



T.C.

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI



**6 ŞUBAT KAHRAMANMARAŞ
DEPREMLERİ SONRASI TÜRKİYE’NİN
YAPI STOĞUNDA YAPI-ZEMİN
ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ: HATAY
ŞEHİRİ ÖRNEĞİ**

MİZBAH OMUR

YÜKSEK LİSANS

KIRŞEHİR

2026



T.C.

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI



**6 ŞUBAT KAHRAMANMARAŞ
DEPREMLERİ SONRASI TÜRKİYE’NİN
YAPI STOĞUNDA YAPI-ZEMİN
ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ: HATAY
ŞEHİRİ ÖRNEĞİ**

MİZBAH OMUR

YÜKSEK LİSANS

DANIŞMAN

Doç. Dr. İbrahim ÖZ

KIRŞEHİR

2026

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değeriklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

12/06/2026

Mizbah OMUR

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa No
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	I
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT	V
TABLolar DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Depremlerle İlgili Kavramlar.....	2
1.2. Dünyada Depremler.....	3
1.3. Türkiye’de Depremler.....	7
1.4. 6 Şubat Kahramanmaraş Depremi	10
1.5. Hatay İlinin Deprem Geçmişi	20
1.6. Türkiye’de Deprem Haritalarının ve Yönetmeliklerin Tarihsel Süreci.....	22
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	29
2.1. Yapı Stoğunun Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar	29
2.2. Yapı Zemin Etkileşiminin İncelendiği Çalışmalar.....	31
3. MATERYAL VE METOT.....	35
3.1. Yapı-Zemin Etkileşimi Probleminin Tanımı	35
3.2. Doğrudan Yöntem (Direct Method).....	35
3.3. Ayrık Yöntem	37
3.3.1. Ataletsel Etkileşim.....	37
3.3.2. Kinematik Etkileşim	38
3.4. 6 Şubat Depremleri ve Çalışmanın Konusu	39
3.5. Yapılara Ait Modal Analiz Sonuçları	46

3.6. Bina Kapasitelerinin Değerlendirilmesi ve Doğrusal Olmayan Modelleme.....	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	65
EK-1.....	73
ÖZGEÇMİŞ	123

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezinin yazım sürecinde bana yol gösteren ve çalışma konusu ile ilgili bilgilerini paylaşan danışman hocam Doç. Dr. İbrahim ÖZ'e teşekkür ederim.

Haziran 2026

Mizbah OMUR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

6 ŞUBAT KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ SONRASI TÜRKİYE’NİN YAPI STOĞUNDA YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ: HATAY ŞEHİRİ ÖRNEĞİ

Mizbah OMUR

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. İbrahim ÖZ
Yıl: 2026, Sayfa:123
Jüri: Doç. Dr. İbrahim ÖZ
Dr. Öğr. Üyesi D. Mehmet ÖZCAN
Doç. Dr. Muhammet KAMAL

Bu çalışma kapsamında yapı zemin etkileşiminin mevcut binalar üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 3,4,5,6 ve 7 katlı binaların her birinden 10 adet bina incelenmiştir. Toplam 100 adet bina, ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak hem 1975 Deprem Yönetmeliğine göre hem de 1998 Deprem Yönetmeliğine göre analiz edilmiştir. Bina analizlerinde 6 Şubat 2023 tarihinde yerel saat ile 04.17 ve 13.24’te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremlerden elde edilen ivme değerleri kullanılmıştır. Bina analizlerinde yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesinde, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin kesit hasar sınırları dikkate alınmıştır. Analizlerde elde edilen talepler, binanın kapasiteleri ile karşılaştırılmış ve sismik performansları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda yapı zemin etkileşiminin dikkate alındığı durumlarda binalar, ankastre duruma göre daha kötü performans göstermiştir. Ayrıca 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılan binaların kat sayısı arttıkça göçmenin önlenmesi performans düzeyini gösterme oranları artarken 1998 deprem yönetmeliğine göre yapılmış binalarda benzer bir eğilim görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı zemin etkileşimi, 6 Şubat Kahramanmaraş depremi, 1975 Deprem Yönetmeliği, 1998 Deprem Yönetmeliği, Deprem performansı

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

INVESTIGATION OF SOIL-STRUCTURE INTERACTION IN BUILDING STOCK OF TÜRKİYE AFTER THE FEBRUARY 6 KAHRAMANMARAS EARTHQUAKES: THE CASE OF HATAY PROVINCE

Mizbah OMUR

KIRŞEHİR AHİ EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim ÖZ
Year: 2026, Page: 123
Juries: Assoc. Prof. Dr. İbrahim ÖZ
Assist. Prof. Dr. D. Mehmet ÖZCAN
Assoc. Prof. Dr. Muhammet KAMAL

As part of this study, 10 buildings from each of the 3, 4, 5, 6 and 7-story categories were examined to investigate the effects of structure-soil interaction on existing buildings. A total of 100 buildings were analyzed in accordance with both the 1975 Seismic Code and the 1998 Seismic Code, taking into account foundation and structure-soil interaction. In the building analyses, acceleration values obtained from the earthquakes centered in Kahramanmaraş that occurred on February 6, 2023, at 04:17 and 13:24 local time were used. In determining the damage limits of structural members, the section damage limits specified in the 2018 Turkish Building Seismic Code were considered. The demands obtained from the analyses were compared with the building's capacities, and their seismic performance was determined. In the results, buildings exhibited poorer performance when soil-structure interaction was considered compared to the case of fix-based. Furthermore, as the number of stories increased in buildings constructed according to the 1975 earthquake code the rates of exhibiting the collapse prevention performance level increased whereas a similar trend was not observed in buildings constructed according to the 1998 earthquake code.

