖ)}$	
	(3-3)	(2-2)	(3-3)	(2-2)	(3-3)	(2-2)	(3-3)	(2-2)
S1-P310	178.9	178.9	0.0117	0.0117	0.1188	0.1188	0.0130	0.0130
S2-P750	251.4	251.4	0.0130	0.0130	0.1442	0.1442	0.0130	0.0130
S3-P480	239.8	141	0.0097	0.0158	0.09928	0.1687	0.0136	0.0076
S1-P230	170	170	0.0116	0.0116	0.1159	0.1159	0.0130	0.0130
S2-P560	234.4	234.4	0.0126	0.0126	0.1381	0.1381	0.0130	0.0130
S3-P360	223.9	130.3	0.0095	0.0153	0.09075	0.1634	0.0136	0.0076
S1-P150	158.7	158.7	0.0115	0.0115	0.1104	0.1104	0.0130	0.0130
S2-P365	216.9	216.9	0.0123	0.0123	0.1195	0.1195	0.0130	0.0130
S3-P240	207.5	118.7	0.0095	0.0148	0.09153	0.1593	0.0136	0.0076
S1-P70	147.7	147.7	0.0114	0.0114	0.1085	0.1085	0.0130	0.0130
S2-P185	194.6	194.6	0.0120	0.0120	0.1163	0.1163	0.0130	0.0130
S3-P120	188	106.3	0.0094	0.0142	0.08662	0.1506	0.0136	0.0076

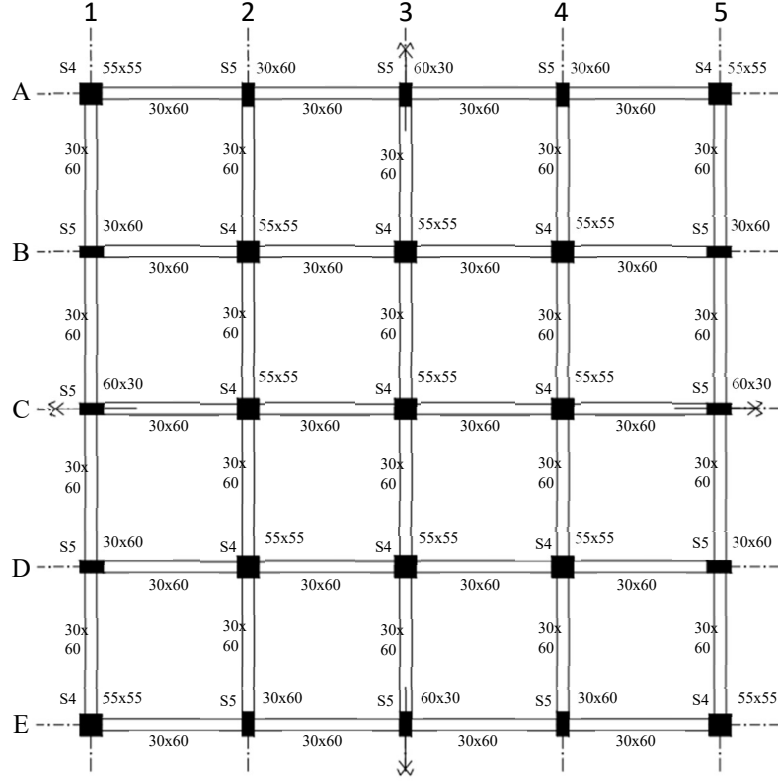
$\epsilon_s^{(GÖ)}$ tüm elemanlar için 0.032 alınmıştır.

Tablo B.5: 4KB’de kolon mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri

Mafsalsal Kodu	ρ_t		N (kN)	N/ $A_g f_{cc}$	Vy (kN)		Vr (kN)		Vy/Vr		a (rad)		b (rad)	
	3-3	2-2			3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2
S1-P310	0.004	0.004	310	0.07	102	102	390	390	0.26	0.26	0.035	0.035	0.070	0.070
S2-P750	0.005	0.005	750	0.18	144	144	490	490	0.29	0.29	0.030	0.030	0.057	0.057
S3-P480	0.007	0.004	480	0.12	137	81	592	389	0.23	0.21	0.036	0.034	0.071	0.062
S1-P230	0.004	0.004	230	0.06	113	113	384	384	0.30	0.30	0.035	0.035	0.074	0.074
S2-P560	0.005	0.005	560	0.13	156	156	478	478	0.33	0.33	0.032	0.032	0.063	0.063
S3-P360	0.007	0.004	360	0.09	149	87	584	381	0.26	0.23	0.036	0.035	0.075	0.067
S1-P150	0.004	0.004	150	0.04	106	106	377	377	0.28	0.28	0.036	0.036	0.079	0.079
S2-P365	0.005	0.005	365	0.09	145	145	465	465	0.31	0.31	0.034	0.034	0.071	0.071
S3-P240	0.007	0.004	240	0.06	138	79	575	372	0.24	0.21	0.038	0.037	0.079	0.074
S1-P70	0.004	0.004	150	0.04	98	98	377	377	0.26	0.26	0.037	0.037	0.079	0.079
S2-P185	0.005	0.005	185	0.04	130	130	451	451	0.29	0.29	0.036	0.036	0.079	0.079
S3-P120	0.007	0.004	120	0.03	125	71	565	362	0.22	0.20	0.040	0.039	0.084	0.081

Tablo B.6: 4KB’de kirişler için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018’e [11] ait plastik dönme sınırları

Mafsalsal Kodu	IO (rad)		LS (rad)		CP (rad)		KH (rad)		GÖ (rad)	
	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2
S1-P310	0.005	0.005	0.035	0.035	0.049	0.049	0.014	0.014	0.019	0.019
S1-P230	0.005	0.005	0.028	0.028	0.040	0.040	0.018	0.018	0.024	0.024
S1-P150	0.005	0.005	0.035	0.031	0.050	0.043	0.014	0.018	0.019	0.024
S1-P70	0.005	0.005	0.037	0.037	0.052	0.052	0.014	0.014	0.019	0.019
S2-P750	0.005	0.005	0.032	0.032	0.044	0.044	0.017	0.017	0.023	0.023
S2-P560	0.005	0.005	0.037	0.034	0.052	0.047	0.013	0.017	0.017	0.023
S2-P365	0.005	0.005	0.040	0.040	0.055	0.055	0.013	0.013	0.018	0.018
S2-P185	0.005	0.005	0.035	0.035	0.049	0.049	0.015	0.015	0.020	0.020
S3-P480	0.005	0.005	0.040	0.037	0.056	0.051	0.013	0.017	0.017	0.022
S3-P360	0.005	0.005	0.040	0.040	0.055	0.055	0.013	0.013	0.017	0.017
S3-P240	0.005	0.005	0.040	0.040	0.055	0.055	0.014	0.014	0.019	0.019
S3-P120	0.005	0.005	0.042	0.041	0.059	0.057	0.012	0.016	0.016	0.021



Şekil B.3: 7KB binasında tipik kat planı üzerinde mafsal gösterimi

S4-P775	S20 S21	S4-P675	S25 S21	S4-P575	S25 S21	S4-P460	S25 S21	S4-P250	S25 S21	S4-P250	S25 S21
S5-P775	S21 S22	S5-P650	S21 S22	S5-P550	S21 S22	S5-P450	S21 S22	S5-P220	S21 S22	S5-P220	S21 S22
S5-P775	S22 S21	S5-P650	S22 S21	S5-P550	S22 S21	S5-P450	S22 S21	S5-P220	S22 S21	S5-P220	S22 S21
S5-P775	S21 S20	S5-P650	S21 S25	S5-P550	S21 S25	S5-P450	S21 S25	S5-P220	S21 S25	S5-P220	S21 S25
S4-P775		S4-P675		S4-P575		S4-P460		S4-P250		S4-P250	

a)

S5-P775	S23 S24	S5-P650	S23 S24	S5-P550	S23 S24	S5-P450	S23 S24	S5-P220	S23 S24	S5-P220	S23 S24
S4-P1370	S24 S24	S4-P1180	S24 S24	S4-P975	S24 S24	S4-P460	S24 S24	S4-P460	S24 S24	S4-P460	S24 S24
S4-P1370	S24 S24	S4-P1180	S24 S24	S4-P975	S24 S24	S4-P460	S24 S24	S4-P460	S24 S24	S4-P460	S24 S24
S4-P1370	S24 S23	S4-P1180	S24 S23	S4-P975	S24 S23	S4-P460	S24 S23	S4-P460	S24 S23	S4-P460	S24 S23
S5-P775		S5-P650		S5-P550		S5-P450		S5-P220		S5-P220	

b)

S5-P775	S21 S24	S5-P650	S21 S25	S5-P550	S21 S25	S5-P450	S21 S25	S5-P220	S21 S25
S4-P1370	S24 S24	S4-P1180	S25 S25	S4-P975	S25 S25	S4-P460	S25 S25	S4-P460	S25 S25
S4-P1370	S24 S24	S4-P1180	S25 S25	S4-P975	S25 S25	S4-P460	S25 S25	S4-P460	S25 S25
S4-P1370	S24 S21	S4-P1180	S25 S21	S4-P975	S25 S21	S4-P460	S25 S21	S4-P460	S25 S21
S5-P775		S5-P650		S5-P550		S5-P450		S5-P220	

c)

Şekil B.4: 7KB binasında plastik mafsals kodları. a) A-A aksı, b) B-B aksı, c) C-C aksı

Tablo B.7: 7KB’de kiriş mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait şekildeğiştirme sınırları

Mafsalsal Kodu	M_y kNm		M_u kNm		ϕ_y 1/m		ϕ_u 1/m		$\epsilon_c^{(GÖ)}$	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
S20	291.9	186.2	326.5	201.1	0.0058	0.0050	0.0664	0.0605	0.00785	0.00785
S21	176.1	125.3	198.6	137.6	0.0035	0.0033	0.0623	0.0600	0.00785	0.00785
S22	176.3	187.6	199.4	200	0.0035	0.0050	0.0618	0.0613	0.00785	0.00785
S23	295.2	247.6	328.9	265.6	0.0058	0.0060	0.0647	0.0620	0.00785	0.00785
S24	235.2	246.4	264.2	266.6	0.0046	0.0066	0.0625	0.0615	0.00785	0.00785
S25	233.2	186.3	265.1	201	0.0046	0.0050	0.0627	0.0610	0.00785	0.00785

Tablo B.8: 7KB’de kiriş mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri

Mafsalsal Kodu	ρ_t	a (rad)		b (rad)	
		+	-	+	-
S20	0.003	0.022	0.018	0.054	0.050
S21	0.003	0.018	0.017	0.050	0.049
S22	0.003	0.019	0.020	0.051	0.052
S23	0.003	0.025	0.024	0.057	0.056
S24	0.003	0.024	0.039	0.056	0.071
S25	0.003	0.024	0.034	0.056	0.066

Tüm elemanlar için k_{sc} 1 alınmıştır.

Tablo B.9: 7KB’de kirişler için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018’e [11] ait plastik dönme sınırları

Mafsalsal Kodu	IO (rad)		LS (rad)		CP (rad)		KH (rad)		GÖ (rad)	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
S20	0.003	0.003	0.027	0.025	0.038	0.035	0.011	0.010	0.015	0.013
S21	0.003	0.003	0.025	0.024	0.035	0.034	0.011	0.010	0.014	0.014
S22	0.003	0.003	0.025	0.026	0.036	0.036	0.010	0.010	0.014	0.014
S23	0.004	0.004	0.028	0.028	0.040	0.039	0.011	0.010	0.014	0.014
S24	0.004	0.006	0.028	0.036	0.039	0.050	0.010	0.010	0.014	0.013
S25	0.004	0.005	0.028	0.033	0.039	0.046	0.010	0.010	0.014	0.014

Tablo B.10: 7KB’de kolon mafsalları için moment-eğrilik değerleri ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyine ait birim şekildeğiştirme sınırları

Mafsal Kodu	M_y kNm		ϕ_y 1/m		ϕ_u 1/m		$\epsilon_c^{(GÖ)}$	
	(3-3)	(2-2)	(3-3)	(2-2)	(3-3)	(2-2)	(3-3)	(2-2)
S4-P1370	535.7	535.7	0.0081	0.0081	0.0970	0.0970	0.0133	0.0133
S4-P1180	512.1	512.1	0.0079	0.0079	0.0944	0.0944	0.0133	0.0133
S4-P975	484.6	484.6	0.0078	0.0078	0.0879	0.0879	0.0133	0.0133
S4-P775	456.2	456.2	0.0076	0.0076	0.0871	0.0871	0.0133	0.0133
S4-P675	440.1	440.1	0.0075	0.0075	0.0803	0.0803	0.0133	0.0133
S4-P575	422.9	422.9	0.0074	0.0074	0.0794	0.0794	0.0133	0.0133
S4-P460	402.9	402.9	0.0073	0.0073	0.0778	0.0778	0.0133	0.0133
S4-P250	363.4	363.4	0.0072	0.0072	0.0740	0.0740	0.0133	0.0133
S5-P775	356.5	158.9	0.0073	0.0156	0.0850	0.1899	0.0153	0.0073
S5-P650	338.6	151	0.0072	0.0152	0.0768	0.1825	0.0153	0.0073
S5-P550	338.6	151	0.0072	0.0152	0.0768	0.1825	0.0153	0.0073
S5-P450	304.4	135.4	0.0069	0.0146	0.0730	0.1700	0.0153	0.0073
S5-P330	304.4	135.4	0.0069	0.0146	0.0730	0.1700	0.0153	0.0073
S5-P220	259	115.1	0.0066	0.0139	0.0700	0.1600	0.0153	0.0073
S5-P100	259	115.1	0.0066	0.0139	0.0700	0.1600	0.0153	0.0073

$\epsilon_s^{(GÖ)}$ tüm elemanlar için 0.032 alınmıştır.

Tablo B.11: 7KB’de kolon mafsallarına ait ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) modelleme parametreleri

Mafsal Kodu	ρ_t		N (kN)	N/ $A_g f_{cc}$	V_y (kN)		V_r (kN)		V_y/V_r		a (rad)		b (rad)	
	3-3	2-2			3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2
S4-P1370	0.004	0.004	1370	0.2	311	311	772	772	0.40	0.40	0.03	0.03	0.05	0.05
S4-P1180	0.004	0.004	1180	0.2	348	348	760	760	0.46	0.46	0.03	0.03	0.06	0.06
S4-P975	0.004	0.004	975	0.1	330	330	747	747	0.44	0.44	0.03	0.03	0.06	0.06
S4-P775	0.004	0.004	775	0.1	265	265	733	733	0.36	0.36	0.03	0.03	0.06	0.06
S4-P675	0.004	0.004	675	0.1	299	299	726	726	0.41	0.41	0.03	0.03	0.07	0.07
S4-P575	0.004	0.004	575	0.1	288	288	718	718	0.40	0.40	0.03	0.03	0.07	0.07
S4-P460	0.004	0.004	460	0.1	274	274	709	709	0.39	0.39	0.03	0.03	0.07	0.07
S4-P250	0.004	0.004	250	0	247	247	692	692	0.36	0.36	0.03	0.03	0.08	0.08
S5-P775	0.011	0.006	775	0.2	207	92	1096	589	0.19	0.16	0.04	0.03	0.07	0.06
S5-P650	0.011	0.006	650	0.1	230	103	1088	582	0.21	0.18	0.04	0.04	0.08	0.07
S5-P550	0.011	0.006	550	0.1	230	103	1081	575	0.21	0.18	0.04	0.04	0.08	0.07
S5-P450	0.011	0.006	450	0.1	207	92	1074	568	0.19	0.16	0.04	0.04	0.08	0.07
S5-P330	0.011	0.006	330	0.1	207	92	1066	559	0.19	0.16	0.04	0.04	0.08	0.08
S5-P220	0.011	0.006	220	0	176	78	1057	551	0.17	0.14	0.04	0.04	0.08	0.08
S5-P100	0.011	0.006	100	0	176	78	1047	540	0.17	0.14	0.04	0.04	0.09	0.09

Tablo B.12: 7KB’de kolonlar için ASCE 41-23 [33] (ACI 369-22 [48]) ve TBDY 2018’e [11] ait plastik dönme sınırları

Mafsal Kodu	IO (rad)		LS (rad)		CP (rad)		KH (rad)		GÖ (rad)	
	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2	3-3	2-2
S4-P1370	0.004	0.004	0.026	0.026	0.036	0.036	0.015	0.015	0.020	0.020
S4-P1180	0.004	0.004	0.028	0.028	0.039	0.039	0.015	0.015	0.019	0.019
S4-P975	0.004	0.004	0.030	0.030	0.042	0.042	0.014	0.014	0.018	0.018
S4-P775	0.005	0.005	0.032	0.032	0.045	0.045	0.014	0.014	0.018	0.018
S4-P675	0.005	0.005	0.033	0.033	0.047	0.047	0.012	0.012	0.016	0.016
S4-P575	0.005	0.005	0.035	0.035	0.049	0.049	0.012	0.012	0.016	0.016
S4-P460	0.005	0.005	0.036	0.036	0.051	0.051	0.012	0.012	0.016	0.016
S4-P250	0.005	0.005	0.040	0.040	0.056	0.056	0.011	0.011	0.015	0.015
S5-P775	0.006	0.005	0.037	0.031	0.052	0.044	0.013	0.018	0.018	0.025
S5-P650	0.006	0.005	0.038	0.033	0.053	0.046	0.012	0.018	0.016	0.024
S5-P550	0.006	0.005	0.039	0.034	0.055	0.048	0.012	0.018	0.016	0.024
S5-P450	0.006	0.006	0.040	0.036	0.056	0.050	0.011	0.016	0.015	0.022
S5-P330	0.006	0.006	0.041	0.038	0.058	0.053	0.011	0.016	0.015	0.022
S5-P220	0.006	0.006	0.042	0.040	0.059	0.056	0.011	0.015	0.014	0.021
S5-P100	0.007	0.006	0.044	0.043	0.061	0.060	0.011	0.015	0.014	0.021