Key Words: Soil-Structure interaction, February 6 Kahramanmaras earthquake, 1975 Earthquake code, 1998 Earthquake code, Seismic performance

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1.1. Mercalli şiddet ölçeği (AFAD, 2025).....	2
Tablo 1.2. Dünya tarihinde meydana gelmiş en ölümcül 15 deprem (USGS, 2026)	4
Tablo 1.3. Dünya tarihinde meydana gelmiş en büyük 20 deprem (USGS, 2026).....	5
Tablo 1.4. 1900-2026 yılları arasında Türkiye ve çevresinde meydana gelen en büyük 15 deprem (AFAD, 2025).....	10
Tablo 1.5. Deprem bölgesindeki 11 ilde kullanım amacına göre yapı sayıları (SBB, 2023)	15
Tablo 1.6. Deprem bölgesindeki illerin 1-2-3 katlı konut sayısı ve yüzdeleri (TÜİK, 2021)	16
Tablo 1.7. Deprem bölgesindeki illerin 4-5-6+ katlı konutların sayısı ve yüzdeleri (TÜİK, 2021).....	16
Tablo 1.8. Deprem bölgesindeki 11 ilin inşa yıllarına göre konut sayısı	18
Tablo 3.1. Yapılara ait kolon-kiriş boyutları, bina yükseklikleri ve açıklık sayıları ve mesafeleri.....	44
Tablo 3.2. TBDY 2018'e göre hareketli yük kütle katılım katsayıları.....	47
Tablo 3.3. Bina performans düzeyleri tanımları	49
Tablo 3.4. TBDY 2018'e göre malzeme hasar sınırları.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Dünya tarihinde meydana gelmiş en büyük 20 depremin konumları (USGS, 2026)	6
Şekil 1.2. M.Ö. 2000 – M.S. 1900 yılları arası Anadolu ve çevresinde meydana gelmiş deprem şiddetleri (AFAD, 2025).....	8
Şekil 1.3. M.S. 1900-2026 Yılları arası Anadolu ve çevresinde meydana gelmiş büyüklüğü 5'ten büyük olan depremler (AFAD, 2025)	9
Şekil 1.4. Hasar tespit çalışmalarında kolon-kiriş birleşim bölgesinde görülen hasarlar (Hatay, Antakya)	11
Şekil 1.5. Alt katın üzerine oturan binalar (Hatay, Antakya).....	12
Şekil 1.6. Kolonlarda görülen hasar çeşitleri (Hatay, Antakya).....	13
Şekil 1.7. Donatı korozyonuna örnekler (Hatay, Antakya).....	14
Şekil 1.8. Hatay ili ve çevresinde M.Ö. 2000 – M.S. 1900 yılları arasında meydana gelen depremlerin şiddetleri (AFAD, 2025).....	21
Şekil 1.9. Hatay ili ve çevresinde M.S. 1900-2026 yılları arasında meydana gelen depremlerin büyüklükleri (AFAD, 2025).....	22
Şekil 1.10. 1945 Yersarsıntısı bölgeleri haritası (Özmen, 2012)	23
Şekil 1.11. 1947 Tarihli yersarsıntısı bölgeleri haritası (Özmen ve Pampal, 2017).....	24
Şekil 1.12. 1963 Tarihli Türkiye deprem bölgeleri haritası (Özmen ve Pampal, 2017)	25
Şekil 1.13. 1972 Tarihi Türkiye deprem bölgeleri haritası (Özmen & Pampal, 2017).....	26
Şekil 1.14. 1996 Deprem bölgeleri haritası (AFAD, 2025)	26
Şekil 1.15. 2018 Türkiye deprem tehlike haritası (AFAD, 2025).....	27
Şekil 3.1. Doğrudan yonteme ait şematik matematik model.....	36
Şekil 3.2. Tek serbestlik derecesine sahip yapıların şematik gösterimi	38
Şekil 3.3. Kahramanmaraş merkezli iki depremin 3134 numaralı istasyondan alınan verilerin 10 saniye arayla kuzey-güney yönü ivme grafiği	41
Şekil 3.4. Kahramanmaraş merkezli iki depremin 3134 numaralı istasyondan alınan verilerin doğu-batı yönü ivme grafiği	41
Şekil 3.5. SAP2000 programına girilen doğu-batı yönlü (a) ve kuzey-güney yönlü (b) ivmeler	42
Şekil 3.6. Binalara ait örnek kalıp planı şablonu.....	45
Şekil 3.7. Yapılara ait örnek kesit	46

Şekil 3.8. Yapı zemin etkileşimini (YZE) temsilen düğüm noktalarına atanan yaylar.....	48
Şekil 3.9. TBDY 2018'e göre yapısal hasar bölgeleri.....	50
Şekil 3.10. Beton gerilme-şekil değiştirme grafiği.....	51
Şekil 3.11. Donatı gerilme-şekil değiştirme grafiği	51
Şekil 3.12. 5 Katlı bir yapının X ve Y yönündeki kapasite eğrisi ve analiz sonucu oluşan mafsalları	52
Şekil 4.1. Modal analiz ve TBDY 2018'e göre periyotların kat sayısına göre dağılımı.....	53
Şekil 4.2. 1975 Yönetmeliğine göre yapılmış binaların ankastre mesnetli ve yapı zemin etkileşimli (YZE) periyotları	54
Şekil 4.3. 1998 Yönetmeliğine göre yapılmış binaların ankastre mesnetli ve yapı zemin etkileşimli (YZE) periyotları	55
Şekil 4.4. Kat sayısına göre ortalama periyotlar	55
Şekil 4.5. Kat sayısına göre ortalama yapı zemin etkileşimli bina periyotlarının ortalama ankastre bina periyotlarına oranı	56
Şekil 4.6. 4 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	57
Şekil 4.7. 4 katlı 3 numaralı binanın deprem sonucu deplasman talepleri.....	57
Şekil 4.8. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 3 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması.....	58
Şekil 4.9. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 4 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması.....	59
Şekil 4.10. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 5 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması.....	60
Şekil 4.11. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 6 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması.....	60
Şekil 4.12. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 7 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması.....	61
Şekil 4.13. Yapı zemin etkileşimli (a) ve ankastre (b) binaların 1975 ve 1998 yönetmeliği analizleri sonucu kat sayısına göre göçmenin önlenmesi performans durumu..	62