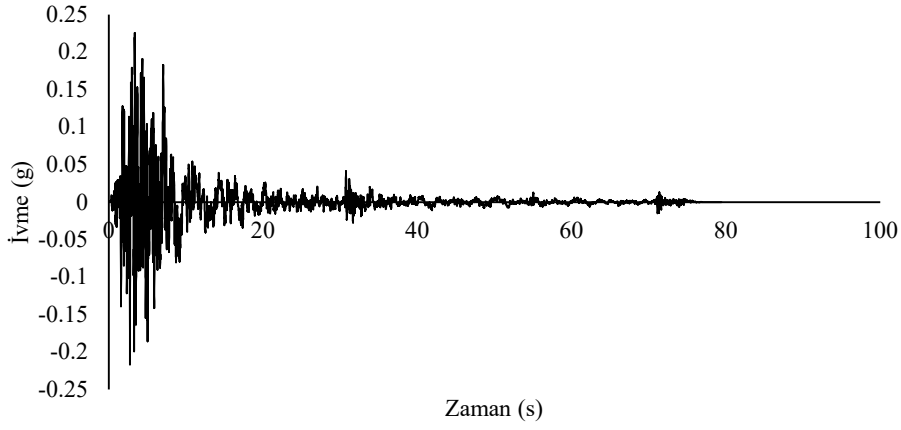
EK C: Depremlere Ait Ölçek Katsayıları ve Orijinal İvme Kayıtları

Tablo C.1: Uzak fay deprem grubu için ölçek katsayıları

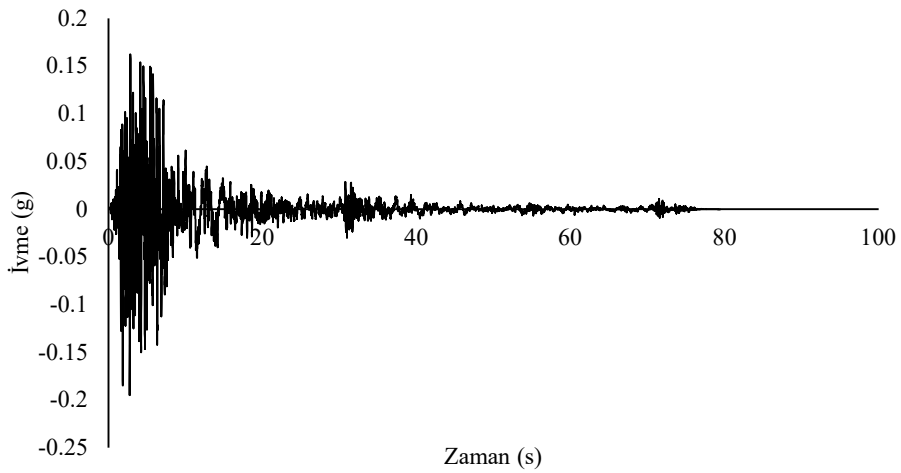
Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	DD-1 Ölçek Katsayısı		DD-2 Ölçek Katsayısı	
			4KB / 4KB_D	7KB / 7KB_D	4KB / 4KB_D	7KB / 7KB_D
1	68	San Fernando	2.647	3.293	1.764	2.195
2	125	Friuli_ Italy-01	1.611	1.905	1.074	1.270
3	169	Imperial Valley-06	1.491	1.798	0.994	1.199
4	900	Landers	1.789	2.053	1.193	1.369
5	953	Northridge-01	0.775	0.875	0.516	0.583
6	1111	Kobe_ Japan	1.029	1.247	0.686	0.831
7	1158	Kocaeli_ Turkey	1.070	1.223	0.713	0.815
8	1244	Chi-Chi_ Taiwan	1.138	1.300	0.759	0.867
9	1602	Duzce_ Turkey	0.701	0.801	0.467	0.534
10	1633	Manjil_ Iran	1.047	1.326	0.698	0.884
11	1787	Hector Mine	1.413	1.576	0.942	1.051

Tablo C.2: Yakın fay deprem grubu için ölçek katsayıları

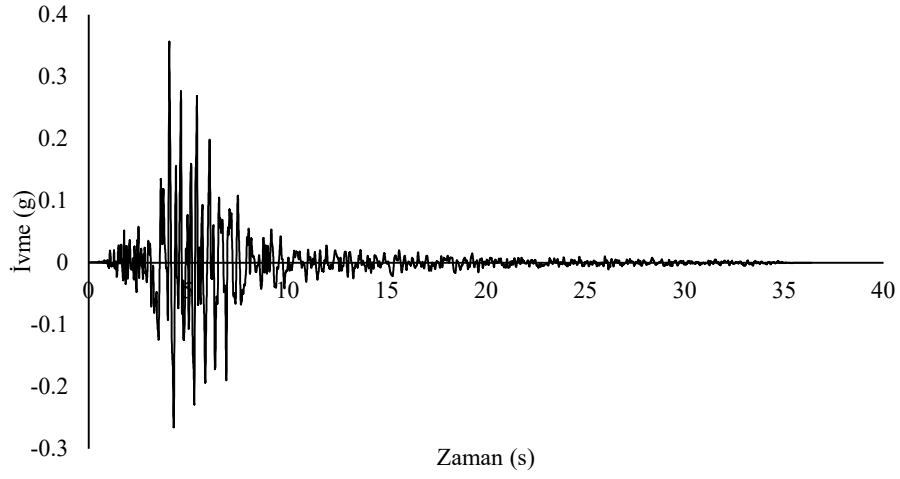
Kayıt No	PEER Kodu	Deprem İsmi	DD-1 Ölçek Katsayısı		DD-2 Ölçek Katsayısı	
			4KB / 4KB_D	7KB / 7KB_D	4KB / 4KB_D	7KB / 7KB_D
12	126	Gazli_USSR	1.009	0.972	0.673	0.648
13	160	Imperial Valley-06	0.899	0.939	0.599	0.626
14	292	Irpinia_Italy-01	1.553	1.569	1.035	1.046
15	495	Nahanni_Canada	1.363	1.618	0.908	1.079
16	723	Superstition Hills-02	1.100	1.002	0.733	0.668
17	741	Loma Prieta	1.108	1.054	0.738	0.703
18	821	Erzican_Turkey	1.104	1.075	0.736	0.716
19	828	Cape Mendocino	1.041	0.946	0.694	0.631
20	1503	Chi-Chi_Taiwan	1.000	0.927	0.667	0.618
21	1605	Duzce_Turkey	1.056	0.995	0.704	0.664
22	2114	Denali_Alaska	1.507	1.365	1.005	0.910



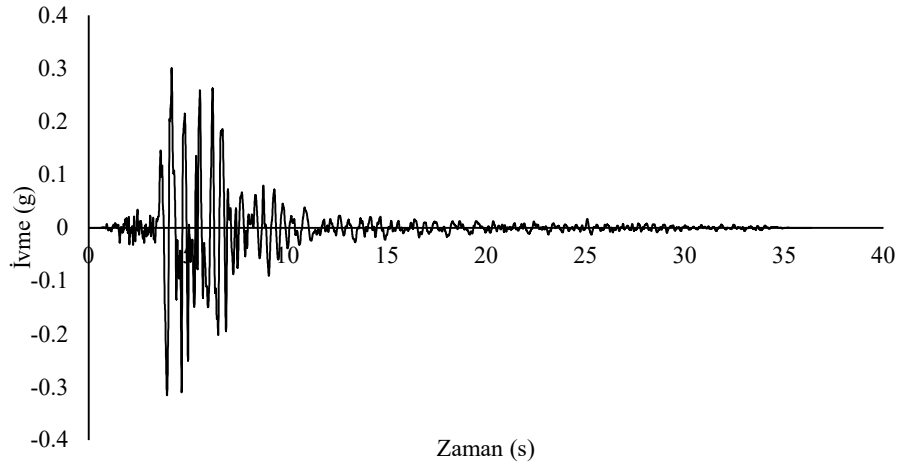
Şekil C.1: Kayıt-1 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



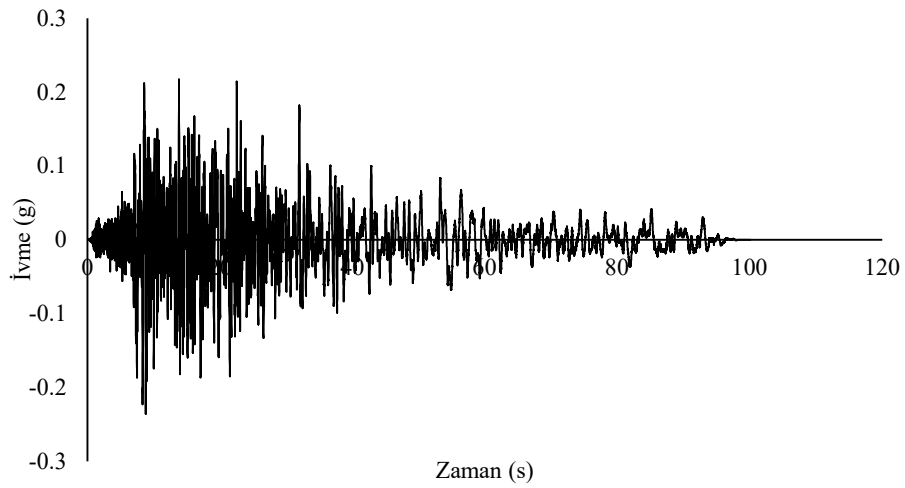
Şekil C.2: Kayıt-1 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



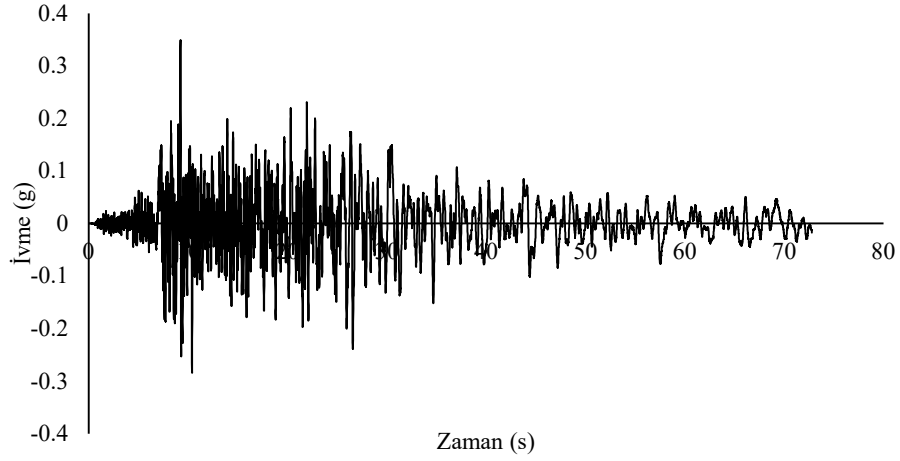
Şekil C.3: Kayıt-2 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



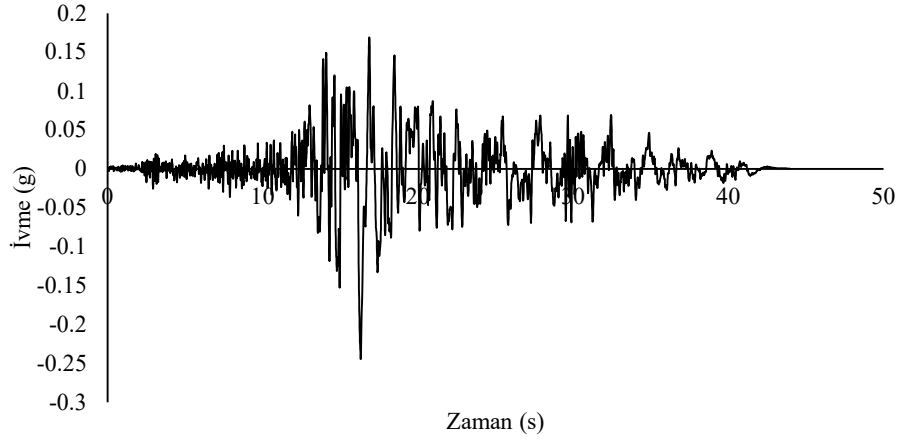
Şekil C.4: Kayıt-2 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



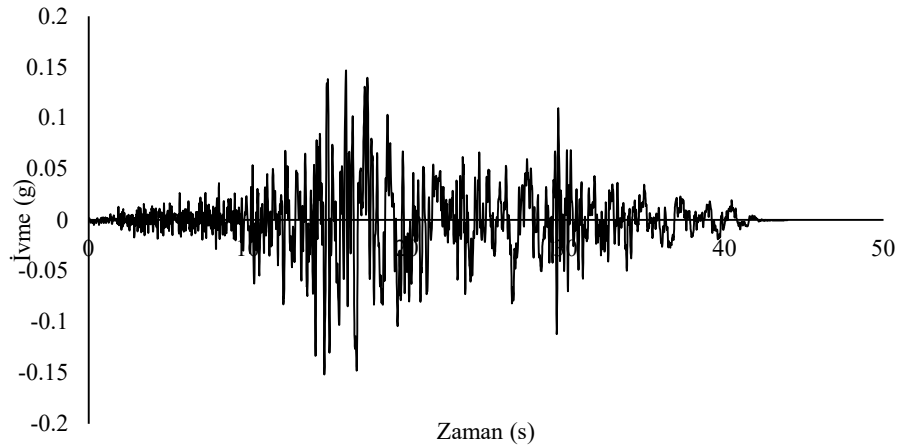
Şekil C.5: Kayıt-3 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



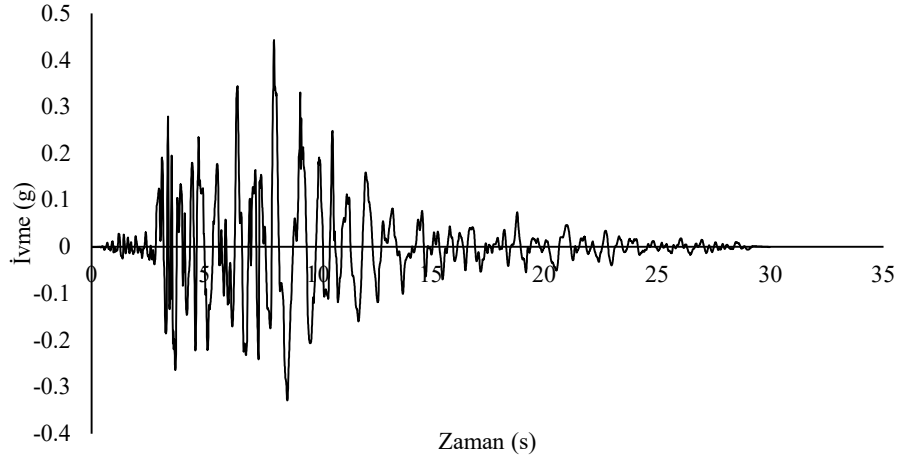
Şekil C.6: Kayıt-3 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



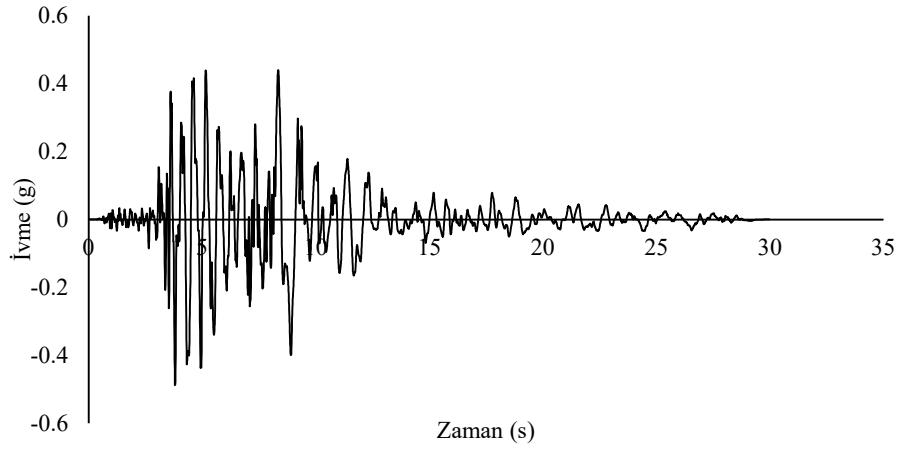
Şekil C.7: Kayıt-4 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



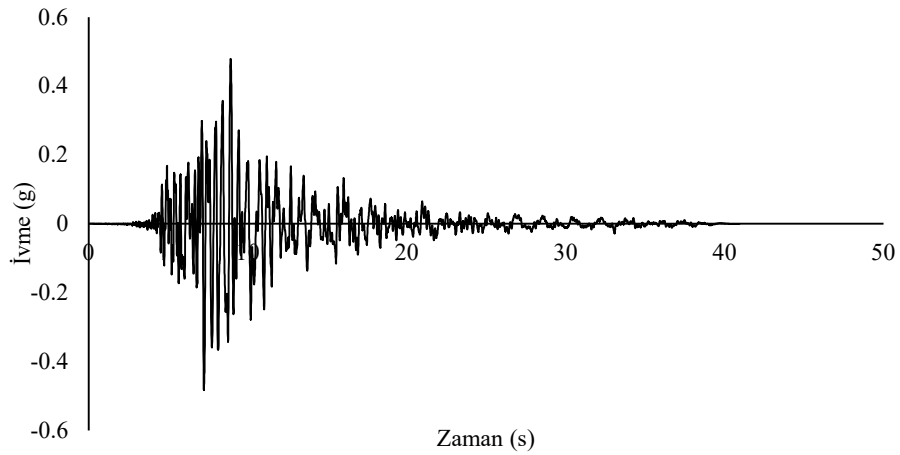
Şekil C.8: Kayıt-4 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



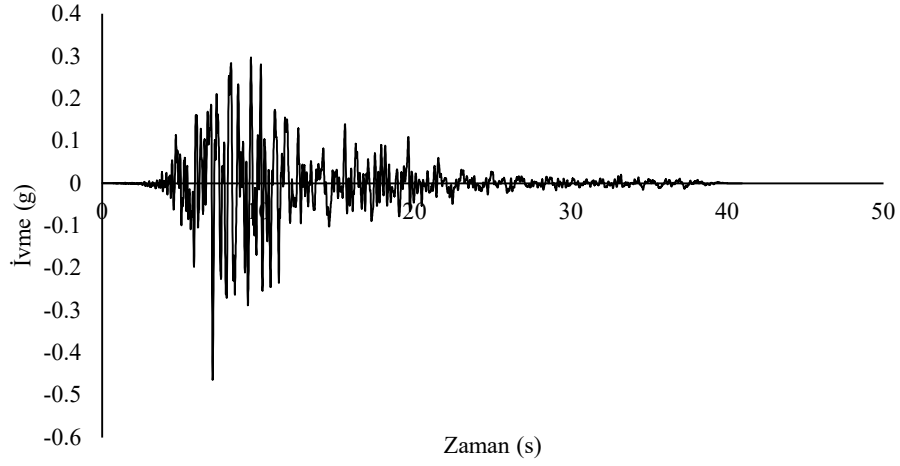
Şekil C.9: Kayıt-5 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



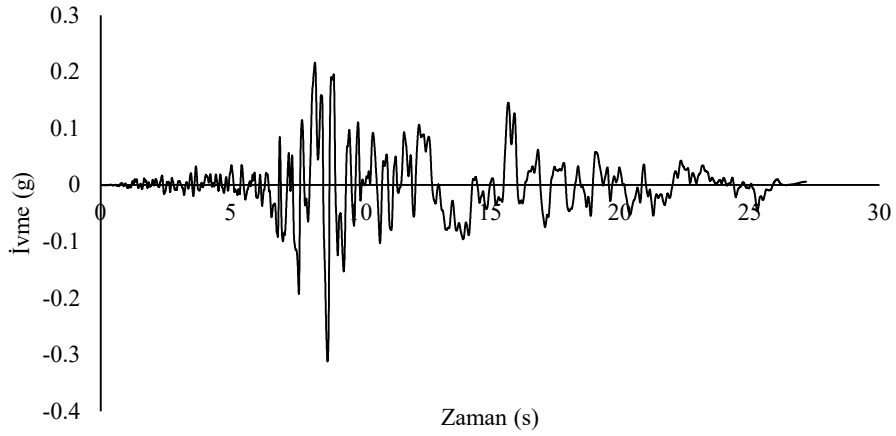
Şekil C.10: Kayıt-5 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



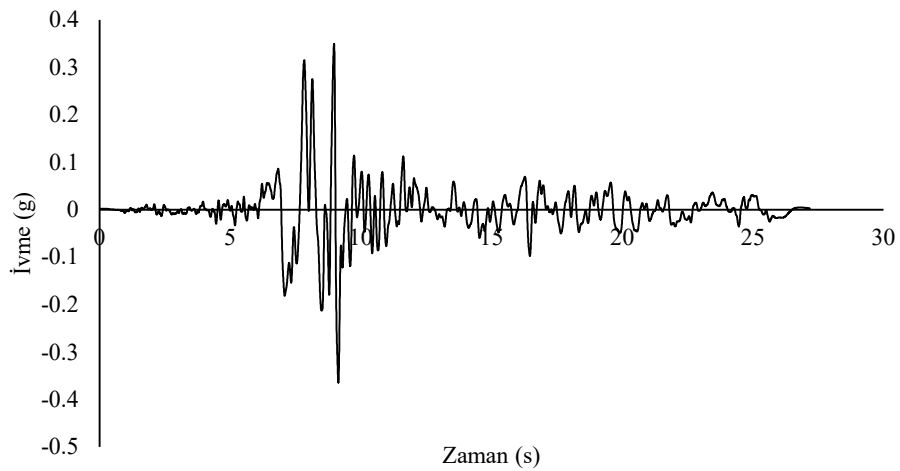
Şekil C.11: Kayıt-6 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



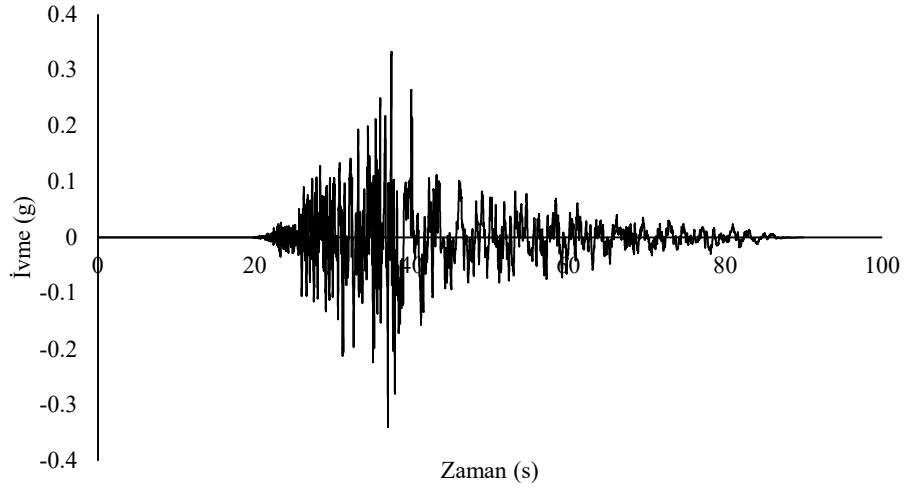
Şekil C.12: Kayıt-6 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



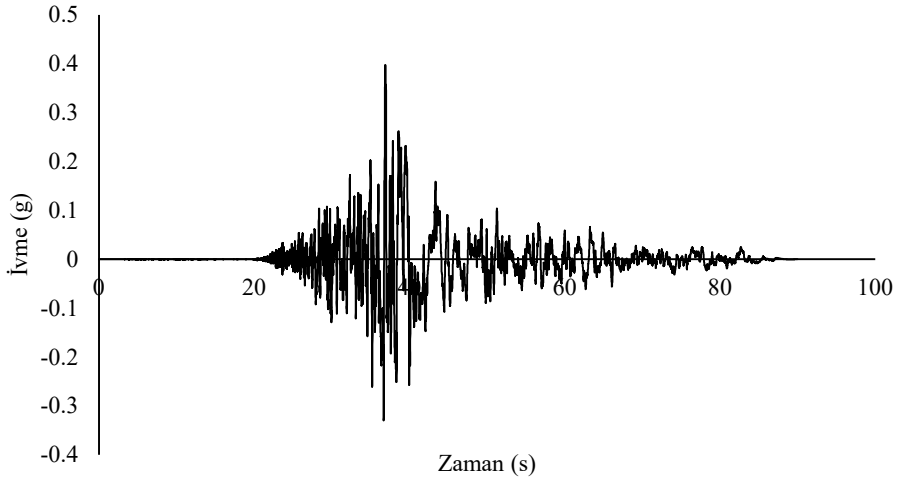
Şekil C.13: Kayıt-7 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



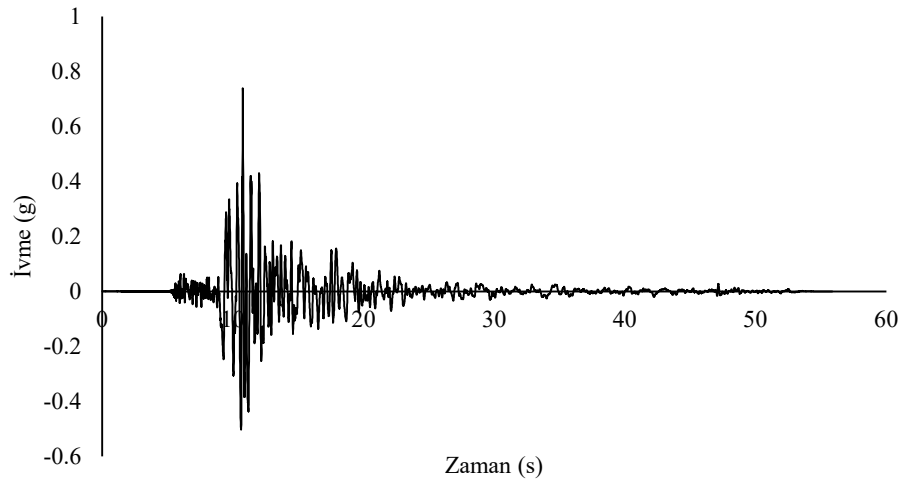
Şekil C.14: Kayıt-7 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



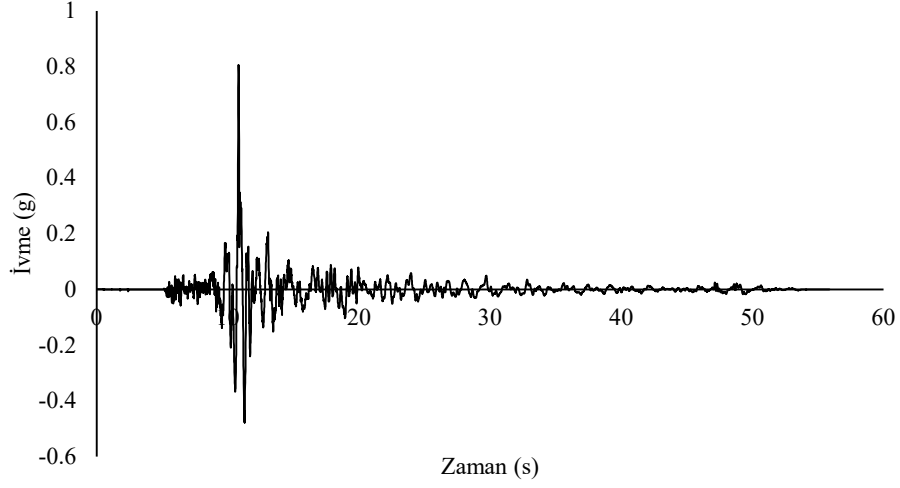
Şekil C.15: Kayıt-8 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



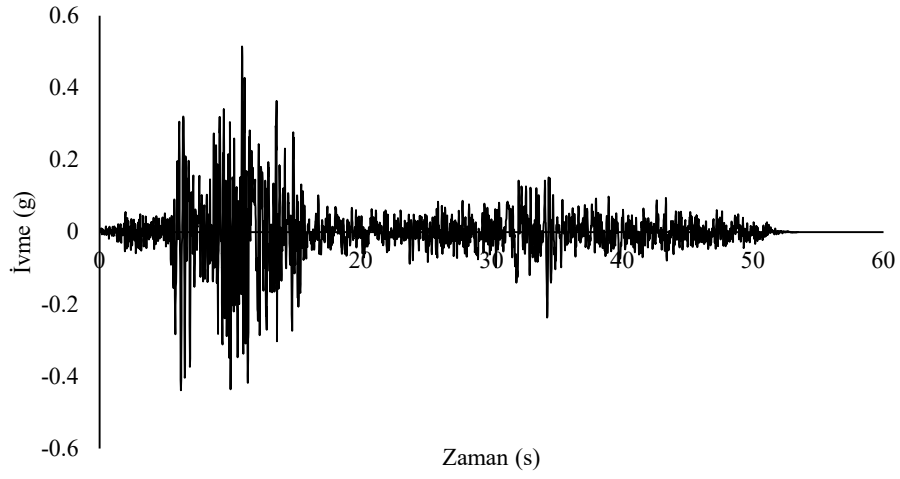
Şekil C.16: Kayıt-8 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



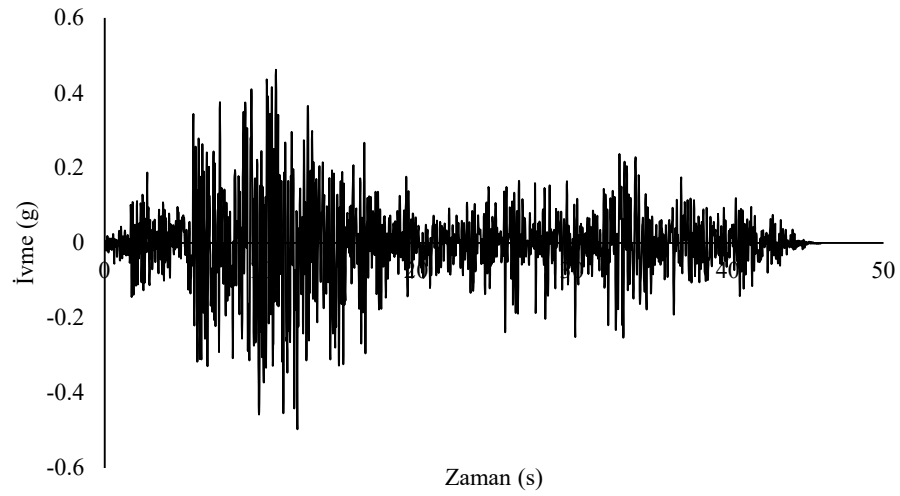
Şekil C.17: Kayıt-9 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



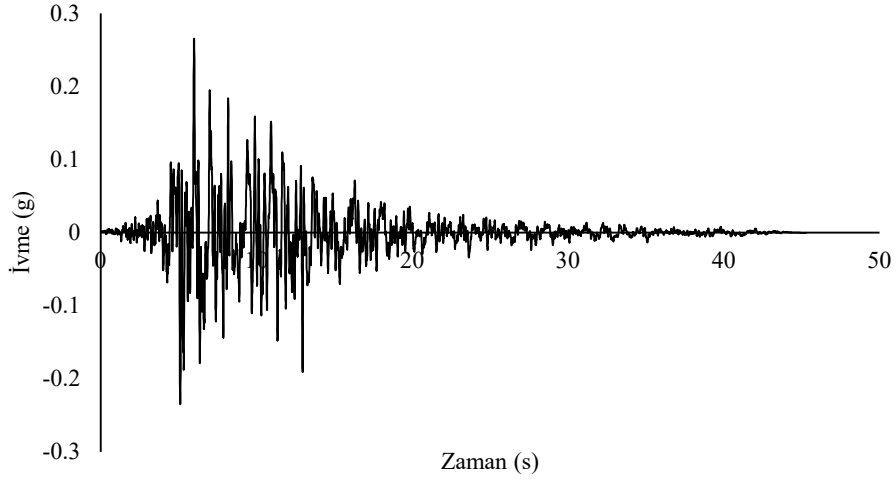
Şekil C.18: Kayıt-9 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



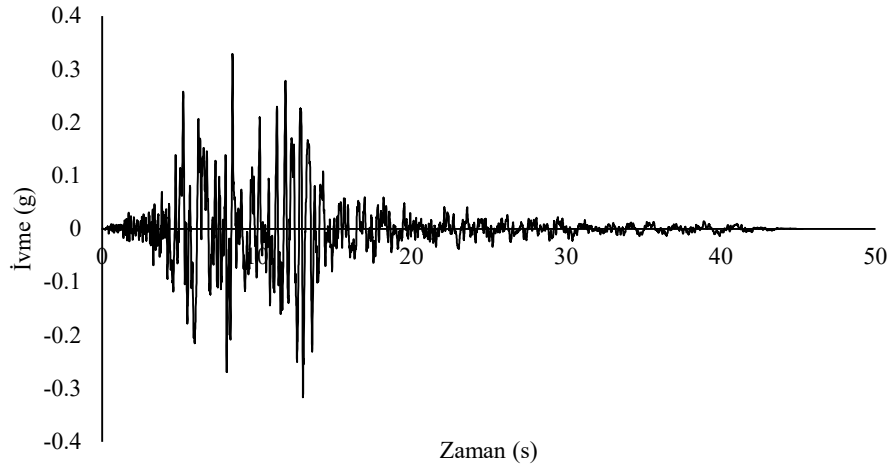
Şekil C.19: Kayıt-10 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



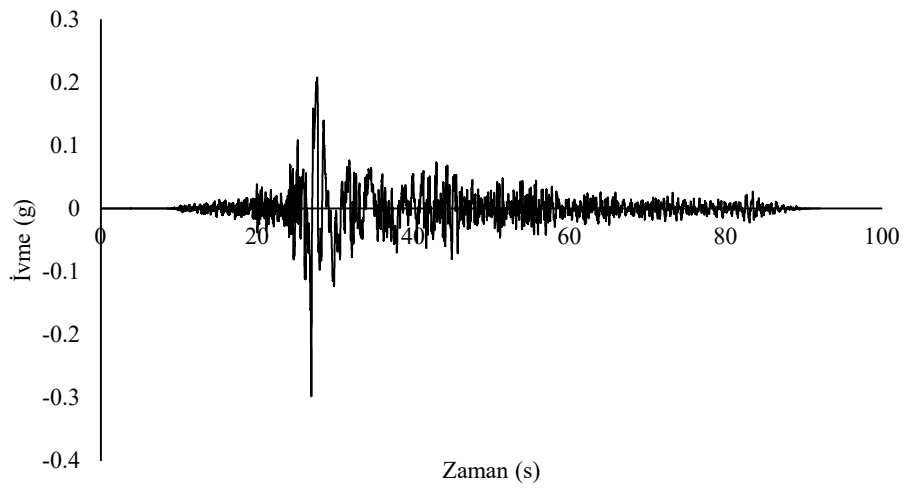
Şekil C.20: Kayıt-10 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



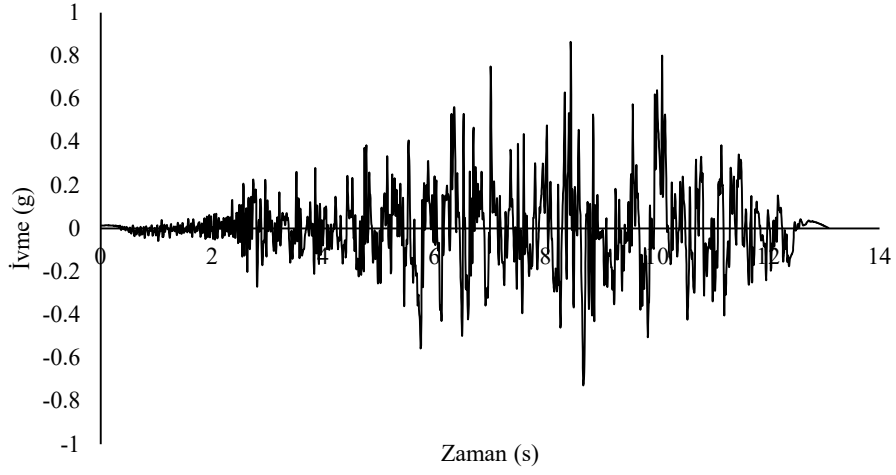
Şekil C.21: Kayıt-11 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