EK-1.	3 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	73
EK-2.	3 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	73
EK-3.	3 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	74
EK-4.	3 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	74
EK-5.	3 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	75
EK-6.	3 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	75
EK-7.	3 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	76
EK-8.	3 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	76
EK-9.	3 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	77
EK-10.	3 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	77
EK-11.	4 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	78
EK-12.	4 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	78
EK-13.	4 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	79
EK-14.	4 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	79
EK-15.	4 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	80
EK-16.	4 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	80
EK-17.	4 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	81

EK-18.	4 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	81
EK-19.	4 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	82
EK-20.	4 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	82
EK-21.	5 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	83
EK-22.	5 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	83
EK-23.	5 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	84
EK-24.	5 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	84
EK-25.	5 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	85
EK-26.	5 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	85
EK-27.	5 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	86
EK-28.	5 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	86
EK-29.	5 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	87
EK-30.	5 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	87
EK-31.	6 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	88
EK-32.	6 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	88
EK-33.	6 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	89
EK-34.	6 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	89

EK-35.	6 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	90
EK-36.	6 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	90
EK-37.	6 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	91
EK-38.	6 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	91
EK-39.	6 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	92
EK-40.	6 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	92
EK-41.	7 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	93
EK-42.	7 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	93
EK-43.	7 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	94
EK-44.	7 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	94
EK-45.	7 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	95
EK-46.	7 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	95
EK-47.	7 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	96
EK-48.	7 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	96
EK-49.	7 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	97
EK-50.	7 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	97
EK-51.	3 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	98

EK-52.	3 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	98
EK-53.	3 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	99
EK-54.	3 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	99
EK-55.	3 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	100
EK-56.	3 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	100
EK-57.	3 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	101
EK-58.	3 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	101
EK-59.	3 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	102
EK-60.	3 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	102
EK-61.	4 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	103
EK-62.	4 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	103
EK-63.	4 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	104
EK-64.	4 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	104
EK-65.	4 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	105
EK-66.	4 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	105
EK-67.	4 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	106
EK-68.	4 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	106

EK-69.	4 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	107
EK-70.	4 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	107
EK-71.	5 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	108
EK-72.	5 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	108
EK-73.	5 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	109
EK-74.	5 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	109
EK-75.	5 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	110
EK-76.	5 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	110
EK-77.	5 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	111
EK-78.	5 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	111
EK-79.	5 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	112
EK-80.	5 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	112
EK-81.	6 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	113
EK-82.	6 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	113
EK-83.	6 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	114
EK-84.	6 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	114
EK-85.	6 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	115

EK-86.	6 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	115
EK-87.	6 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	116
EK-88.	6 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	116
EK-89.	6 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	117
EK-90.	6 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	117
EK-91.	7 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	118
EK-92.	7 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	118
EK-93.	7 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	119
EK-94.	7 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	119
EK-95.	7 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	120
EK-96.	7 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	120
EK-97.	7 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	121
EK-98.	7 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	121
EK-99.	7 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	122
EK-100.	7 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri	122

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
W_{we}	: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
$\varepsilon_S^{(GÖ)}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyinde için izin donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
$\varepsilon_C^{(GÖ)}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyinde sargılı beton birim kısalması sınırı
$\varepsilon_S^{(KH)}$: Kontrollü Hasar performans düzeyinde donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
$\varepsilon_C^{(KH)}$: Kontrollü Hasar performans düzeyinde sargılı beton birim kısalması sınırı
Δ	: Ötelenme
ν	: Poisson oranı
$\varepsilon_S^{(SH)}$: Sınırlı Hasar performans düzeyinde donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
$\varepsilon_C^{(SH)}$: Sınırlı Hasar performans düzeyinde sargılı beton birim kısalması sınırı
$T_{TBDY 2018}$: Türkiye Deprem Yönetmeliği 2018'e göre Periyot
γ	: Zemin birim hacim ağırlığı
k_θ	: Zemin dönme katsayısı
k_z	: Zemin düşey yatak katsayısı
V_s	: Zemin kayma dalgası hızı
k_y	: Zemin x yönündeki yatay ötelenme katsayısı
k_x	: Zemin y yönündeki yatay ötelenme katsayısı

Kısaltma	Açıklama
ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AFAD	: Afet ve Acil Durum Başkanlığı
BAF	: Batı Anadolu Fayı
DBYYHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

DAF	:	Doğu Anadolu Fayı
GÖ	:	Göçmenin Önlenmesi
İRAP	:	İl Afet Risk Azaltma Planı
KH	:	Kontrollü Hasar
KAF	:	Kuzey Anadolu Fayı
Mw	:	Moment Büyüklük
NOAA	:	National Oceanic and Atmospheric Administration
ÖDF	:	Ölü Deniz Fayı
SH	:	Sınırlı Hasar
SBB	:	Strateji ve Bütce Başkanlığı
R	:	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
TSD	:	Tek Serbestlik Derecesi
TBDY	:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TDTH	:	Türkiye Deprem Tehlike Haritası
USGS	:	United States Geological Survey
YZE	:	Yapı Zemin Etkileşimi
YBYYHY	:	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1. GİRİŞ