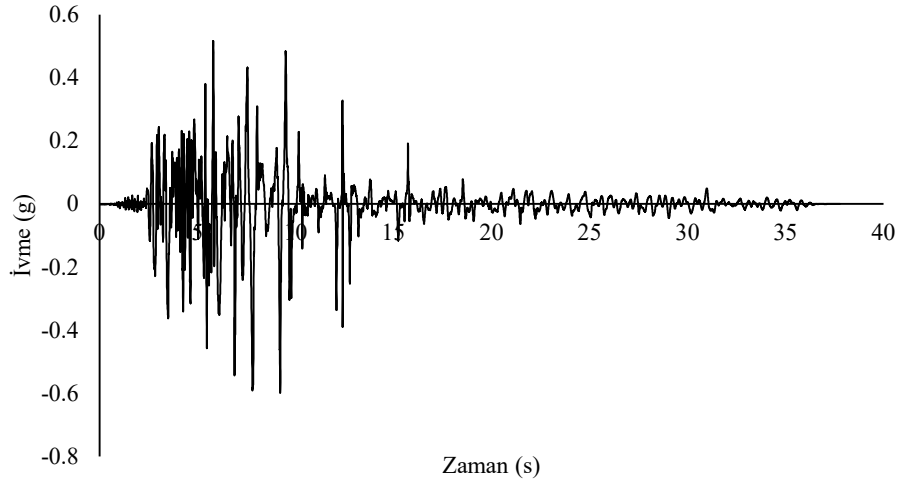
Şekil C.22: Kayıt-11 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



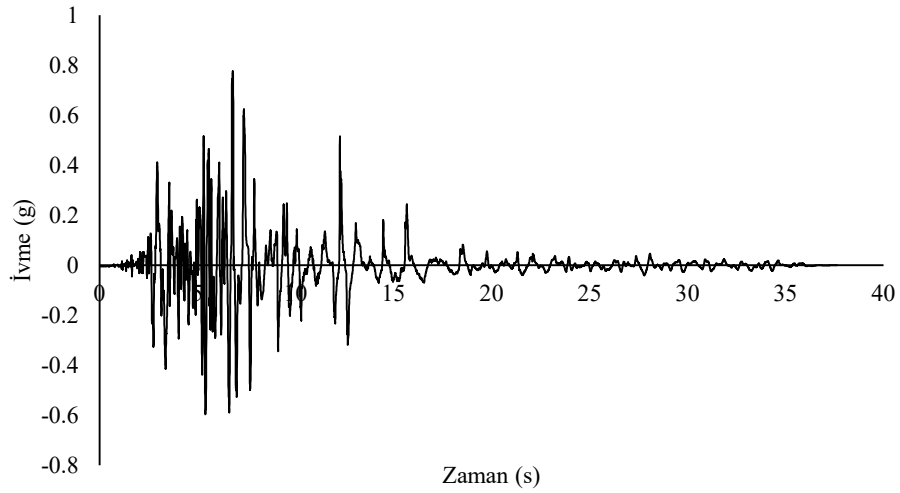
Şekil C.23: Kayıt-12 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



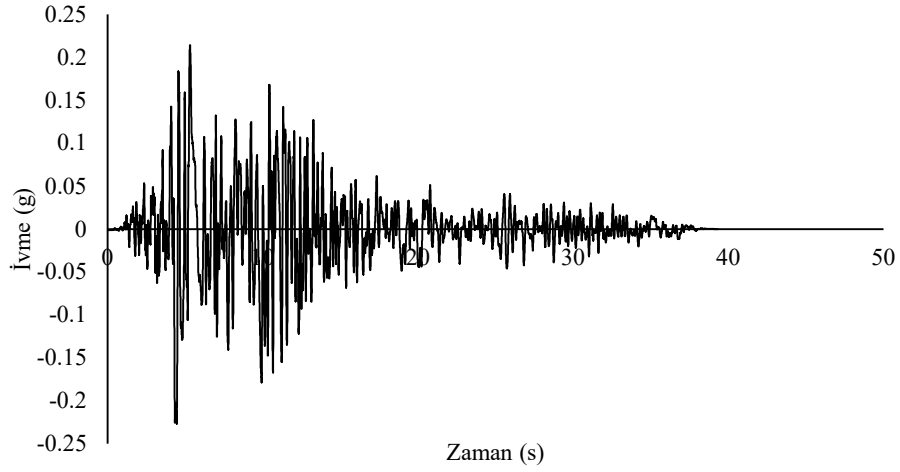
Şekil C.24: Kayıt-12 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



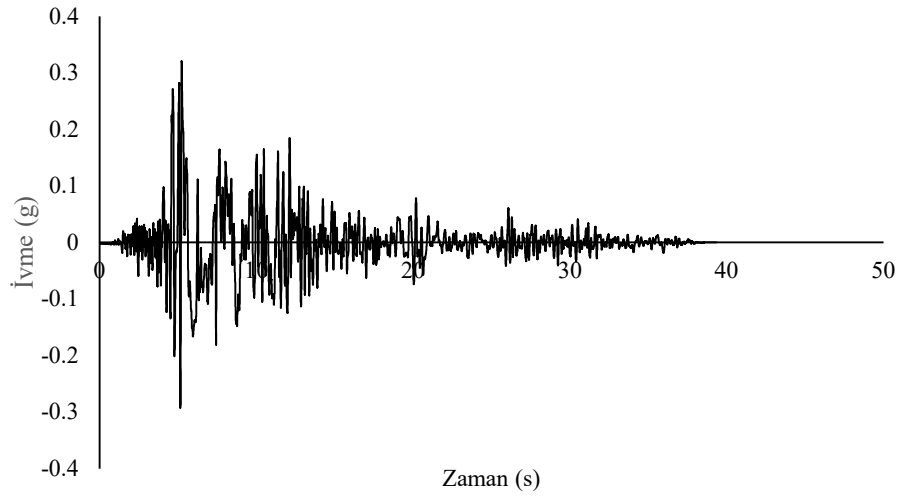
Şekil C.25: Kayıt-13 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



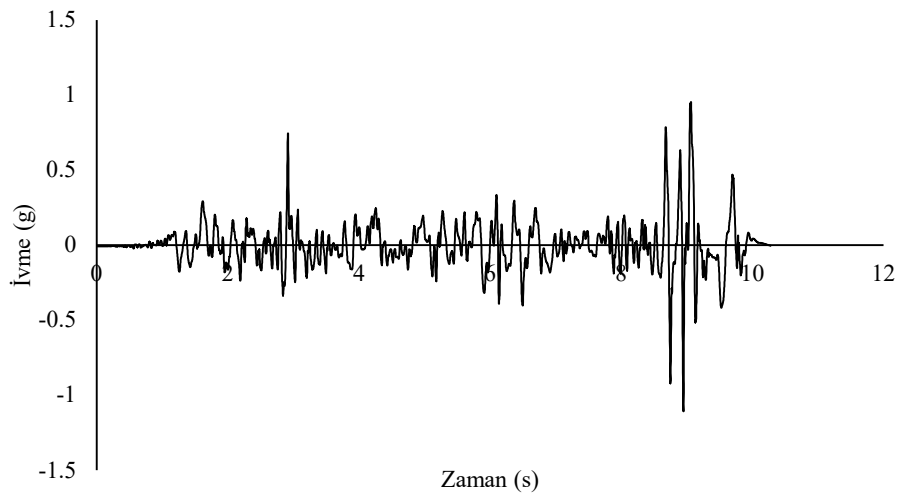
Şekil C.26: Kayıt-13 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



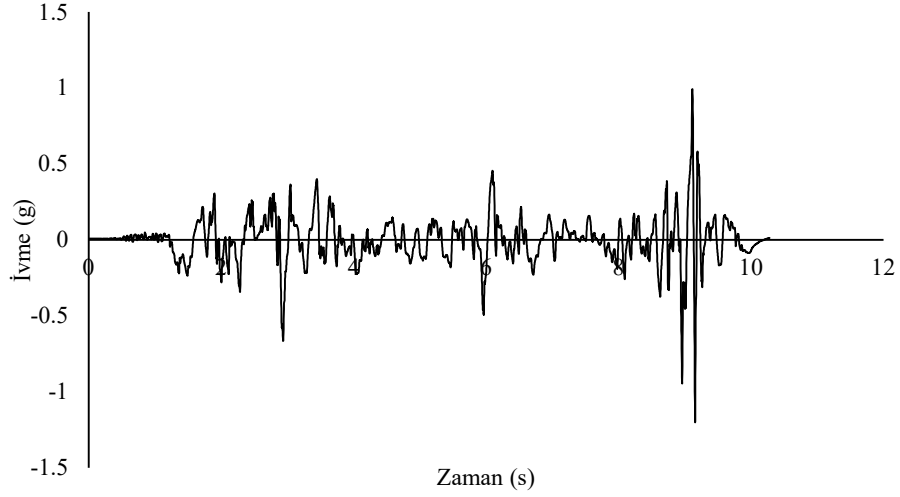
Şekil C.27: Kayıt-14 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



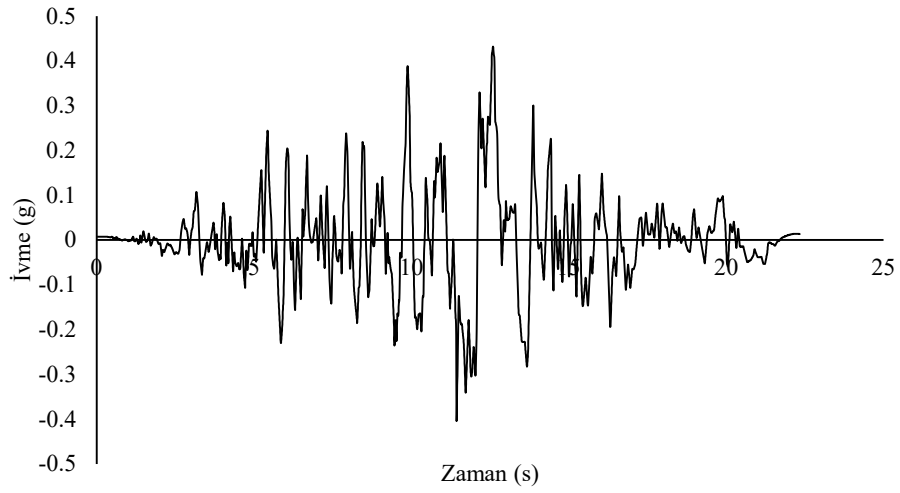
Şekil C.28: Kayıt-14 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



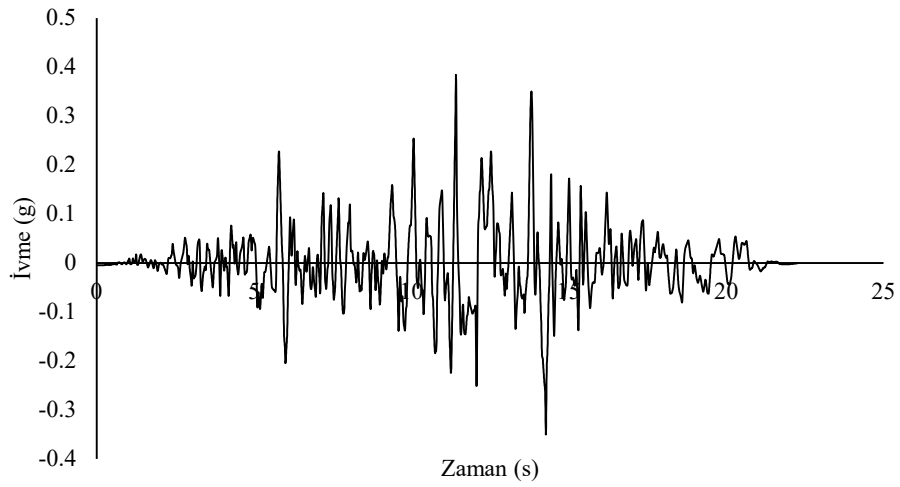
Şekil C.29: Kayıt-15 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



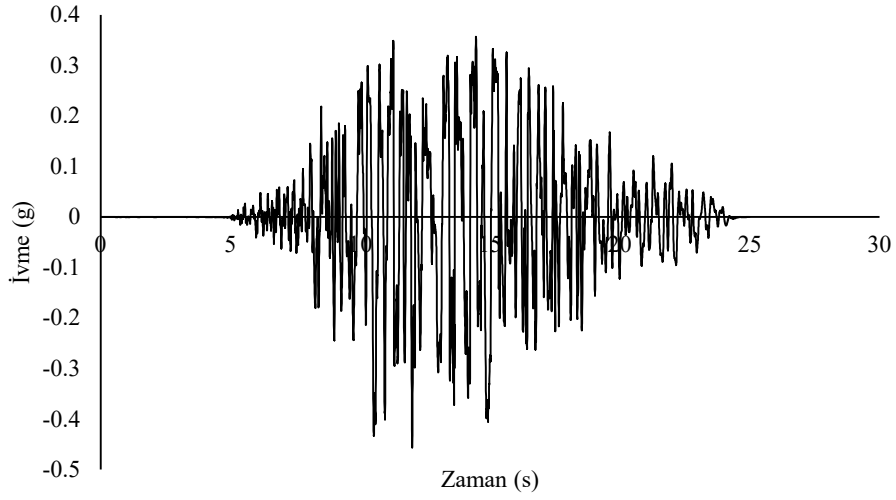
Şekil C.30: Kayıt-15 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



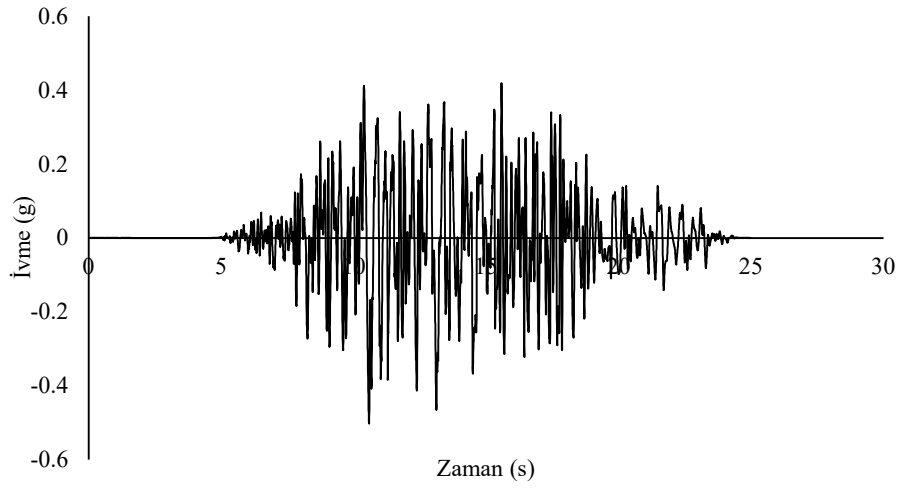
Şekil C.31: Kayıt-16 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



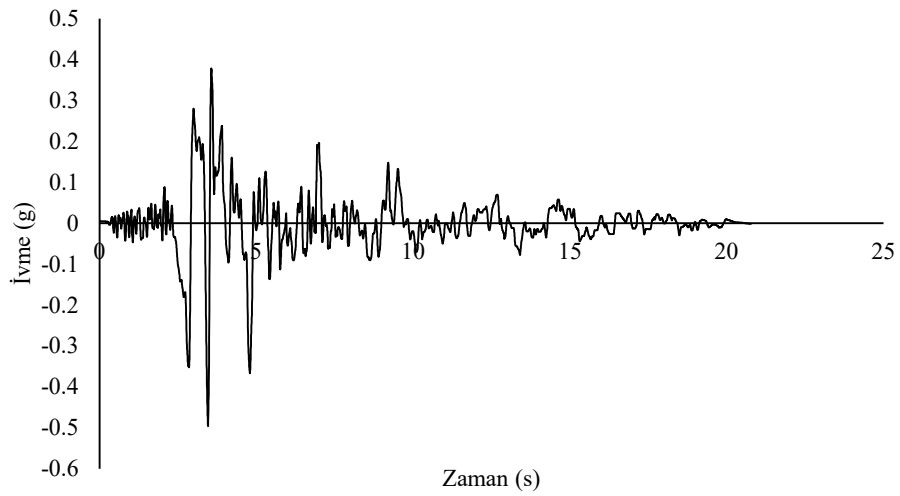
Şekil C.32: Kayıt-16 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



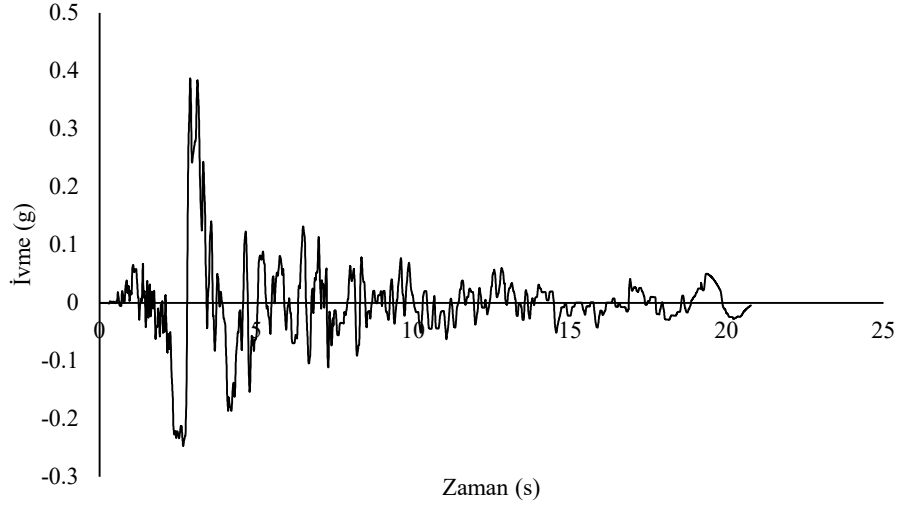
Şekil C.33: Kayıt-17 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



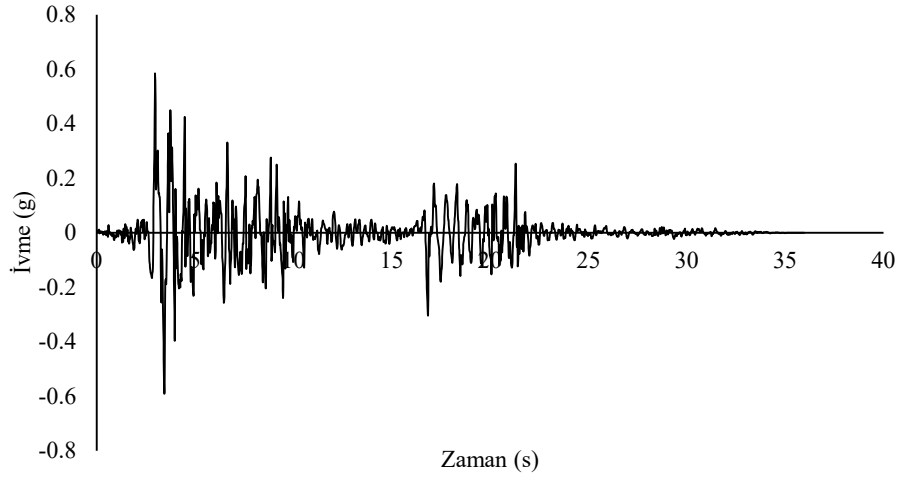
Şekil C.34: Kayıt-17 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



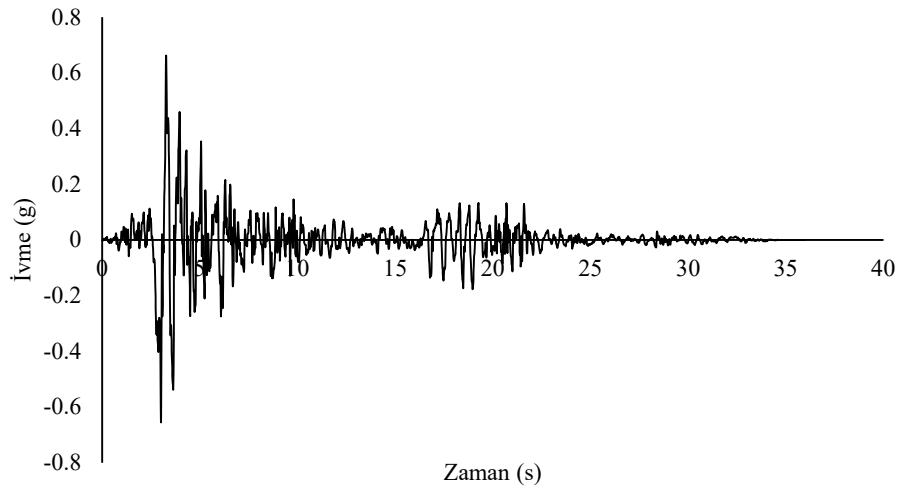
Şekil C.35: Kayıt-18 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



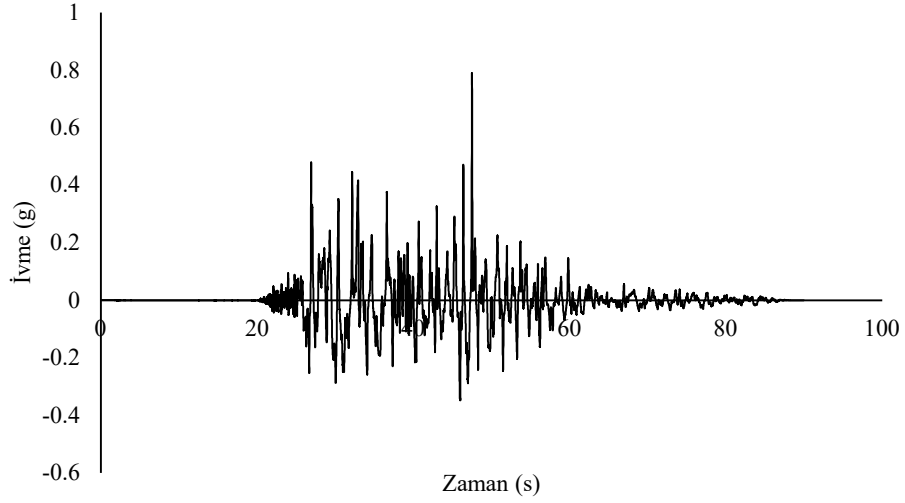
Şekil C.36: Kayıt-18 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



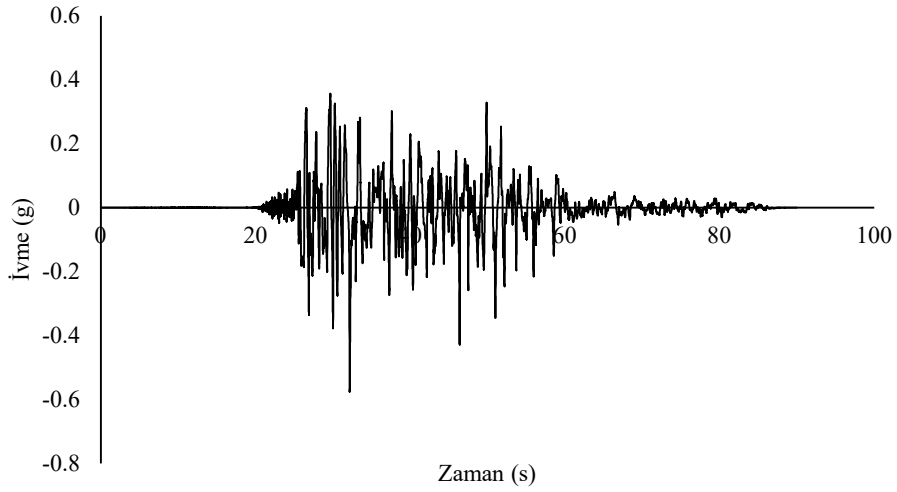
Şekil C.37: Kayıt-19 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



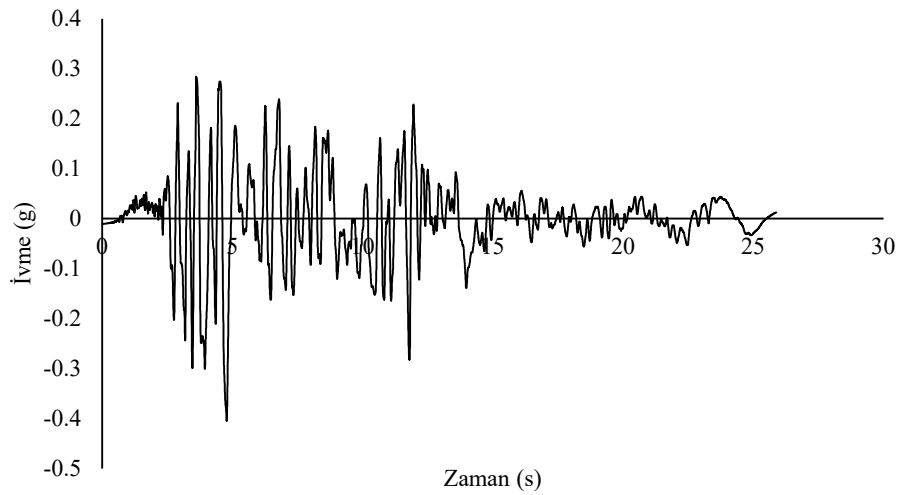
Şekil C.38: Kayıt-19 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



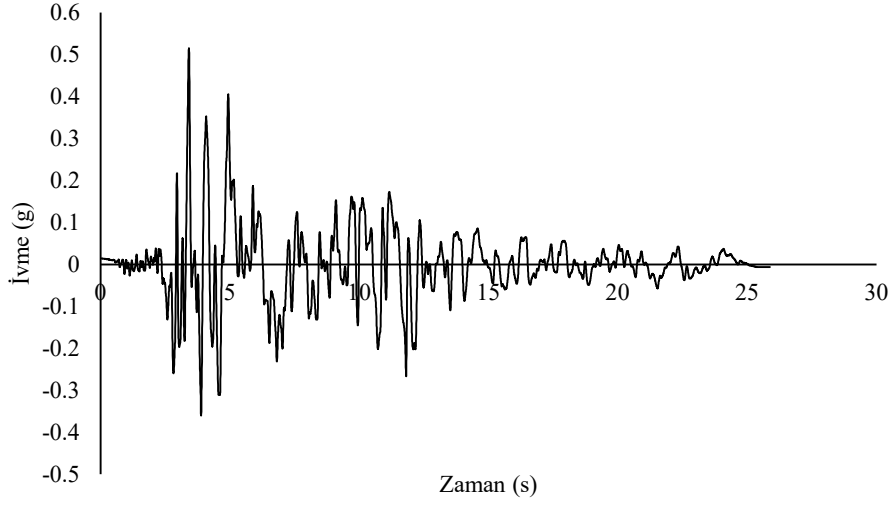
Şekil C.39: Kayıt-20 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



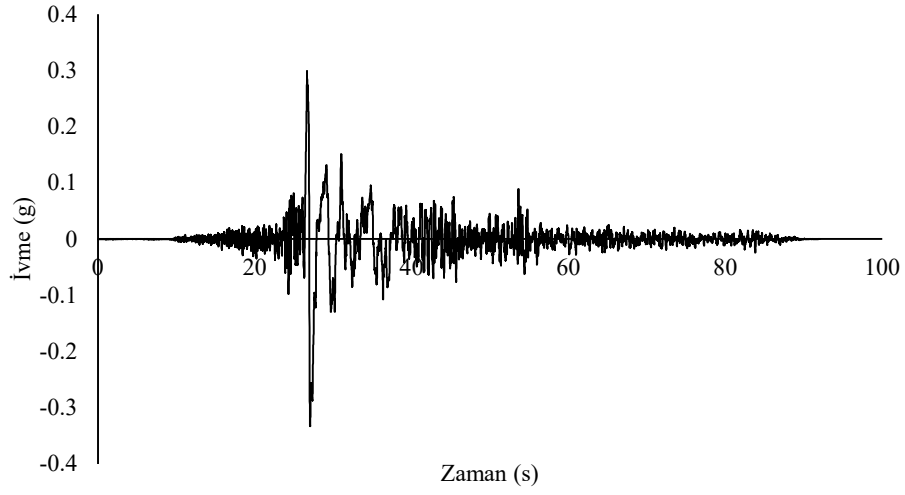
Şekil C.40: Kayıt-20 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



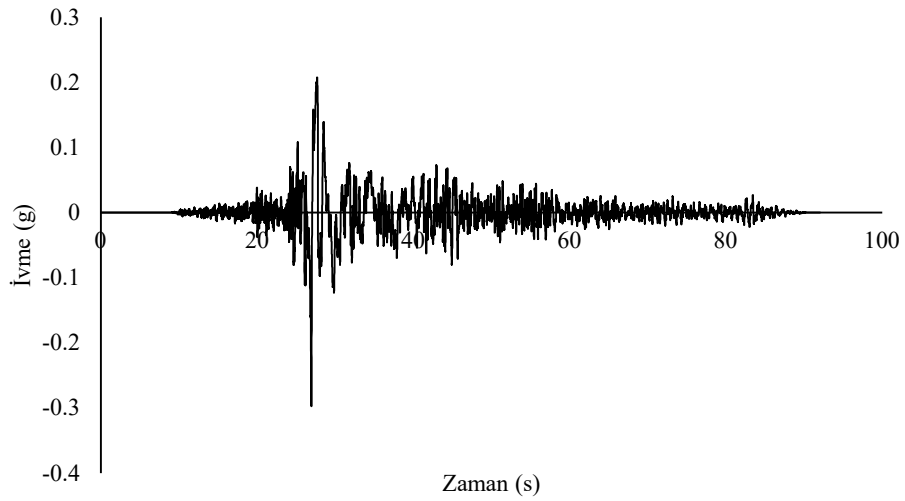
Şekil C.41: Kayıt-21 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği



Şekil C.42: Kayıt-21 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği

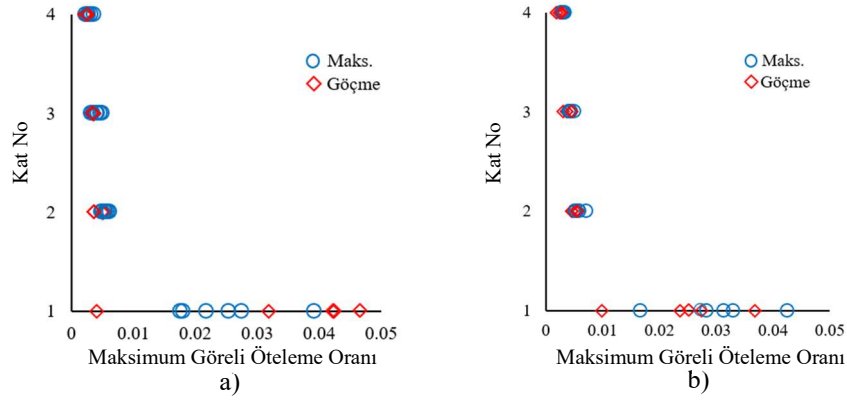


Şekil C.43: Kayıt-22 x doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği

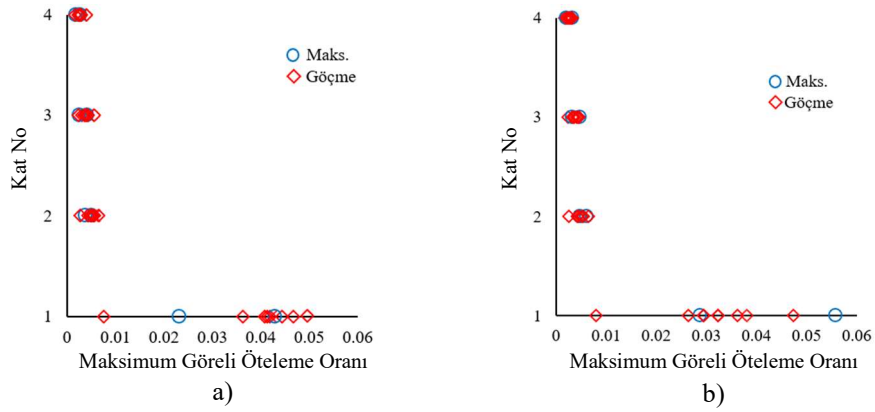


Şekil C.44: Kayıt-22 y doğrultusuna ait ivme-zaman grafiği

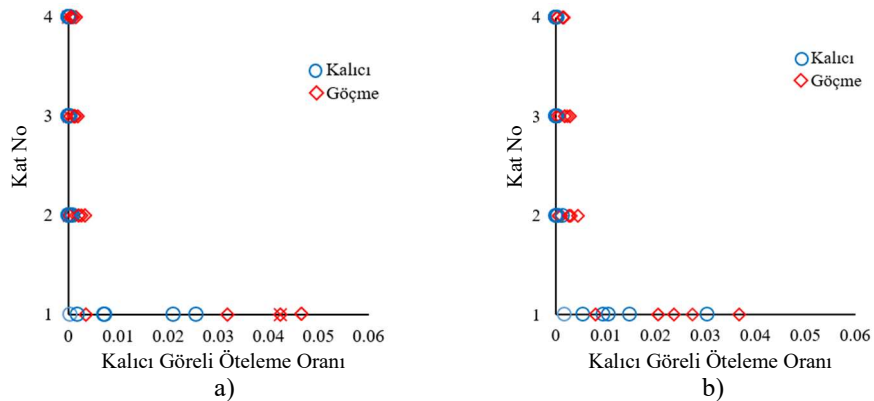
EK D: 4KB_D ve 7KB_D Binalarına Ait Maks. ve Kalıcı Görelî Öteleme Oranları



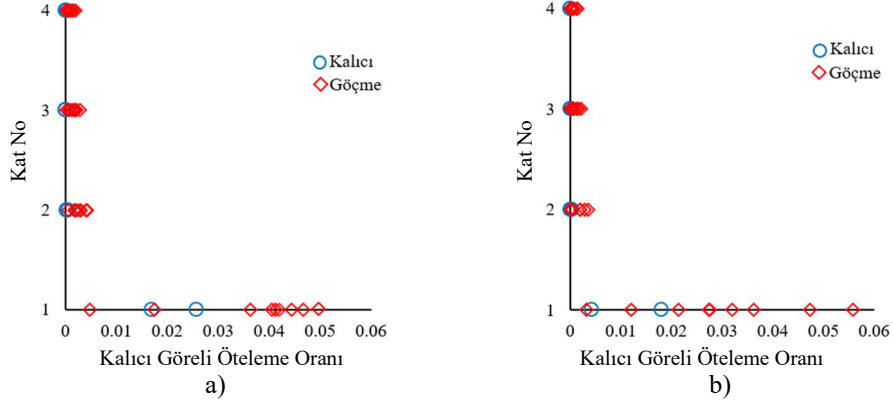
Şekil D.1: 4KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



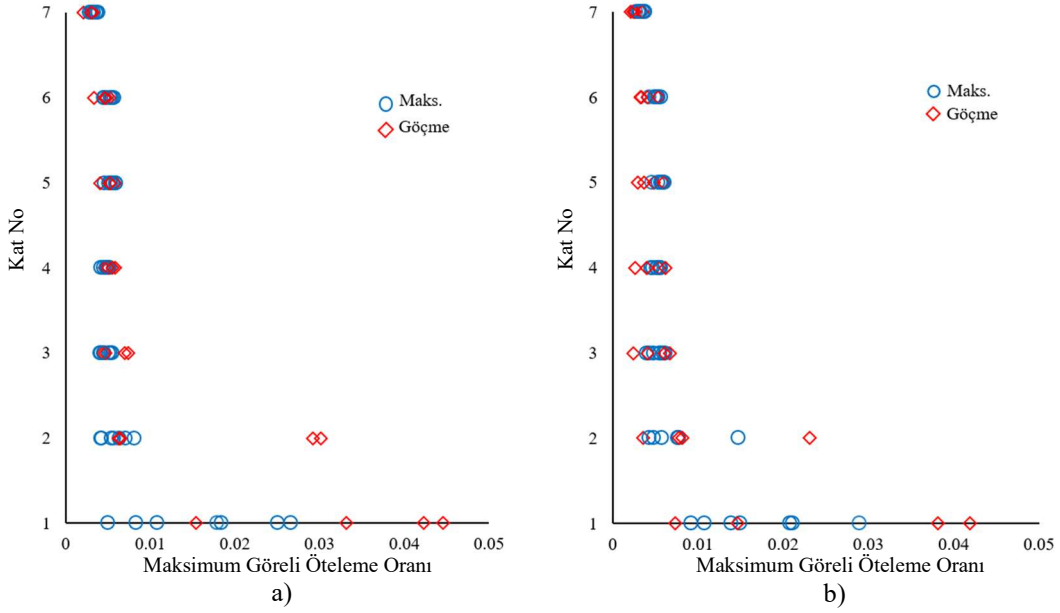
Şekil D.2: 4KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