Depremler, yer kabuğunda meydana gelen büyük ölçekli hareketler olarak ifade edilmektedir. Plakalardaki bu hareketlerden dolayı olması beklenen yer değiştirmelerin küçük bir kısmı yavaş şekildeki ötelenmelerle, yaklaşık %80'lik kısmı ise ani ve büyük depremlerle gerçekleşmektedir (Kanamori ve Brodsky, 2004)

Önlem alınmayan veya alınamayan doğa olayları, insan yaşamı üzerindeki etkilerinden dolayı doğal afet olarak isimlendirilmektedir. Doğal afetler arasında depremlerin sebep olduğu can ve mal kayıpları, diğer afetlerle karşılaştırıldığında etkileri belirgin şekilde daha fazladır. Bu kayıpların örnekleri geçmişten bugüne hem Türkiye'de hem de dünyanın çeşitli ülkelerinde yaşanmıştır.

Depremlerden insanın hayatının direkt etkilenmesinin yanı sıra köprü, bina, baraj, yol gibi insan yapımı olan yapılara da ciddi şekilde zararlar verebilmektedir. Asfalt yollarda, tarihi köprülerde çökmeler, viyadük yapılarının çökmesi ve tren raylarında eksen kaymaları, depremden kaynaklanan ve sık karşılaşılan bir durumdur. 2011 yılındaki Japonya Tohoku depreminde 1 numaralı Fukuşima Nükleer Enerji Santralinde meydana gelen kaza, Çernobil'den sonra meydana gelmiş en büyük nükleer kaza olarak nitelendirilmiştir. 1 numaralı Fukuşima Nükleer Enerji Santralinin yerden yüksekliği 10 m iken tsunami dalgalarının 14-15 m'ye kadar çıktığı ve yüksek olarak da 39 m'ye kadar çıktığı rapor edilmiştir (Mimura ve ark., 2011) . Kazadan sonra nükleer santralin çevresindeki 20 km'lik alan tahliye edilmiştir. Sonraki süreçte de binlerce insan evlerinden ayrılmak durumunda kalmıştır. Nükleer kazadan sonra çalışanlar ve vatandaşlar üzerinde yapılan radyasyon çalışmalarıyla maruz kalınan radyasyon seviyeleri belirlenmiştir. Kazadan hemen sonra nükleer etkilerden doğrudan bağlantılı ölüm bildirilmemiştir. Ancak 2018 yılında Japon hükümeti radyasyona maruz kalan bir kişinin kanser nedeniyle hayatını kaybettiğini duyurmuştur (Ritchie, 2017).

2008 yılında Siçuan'da 7.9 büyüklüğünde meydana gelen deprem Çin'in ulaşım altyapısını ciddi şekilde etkilemiştir. O dönemki güncel yönetmelik şartlarına (maksimum PGA ve maksimum şiddet) uygun yapılmış olsa da depremin yüzeye yakın olması ve yer ivmelerinin tasarım ivmelerinin çok üstüne çıkmasından dolayı yapıların hasar görmesi kaçınılmaz olmuştur. Depremden sonra betonarme ve yığma köprülerinin de içinde olduğu 320 köprü ve diğer ulaşım birimleri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda köprülerin %14'ü ciddi hasar, %39'u orta derecede hasar ve %47'si ise hafif hasar ya da hasarsız şekilde olduğu tespit edilmiştir (Qiang ve ark., 2009). Aynı depremden toprak dolgu barajları, büyük

hasarlar görmüştür. Siçuan eyaletindeki yaklaşık 7 bin dolgu barajdan, 69’u patlama riski, 330’u yüksek seviyede risk 1617 adeti ise ikincil derecede yüksek risk taşıdığı belirtilmiştir (Chen ve ark., 2014).

1.1. Depremlerle İlgili Kavramlar

Büyüklik (Magnitüd): Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan “Magnitüd” tanımlanmıştır.

Şiddet: Herhangi bir noktada olan depremin yer üstünde verdiği zararın ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Gözlenen etkilerin uzun süreli deneyimlerle birleştirilmesiyle “Şiddet Cetveli” oluşturulmuştur. Tablo 1.1.’de yaygın olarak kullanılan Mercalli Şiddet ölçeği verilmiştir.

Tablo 1.1. Mercalli şiddet ölçeği (AFAD, 2025)

I. Aletsel	Çoğu kişi tarafından hissedilmez.
II. Zayıf	Genelde binaların üst katlarında birkaç kişi tarafından hissedilir. Asılı hassas cisimler sallanabilir.
III. Hafif	Kapalı mekânlarda, özellikle binaların üst katlarındaki kişiler tarafından hissedilebilir. Çoğu kişi bunun deprem olduğunun farkına varmaz.
IV. Orta	Hem kapalı mekânlarda hem dışarıda hissedilir. Gece bazı kişiler uyanır. Tabak-çanaklar, pencereler, kapılar oynar; duvarların çatırtılar gelir.
V. Oldukça güçlü	Açık havada çoğu kişi tarafında hissedilir, elverişli olmayan şartlardaki bazı kişiler hissetmeyebilir. Tabak-çanaklar ve pencere camları kırılabilir, büyük çanlar çalabilir.
VI. Güçlü	Herkesçe hissedilir; çoğu kişi korku içindedir ve dışarı koşar, dengesiz şekilde yürür. Pencereler, tabak-çanak ve bardaklar kırılır; kitaplar raflardan düşer; bazı ağır mobilyalar oynar veya devrilir, bazı yerlerde duvardan veya tavandan alçı dökülür.
VII. Çok güçlü	Ayakta durmak zordur; mobilyalar kırılır, iyi tasarlanmış ve inşa edilmiş yapılarda hasar ihmal edilebilir düzeydedir; alelade ama iyi yapılmış yapılarda hafif ve orta derece hasar; kötü tasarlanmış veya inşa edilmiş yapılarda önemli hasar; bazı bacalar kırılır; hareket halinde arabalardaki kişiler tarafından hissedilir.