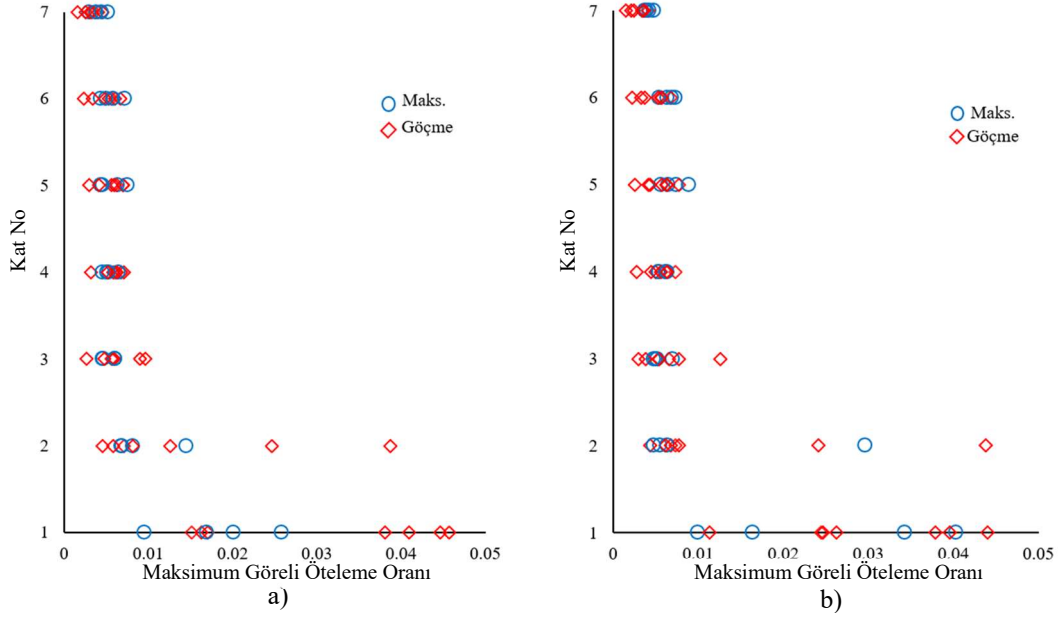
Şekil D.3: 4KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



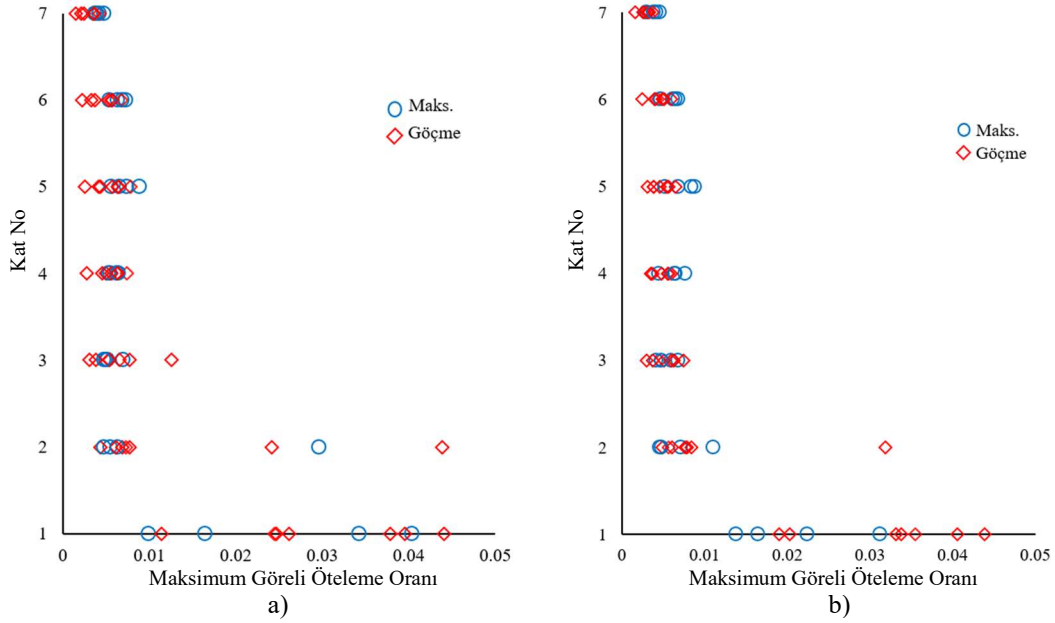
Şekil D.4: 4KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



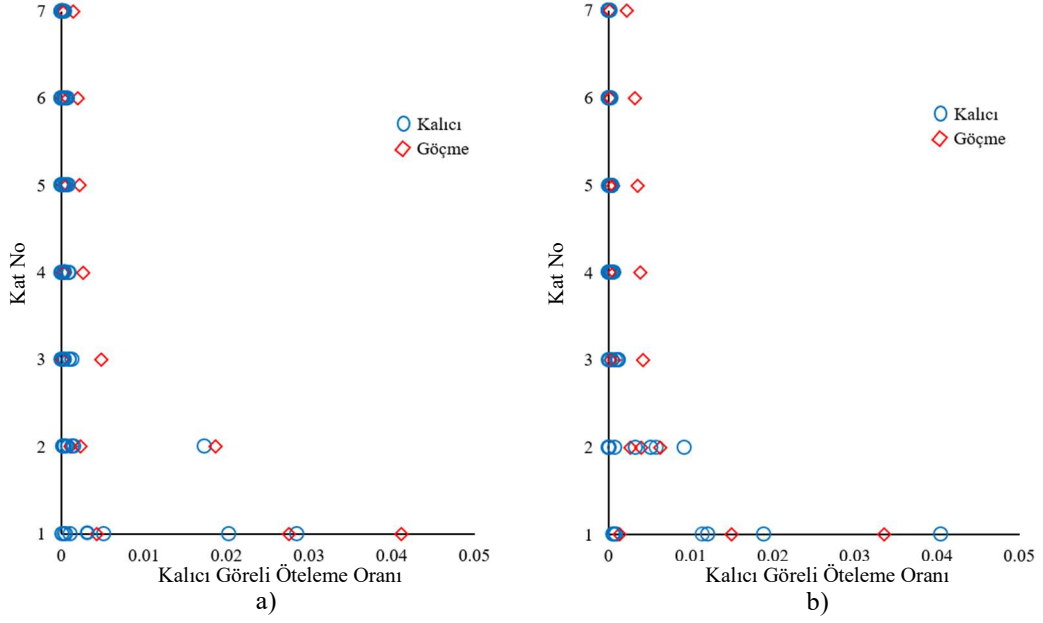
Şekil D.5: 7KB_D'de DD-2 düzeyi yakın fay grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



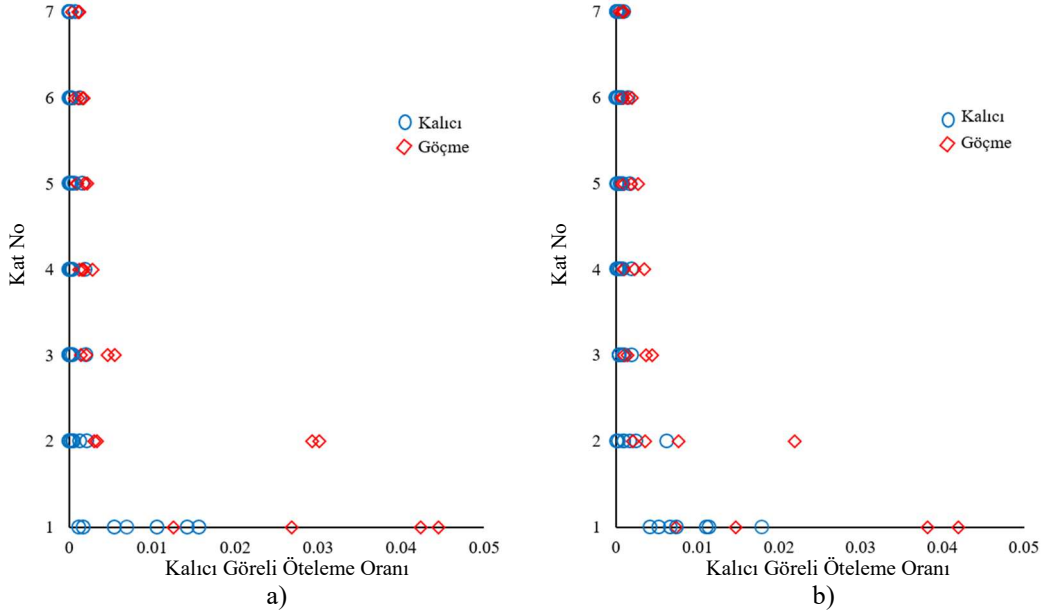
Şekil D.6: 7KB_D’de DD-1 düzeyi uzak fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



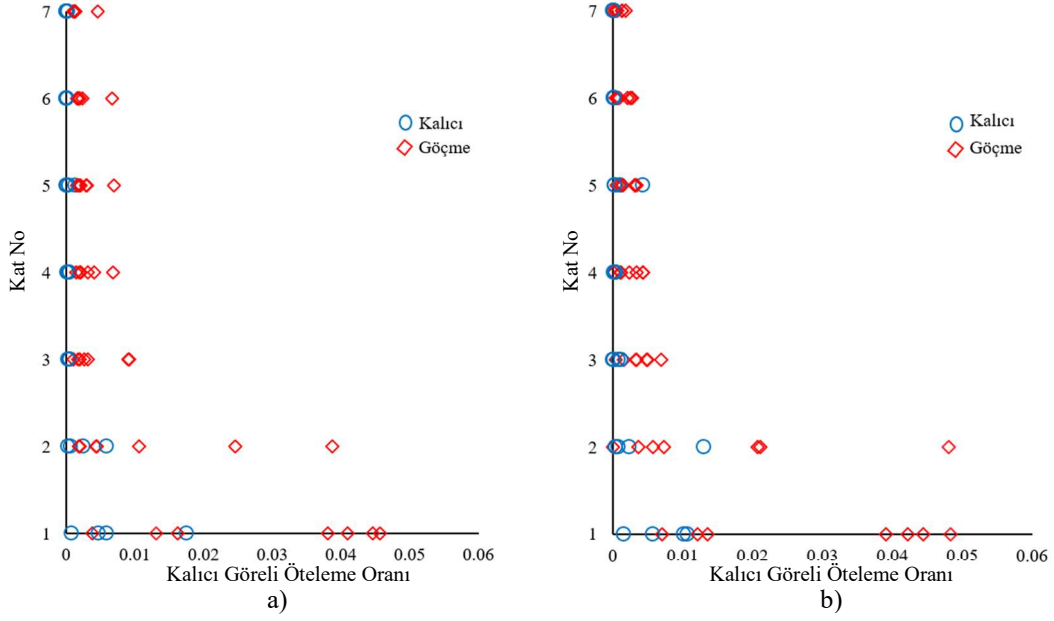
Şekil D.7: 7KB_D’de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



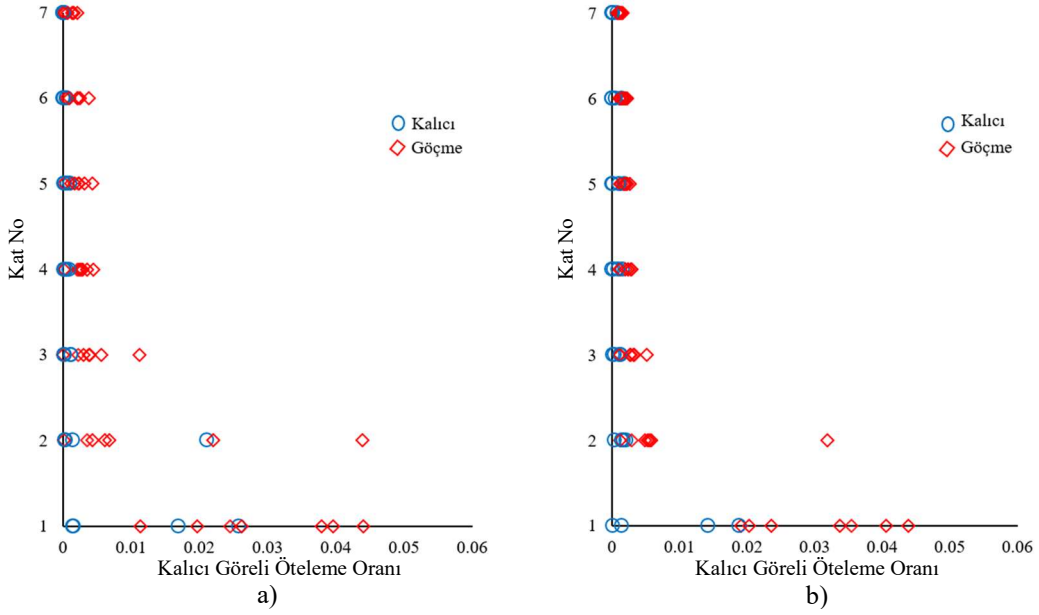
Şekil D.8: 7KB_D'de DD-2 düzeyi uzak fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



Şekil D.9: 7KB_D'de DD-2 düzeyi yakın fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

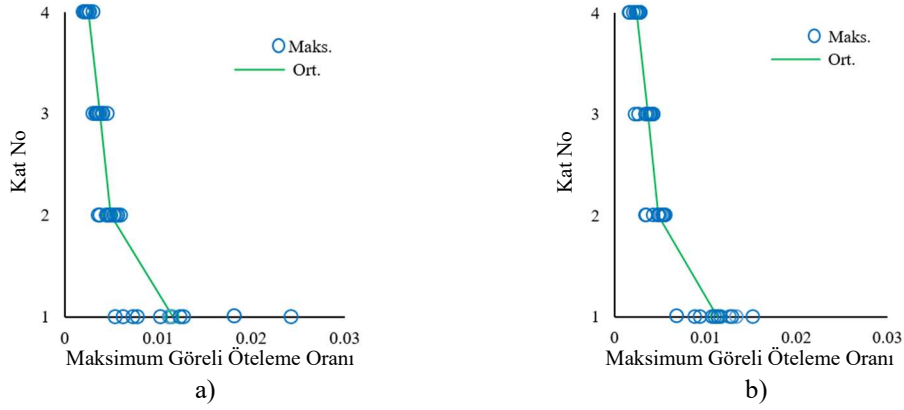


Şekil D.10: 7KB_D'de DD-1 düzeyi uzak fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

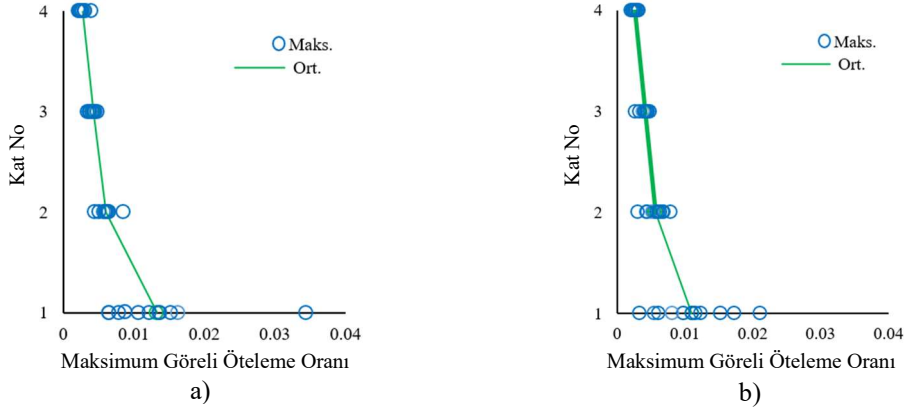


Şekil D.11: 7KB_D'de DD-1 düzeyi yakın fay deprem grubu için kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

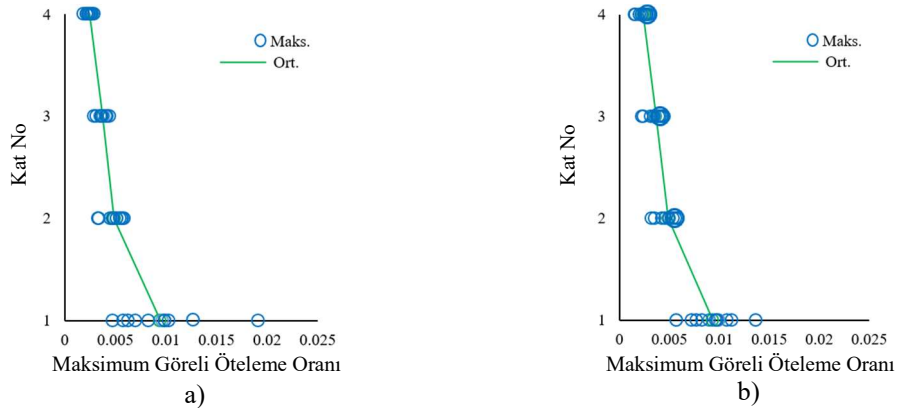
EK E: 4KB_S ve 7KB_S Binalarına Ait Maks. ve Kalıcı Görelî Öteleme Oranları



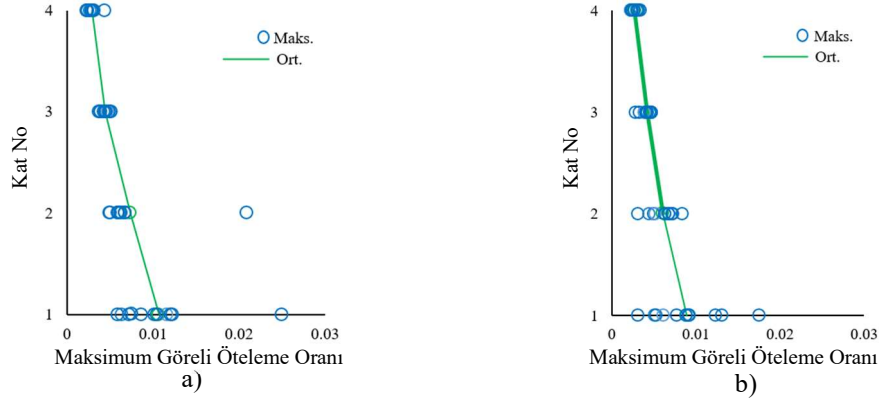
Şekil E.1: 4KB_S1U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



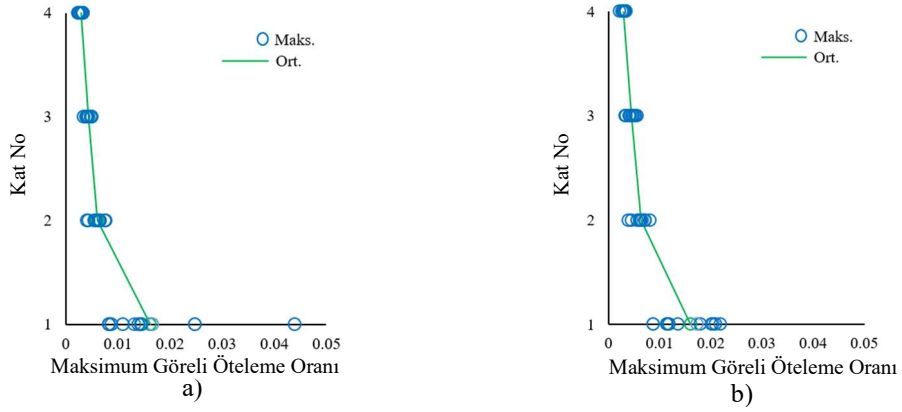
Şekil E.2: 4KB_S1Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



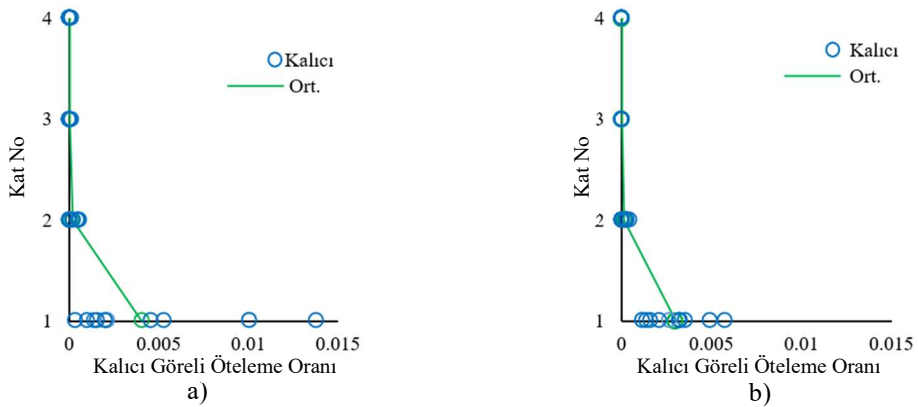
Şekil E.3: 4KB_S2U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



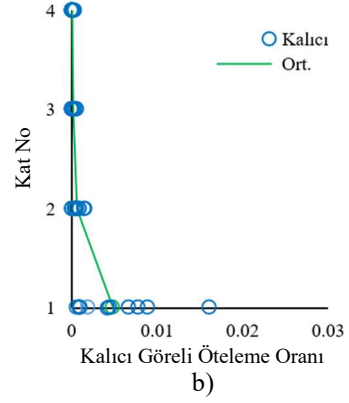
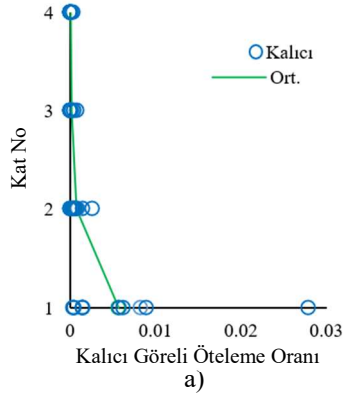
Şekil E.4: 4KB_S2Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



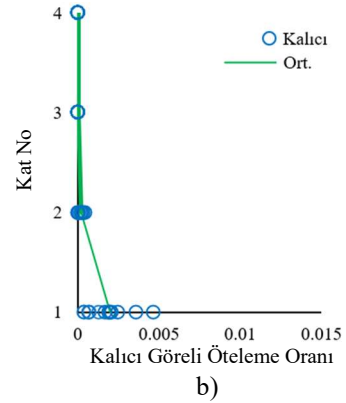
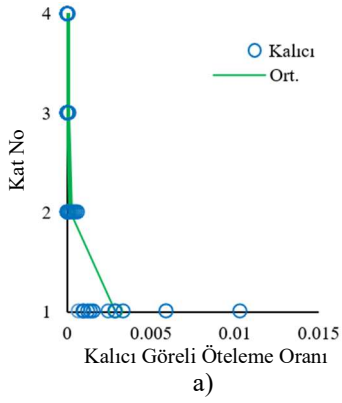
Şekil E.5: 4KB_S3U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



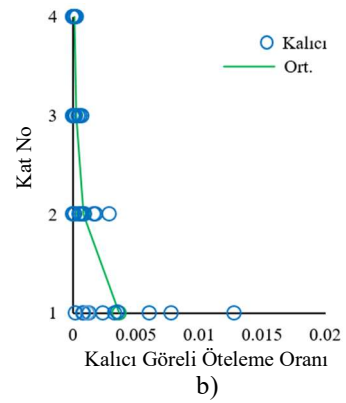
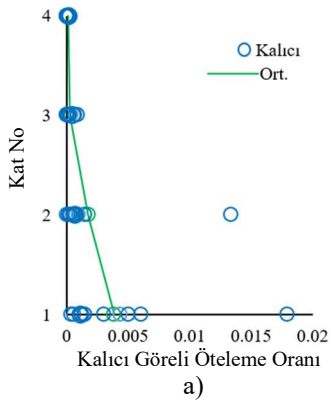
Şekil E.6: 4KB_S1U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



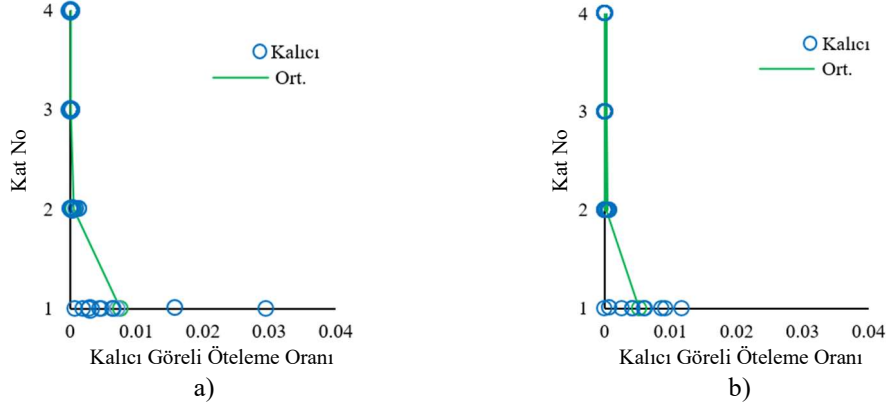
Şekil E.7: 4KB_S1Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



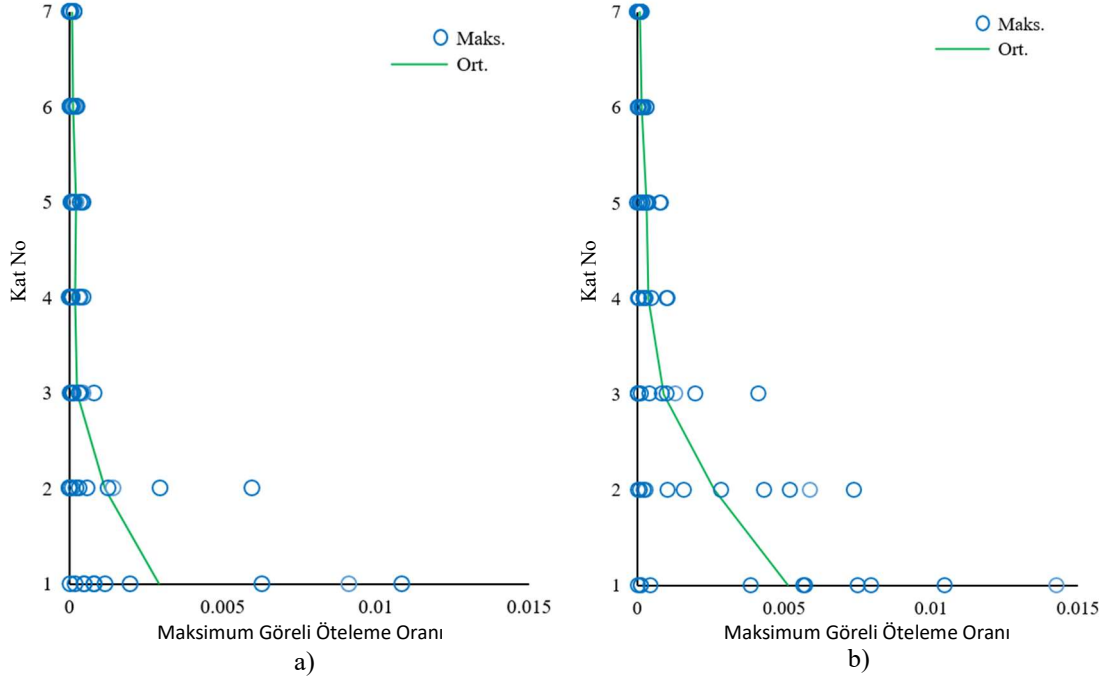
Şekil E.8: 4KB_S2U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



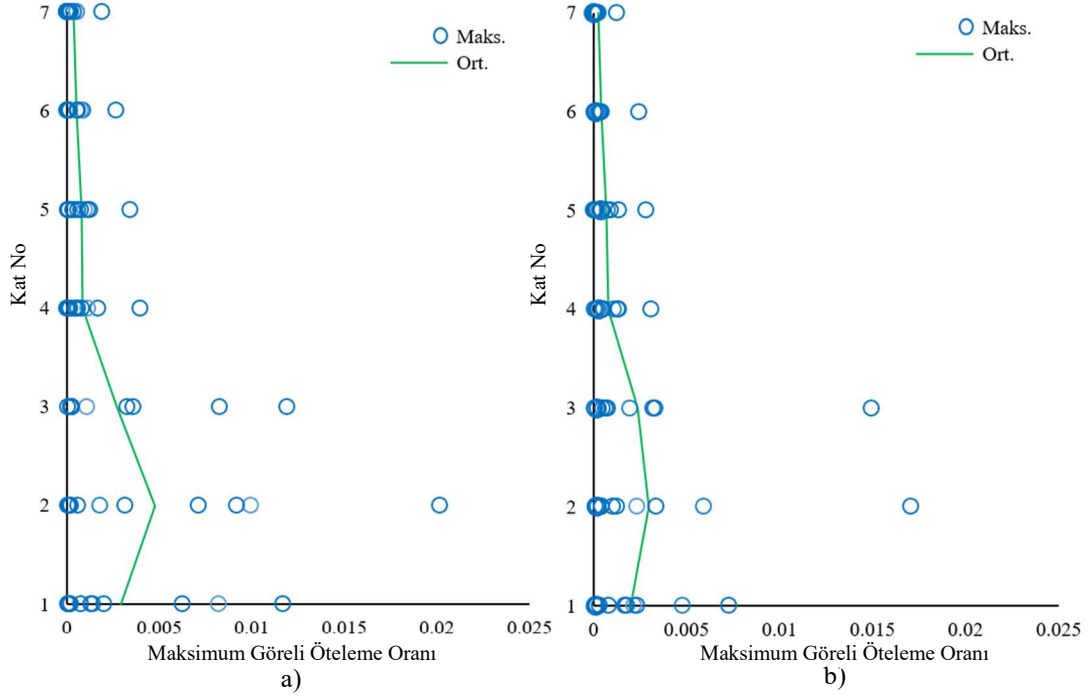
Şekil E.9: 4KB_S2Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



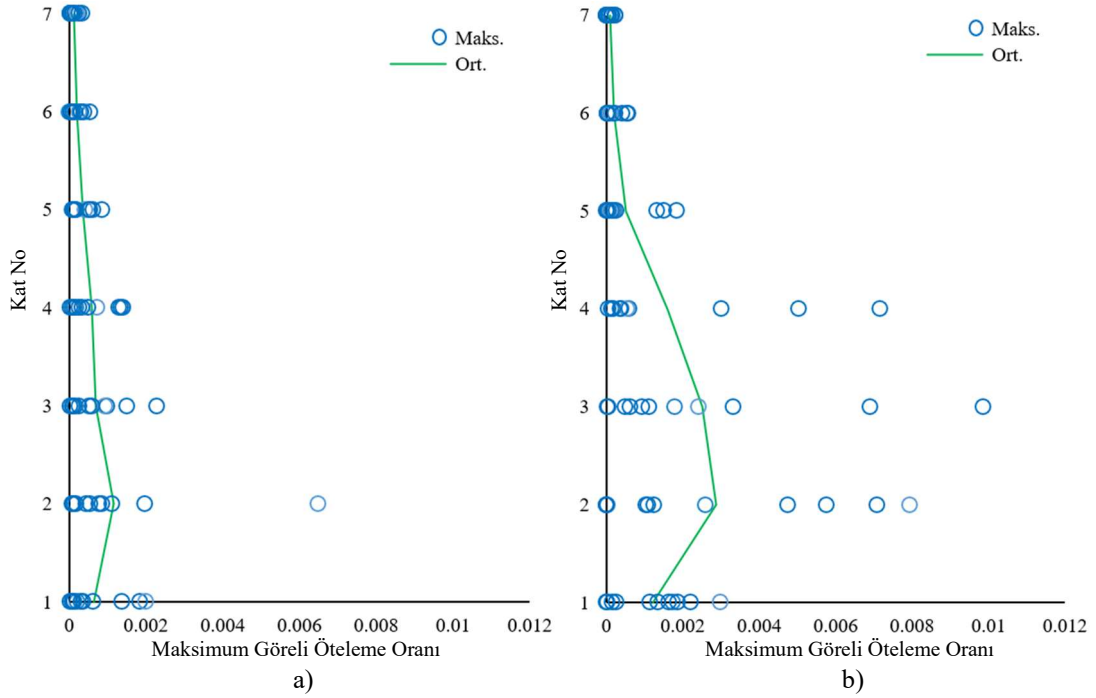
Şekil E.10: 4KB_S3U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



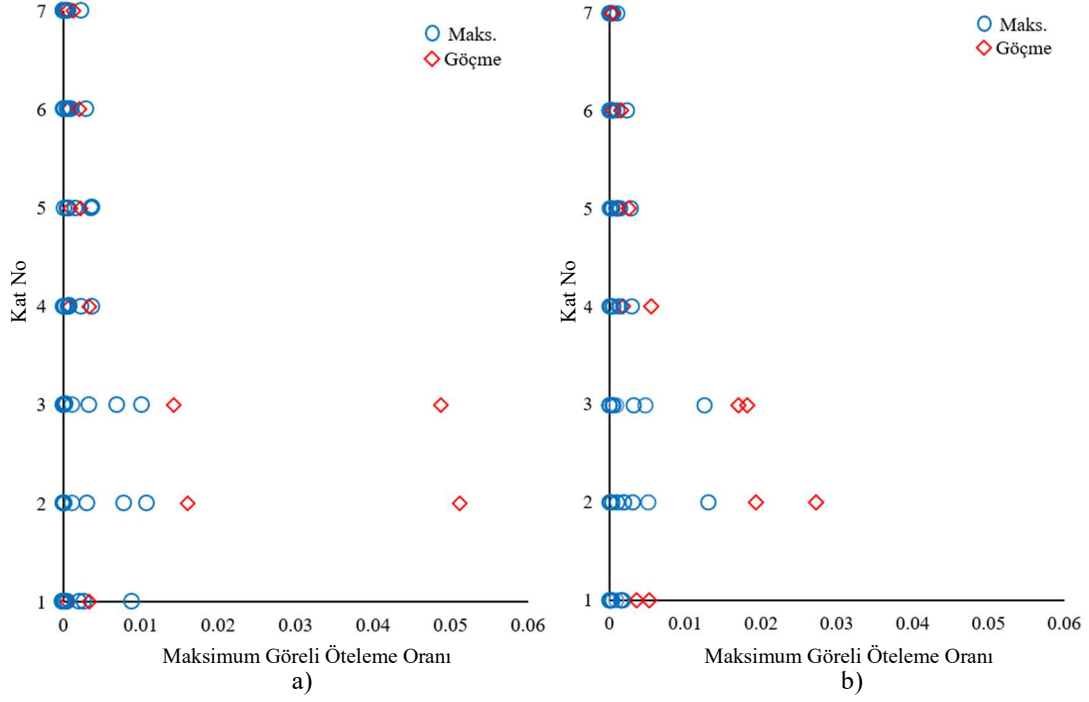
Şekil E.11: 7KB_S1U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



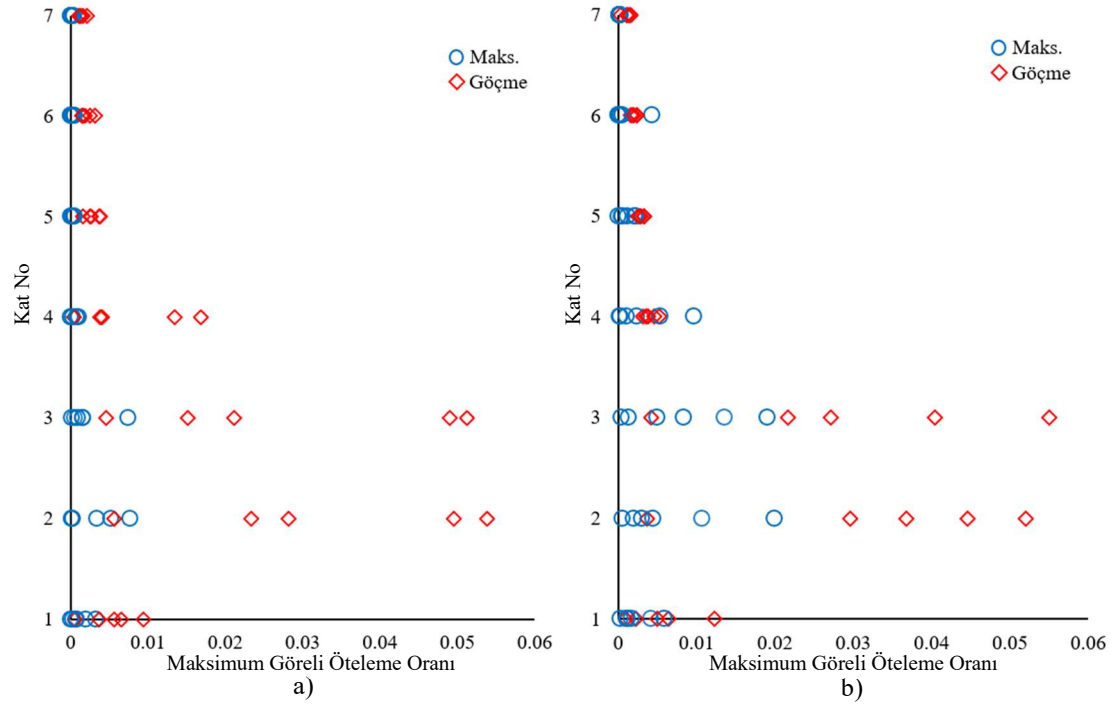
Şekil E.12: 7KB_S1Y binasında maksimum göreli öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