VIII. Yıkıcı	Kötü yapılmış yapılarda büyük hasar. Ev ve fabrika bacaları, sütunlar, abideler, duvarlar yıkılır. Kuyu suları bulanma yaşar. Sürücüler sallantı sebebiyle araç süremez hâle gelir.
IX. Çok yıkıcı	Alelade binalarda büyük hasar, kısmen çöküntü. Bazı binalar temellerinden oynar. Eski köprü ve altyapılar tesisleri büyük hasar alır.
X. Yoğun	İyi inşa edilmiş ahşap binalar yıkılır; çoğu tuğla yapı temeliyle beraber yıkılır. Nehir kıyılarında ve dik yamaçlarda ciddi heyelanlar ve su taşkınları yaşanır. Eski ve alelade altyapılar artık kullanılamaz hâledir. Açık alanda sarsıntı anında ayakta durmak oldukça zorlaşır. Raylar eğrilir.
XI. Aşırı	Afet bölgesinin zemininde değişiklik başlar. Tuğla yapıların tamamına yakını çöker. Özel tasarlanmış yapıların bir kısmı temellerinden oynar. Köprüler çok büyük oranda yıkılır. Yollar ve kaldırımlar çok büyük hasar alır. Bazı ana yollar ulaşımına kapanır. Yeraltı boruları ve altyapıların büyük bir kısmı kullanılamaz hâle gelir.
XII. Afetsel	Afet bölgesinin yeryüzü şekli tamamıyla değişir. Sağlam bina, köprü, yol vb. neredeyse hiçbir yapı kalmaz. Ayakta kalmayı başarabilen yapıların bile artık kullanılamaz hâledir. Altyapı hatları ve iletişim sistemleri tamamıyla devre dışı kalır.

Odak noktası (Hipsantr): Odak noktası olarak adlandırılan bu nokta deprem enerjisinin ortaya çıktığı noktadır.

Dış merkez (Episantr): Depremin odak noktasına yer üzerindeki en yakın olan noktasıdır. Bu nokta aynı zamanda hasarın en çok olduğu ve depremin kuvvetinin en çok hissedildiği yerdir.

Eşşiddet (İzoseit) eğrileri: Deprem anında aynı şiddetle sarsılan yerleri birbirine bağlayan çizgilere denir.

Odak derinliği: Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı, depremin odak derinliği olarak adlandırılır (AFAD, 2025).

1.2. Dünyada Depremler

Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar (USGS) kurumunun verilerine göre sadece 2000'den bu yana dünyada büyüklüğü 7'den fazla olan 372 deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden 9.1 büyüklüğündeki 2011 Japonya depremi, 9.1 büyüklüğündeki

2004 yılı Sumatra depremi, 8.8 büyüklüğündeki 2025 Rusya Kamçatka Yarımadası depremi, 8.8 büyüklüğündeki 2010 Şili depremleri öne çıkmaktadır. Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) verilerine göre 2011 Japonya depreminde 18 binden fazla kişi, 2004 Sumatra depreminde 227 binden fazla kişi, 2010 Şili depreminde 558 kişi, 2025 Rusya Kamçatka depreminde ise 1 kişi hayatını kaybetmiştir (NOAA, 2025). Tablo 1.2.'de USGS'den alınan verilerle dünya tarihindeki en ölümcül 15 deprem sıralanmıştır.

Tablo 1.2. Dünya tarihinde meydana gelmiş en ölümcül 15 deprem (USGS, 2026)

No	Tarih	Yer	Ölü Sayısı	Büyüklik
1	01.23.1556	Shaanxi (Shensi), China	830 000	~8
2	27.07.1976	Tangshan, China	255 000	7.5
3	09.08.1138	Suriye, Halep	230 000	
4	26.12.2004	Sumatra	227 898	9.1
5	22.12.856	İran, Damghan	200 000	
6	16.12.1920	Haiyuan, Ningxia (Ning-hsia), China	200 000	7.8
7	23.03.893	İran, Ardabil	150 000	
8	01.09.1923	Kanto (Kwanto), Japan	142 800	7.9
9	05.10.1948	Aşkabat, Turkmenistan	110 000	7.3
10	27.09.1290	China, Zhili	100 000	
11	12.05.2008	Eastern Sichuan, China	87 587	7.9
12	08.10.2005	Pakistan	86 000	7.6
13	1~30.11.1667	Caucasia, Shemakha	80 000	
14	18.11.1727	İran, Tabriz	77 000	
15	28.12.1908	Messina, İtalya	72 000	7.2

Japonya, Endonezya, Hindistan, Şili gibi okyasuna kıyısı olan ülkelerde depremden kaynaklanan tsunamiler, hayatını kaybeden ve yaralanan kişi sayısının artmasına ve maddi hasarın katlanmasına neden olmaktadır. Çalışmanın giriş kısmında, tsunami nedeniyle Japonya'da meydana gelen nükleer kaza ve sonuçları bahsedilmiştir. NOAA'nın verilerine göre, 2011 Japonya depreminde depremin birincil etkisinden kaynaklanan ölümler 1 475 iken geri kalan ölümler depremin ikincil etkilerinden biri olan tsunamiden kaynaklanmıştır. Aynı durum 2004 yılında meydana gelen ve tarihin en büyük felaketlerinden biri olarak nitelendirilen Sumatra depremi için de geçerlidir. Depremin birincil etkisinden kaynaklanan

ölüm sayısı sayısı 1 001 olarak tespit edilirken diğer ölümlerde tsunaminin etkisi büyük olmuştur.

Depremlerde ölü sayısının artmasındaki en önemli faktörlerden biri, zararı artıracak müdahale edilebilen veya müdahale edilemeyen etkenlerin aynı anda bir arada bulunmasıdır. Depremi gece olması, kış mevsiminde olması, belli periyotlarla meydana gelmesi müdahale edilemeyen etkenlerken önlem alınması, bilinçlendirme, arama-kurtarma çalışmaları gibi etkenler de müdahale edilebilen etkenler arasında sayılmaktadır. Deprem vuku bulduğunda bahsedilen veya benzeri etkenlerin bir arada bulunup bulunmama durumuna göre kayıpların sayısı değişmektedir. Tablo 1.2’deki sayısal verilere bakıldığında kaydedilen en ölümcül 15 depremde, 2 milyon 300 binden fazla kişi hayatını kaybetmiştir. Tablo 1.3’te USGS kurumundan alınan verilerle kaydedilmiş en büyük 20 deprem sıralanmıştır. En ölümcül deprem sıralaması ve en büyük depremler arasında kıyaslama yapıldığında ölüm sayıları için doğrudan bir ilişki kurulamadığı görülmektedir. Örneğin en ölümcül depremin Çin’de olmasına ya da en büyük depremin Şili’de olmasına rağmen ölüm sayısının az olması, nüfus sayısı ile açıklanabilmektedir. Nüfusun yanı sıra depremin odak derinliği, ivme kaydı gibi karakteristik özellikler de hasar ve kayıpların dağılımında etkili faktörlerdir. Nüfusun fazla olmasından dolayı Tablo 1.2’de ağırlıklı olarak Asya bölgesindeki ülkeler yer almaktadır.

Tablo 1.3. Dünya tarihinde meydana gelmiş en büyük 20 deprem (USGS, 2026)

No	Büyükölük	Yer	Deprem İsmi	Tarih	Kaynaklar
1	9.5	Bio-Bio, Chile	Valdivia Earthquake	22.05.1960	Kanamori ve Anderson, 1975
2	9.2	Southern Alaska	1964 Great Alaska Earthquake, Prince William Sound Earthquake, Good Friday Earthquake	28.03.1964	Kanamori ve Anderson, 1975
3	9.1	Off the West Coast of Northern Sumatra	Sumatra-Andaman Islands Earthquake, 2004 Sumatra Earthquake and Tsunami, Indian Ocean Earthquake	26.12.2004	Duputel ve ark., 2012
4	9.1	Near the East Coast of Honshu, Japan	Tohoku Earthquake	11.03.2011	Duputel ve ark., 2012
5	9.0	Off the East Coast of the Kamchatka Peninsula, Russia	Kamchatka, Russia	04.11.1952	Kanamori, 1976
6	8.8	Offshore Bio-Bio, Chile	Maule Earthquake	27.02.2010	Duputel ve ark., 2012
7	8.8	Near the Coast of Ecuador	1906 Ecuador–Colombia Earthquake	31.01.1906	Kanamori, 1977

8	8.7	Rat Islands, Aleutian Islands, Alaska	Rat Islands Earthquake	04.02.1965	Kanamori ve Anderson, 1975
9	8.6	Eastern Xizang-India border region	Assam, Tibet	15.08.1950	Kanamori, 1977
10	8.6	Off the West Coast of Northern Sumatra		11.04.2012	Duputel ve ark., 2012
11	8.6	Northern Sumatra, Indonesia	Nias Earthquake	28.03.2005	NEIC
12	8.6	Andean of Islands, Aleutian Islands, Alaska		09.03.1957	Johnson ve ark., 1994
13	8.6	South of Alaska	Unimak Island Earthquake, Alaska	01.04.1946	Lopez ve Okal, 2006
14	8.5	Banda Sea		01.02.1938	Okal ve Reymond, 2003
15	8.5	Atacama, Chile	Chile-Argentina Border	11.11.1922	Kanamori, 1977
16	8.5	Kuril Islands		13.10.1963	Kanamori ve Anderson, 1975
17	8.4	Near the East Coast of Kamchatka Peninsula, Russia	Kamchatka, Russia	03.02.1923	Okal, 1992
18	8.4	Southern Sumatra, Indonesia		12.09.2007	NEIC
19	8.4	Near the of Southern Peru	Arequipa, Peru Earthquake	23.06.2001	Duputel ve ark., 2012
20	8.4	Off the East Coast of Honshu, Japan	Sanriku, Japan	02.03.1933	Kanamori, 1971

Şekil 1.1’de en büyük 20 depremin gerçekleştiği konumlar harita üzerinde gösterilmiştir. Haritaya bakıldığında depremlerin oluştuğu konumlar, tektonik levha sınırları ile paralellik göstermektedir.