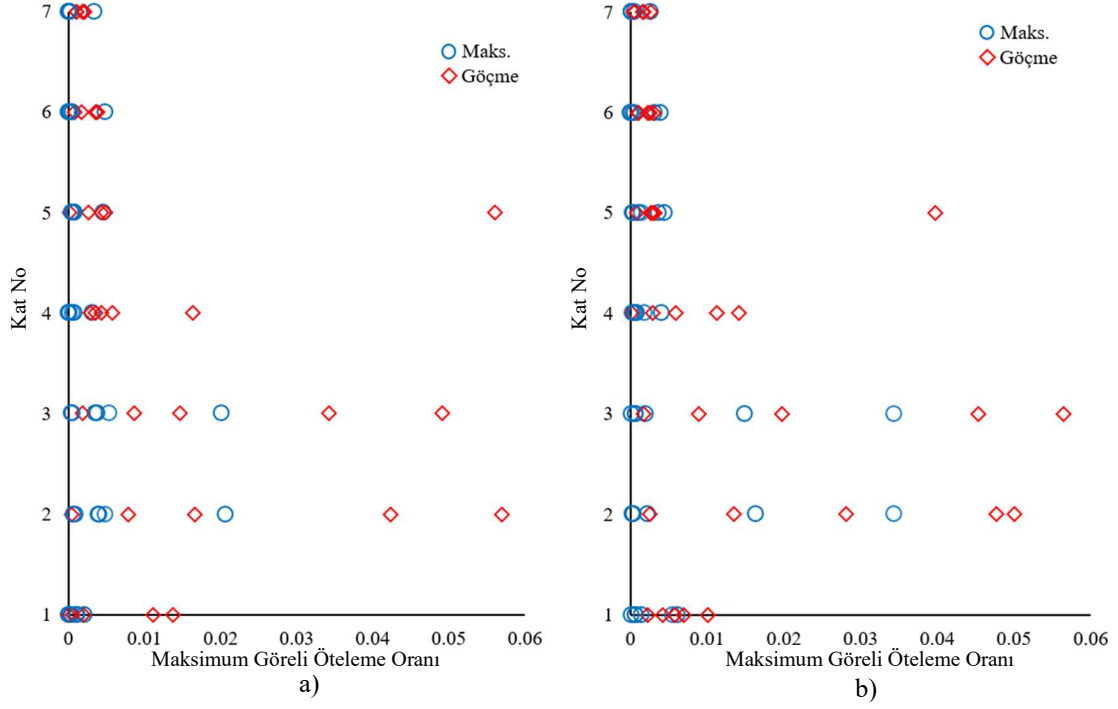
Şekil E.13: 7KB_S2U binasında maksimum göreli öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



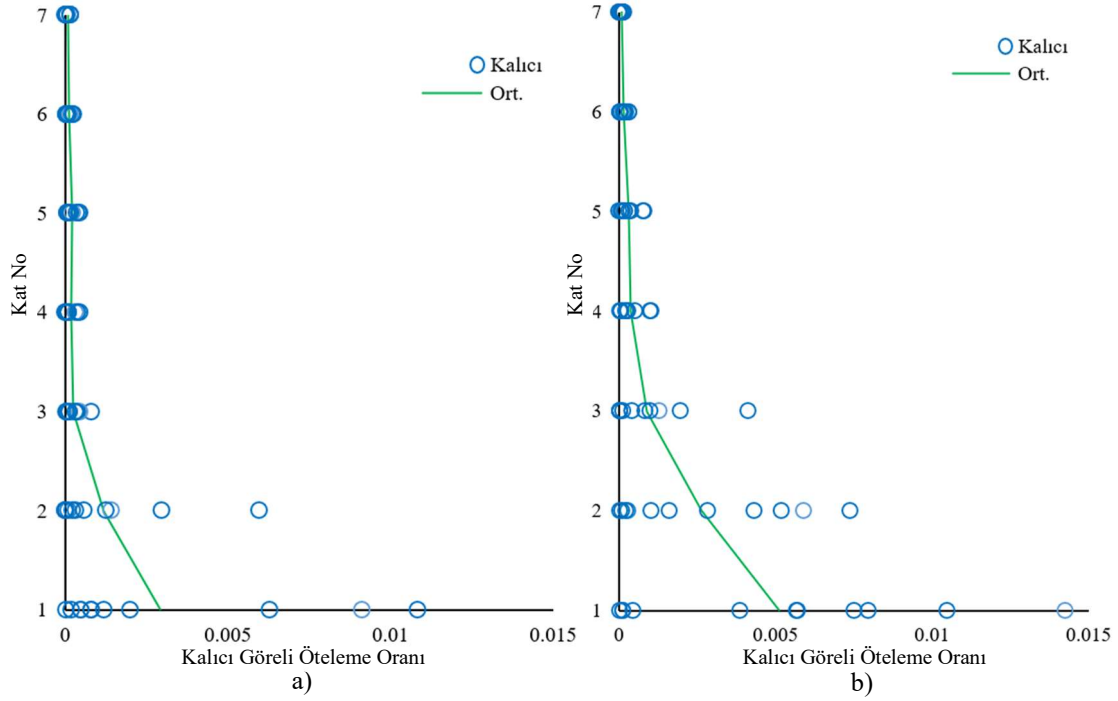
Şekil E.14: 7KB_S2Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



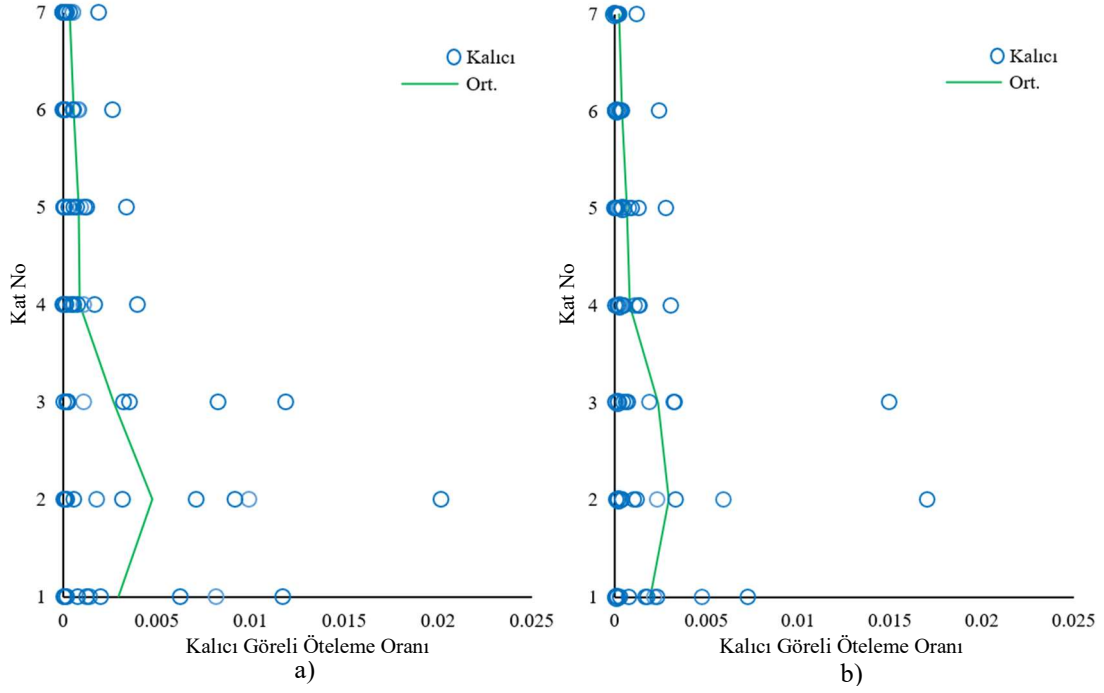
Şekil E.15: 7KB_S3U binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



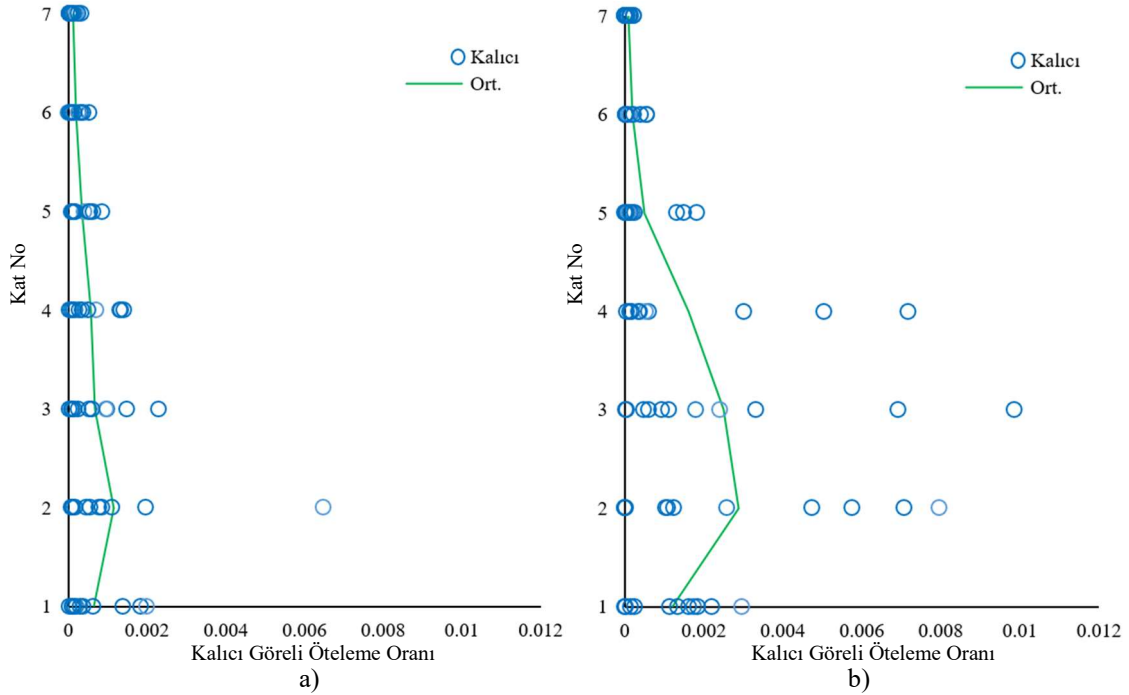
Şekil E.16: 7KB_S3Y binasında maksimum görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



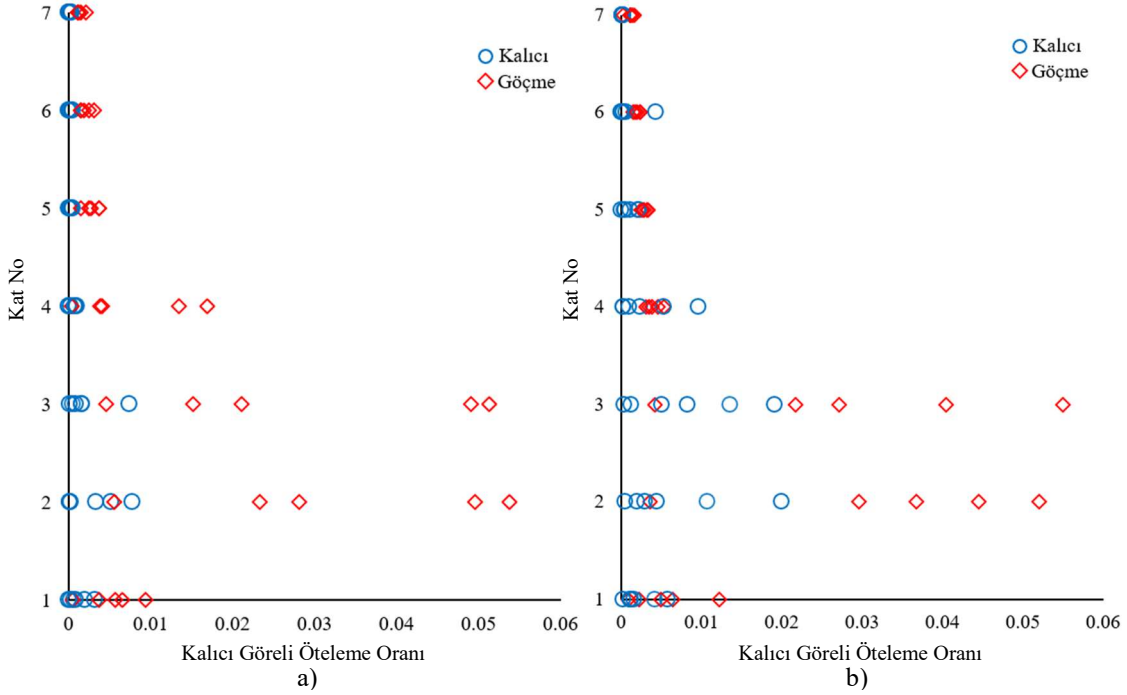
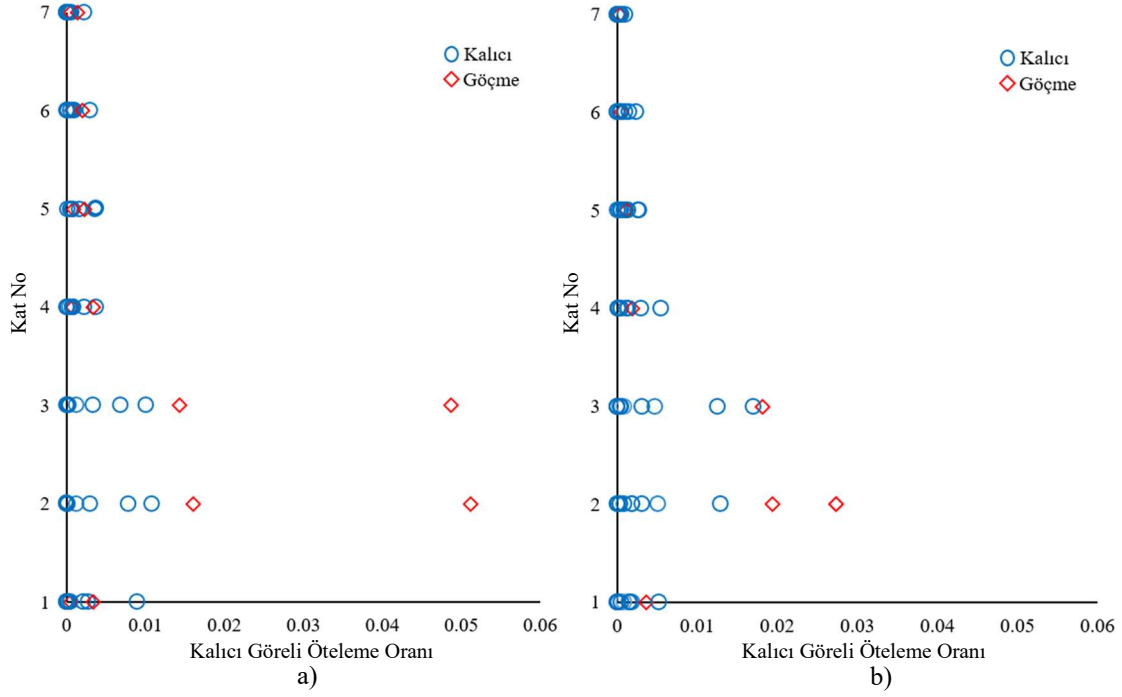
Şekil E.17: 7KB_S1U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

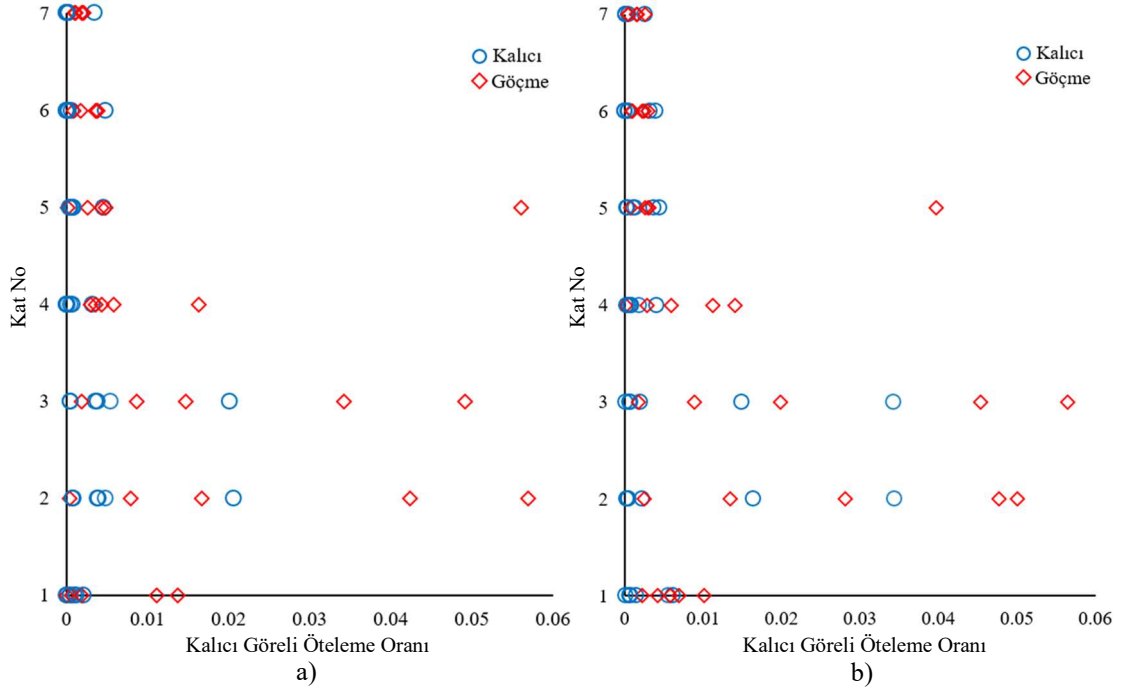


Şekil E.18: 7KB_S1Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu



Şekil E.19: 7KB_S2U binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu





Şekil E.22: 7KB_S3Y binasında kalıcı görelî öteleme oranları. a) x doğrultusu, b) y doğrultusu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Murat AŞICI

Doğum tarihi ve yeri : 1998 Bandırma

e-posta : masici.ce@gmail.com

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2025
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2020
Lise	Bigadiç Anadolu Öğretmen Lisesi	2016