Şekil 1.1. Dünya tarihinde meydana gelmiş en büyük 20 depremin konumları (USGS, 2026)

Tarihi deprem kayıtları ve hasarlarının sonuçlarına bakıldığında, aynı bölgede meydana gelen benzer karakterli depremlerin yarattığı hasarlar aynı olmamaktadır. Meydana gelen depremlerin çıktıklarından yola çıkarak gerekli önlemlerin alınması sonucunda hasarların ve kayıpların büyük ölçüde azaltılabileceğine dair örnekler mevcuttur. Bahsedilen duruma örnek olabilecek ülkelerden biri Şili'dir. 1939 yılında meydana gelen 8.3 büyüklüğündeki depremden hayatını kaybeden kişi sayısı 30 bin civarındayken bu tarihten sonra büyüğü 8'den büyük olan 9 deprem daha meydana gelmiş ve toplam can kaybı 3 bin civarında olmuştur (USGS, 2026). Özellikle tarihin en büyük depremlerinden biri olan 1960 depreminden sonra yapılan dönüşümler, alınan önlemler ve güçlü bir koordinasyon ağı sayesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Son 15 yılda, 2010'da 9.0 büyüklüğünde, 2014 yılında 8.2 ve 2015 yılında 8.3 büyüklüğünde 3 deprem meydana gelmiştir. Bu 3 depremde toplam ölüm sayısı 600'ü geçmemiştir.

Depremlerin can kaybının yanı sıra maddi olarak da büyük zararlar verebilmektedir. Oluşan maddi zararların boyutu, depreme maruz kalan ülkenin altyapısına, yapı stoğuna, önlem alınma durumu, hazırlıklı olam durumu vb. faktörlerle doğrudan ilişkidir. Depremlerin yarattığı maliyetler üzerinde çalışmalar olup çeşitli rakamlar ortaya atılmaktadır (Adagunodo ve Sunmonu, 2015), (Daniell ve ark., 2012). Ancak bu rakamların ne kadar gerçeği yansıttığı tartışmaları da bir yandan sürmektedir. Kısa vadede ve birincil etkilerin maliyetleri belirlense de uzun vade de ve bütün etkilen belirlenebilmesi, depremin yarattığı etkiler bakımından zor bir konudur.

1.3. Türkiye'de Depremler

Anadolu coğrafyası, oluşumundan bu yana yükselen ve jeolojik olarak genç sayılabilecek bir yaşıttır. Plakaların hareketliliği ve genç olması, bölgede sürekli depremlerin olmasına sebebiyet vermektedir. Oluşan depremlerin etkileri ve izleri tarihi kayıtlarda görülmektedir. Anadolu coğrafyasındaki tarihsel depremler hakkında çeşitli çalışmalar yapılmıştır. İmamoğlu ve ark. (2007) Güneydoğu Anadolu bölgesi ve çevresinin tarihsel süreçteki depremlerini araştırmışlardır. Yıldırım ve Nişancı (2023) antik çağlardan 10. yy'a kadar Anadolu'da olmuş depremlerin etkilerini inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. Arık (1992) Selçuklular zamanında meydana gelen depremlerin etkilerini ve tarihi kayıtlardaki yerlerine odaklanan çalışma yapmıştır. Adatepe ve Erel (2006) İznik'te tarih boyunca meydana gelen depremlerin araştırıldığı bir çalışma yapmışlardır. Satılmış

(2020) Balıkesir ve çevresinde 1850-1900 yılları arası yaşanmış olan depremleri incelediği bir çalışma yapmıştır. Türkiyedeki aktif fay hatları üzerinde fayların özellikleri, muhtemel deprem üretme periyotları salınan enerji vb. özellikleri hakkında çeşitli çalışmalar mevcuttur. Fichtner ve ark. (2013) ve Şengör ve ark. (2005) Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattının sismolojisi ve tektoniği üzerinde çalışmışları mevcuttur. Bayrak ve ark. (2015) ile Taymaz ve ark. (1991) Doğu Anadolu Fay hattı üzerinde çalışmalar yapmışlardır.

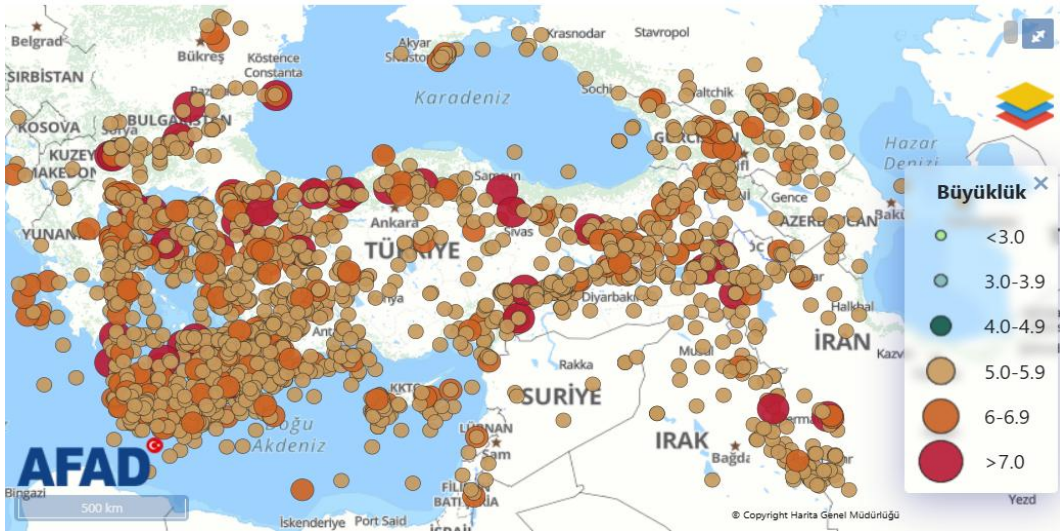
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının (AFAD) deprem kataloğu verilerine göre anadolu coğrafyasında ve çevresinde M.Ö. 2000 yılından milat noktasına kadar şiddeti 9'dan büyük olan 18 deprem meydana gelmiştir. Milat noktasından 1900 yılına kadar şiddeti 9'dan büyük olan 170 deprem meydana gelmiştir (Şekil 1.2). 1900 yılından günümüze ise Anadolu coğrafyası ve çevresinde büyüklüğü 7 ve 7'den büyük olan 37 deprem kayda geçirilmiştir (Şekil 1.3). Bu depremler arasında 1939 yılında 7.9 büyüklüğündeki Erzincan depremi, 1999 yılında 7.4 büyüklüğündeki Kocaeli Gölçük depremi ve 2023 yılında 7.7 ve 7.6 büyüklüğündeki Kahramanmaraş depremleri öne çıkmaktadır. Bu depremlerde sırasıyla 32 968, 17.480 ve 50 binden fazla can kaybı yaşanmış ve binlerce yapı hasar görmüştür.



Şekil 1.2. M.Ö. 2000 – M.S. 1900 yılları arası Anadolu ve çevresinde meydana gelmiş deprem şiddetleri (AFAD, 2025)

Hem Şekil 1.2 hem de Şekil 1.3'te görüldüğü gibi uzun dönemli deprem kayıtları bir arada gösterildiği zaman, yayınlanmış son diri fay haritasının ana hatlarıyla ortaya çıktığı görülmektedir. 3 bin yıllık zaman jeolojik birim olarak çok küçük olduğundan dolayı tarihi kayıtlardan elde edilecek depremlerle yeni keşfedilen fayların konumu, konu hakkındaki bilgi seviyesi artıkça örtüşeceği görülecektir. Şekil 1.2'de gösterilen harita, tarihi kayıtlara

göre o konumda vuku bulan depremlerin verdiği zararların şiddet ölçüğünde gösterimiyle elde edilmiştir. Şekil 1.3'te vuku bulduğunda etkileri belirgin şekilde hissedilen ($M_w \geq 5$) olan depremler harita üzerinde gösterilmiştir. Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde meydana gelmiş depremlerin meydana gelme yıllarına bakıldığında, gerilme kaymalarının hat üzerinde ilerlediği görülmektedir. KAF üzerinde sırasıyla $M_w \geq 6.0$ olan depremler: 1939 Erzincan Depremi, 1942 Niksar-Erbaa Depremi, 1943 Tosya-Ladik Depremi, 1944 Bolu Gerede Depremi, 1949 Bingöl Karlıova Depremi, 1951 Çankırı Kurşunlu Depremi, 1957 Bolu Abant Depremi, 1966 Muş Varto Depremi, 1967 Bolu Mudurnu Depremi, 1971 Bingöl Depremi, 1992 Erzincan Depremi, 1999 İzmit Gölcük Depremi, 1999 Düzce Depremi, 2010 Elazığ Depremi, 2011 Van Depremi meydana gelmiştir. Aynı şekilde Doğu Anadolu Fay hattında da hem tarihsel kayıtlarda hem de ölçüm cihazlarıyla kaydedilmiş çok sayıda deprem olmuştur (Aksoy ve ark., 2023)



Şekil 1.3. M.S. 1900-2026 Yılları arası Anadolu ve çevresinde meydana gelmiş büyüklüğü 5'ten büyük olan depremler (AFAD, 2025)

Şekil 1.3'te 1900-2026 yılları arasında büyüklüğü 5'ten büyük olan depremler gösterilmiştir. Depremlerin odak noktasına bakıldığında şu an bilinen fay hatları doğrultusunda bir uzanım sergiledikleri görülmektedir. 6 Şubat 2023 yılında Kahramanmaraş merkezi iki deprem bu fay hattı üzerinde meydana gelmiştir. Tablo 1.4'te Türkiye'yi etkileyen sınırları içerisinde ve çevresinde olmuş en büyük 15 deprem büyüklüklerine göre sıralanmıştır. Listelenmiş 15 depremlerden en eski tarihli deprem, 1903 yılına gitmektedir. Bu da ortalama 10 yılda bir etkileri ağır olabilecek depremlerin olma ihtimali anlamına gelmektedir. Türkiye, depremler açısından dünyanın en aktif bölgelerden

birinde olduğu için bundan sonraki süreçte belli periyotlarla meydana gelmeye devam edeceklerdir.

Tablo 1.4. 1900-2026 yılları arasında Türkiye ve çevresinde meydana gelen en büyük 15 deprem (AFAD, 2025)

Tarih	Boylam	Enlem	Derinlik	Tür	Büyüklik	Konum	Kaynak
27.12.1939	39.51	39.8	20	MS	7.9	Erzican	Alsan ve ark.,1975
11.08.1903	23	36	80	MS	7.9	Ege Denizi	Ayhan ve ark.,1981
04.04.1904	23.1	41.8	18	MS	7.8	Bulgaristan	Ayhan ve ark.,1981
06.02.2023	37.043	37.288	8.6	MW	7.7	Pazarcık (Kahramanmaraş)	AFAD
26.06.1926	27.33	36.54	100	MS	7.7	Datça Açıkları-Ege Dizi	Ayhan ve ark.,1981
06.02.2023	37.239	38.08	7	MW	7.6	Elbistan (Kahramanmaraş)	AFAD
17.08.1999	30.004	40.77	15	Mw	7.6	Gölcük-Kocaeli	HRVD-GCMT
07.05.1930	44.48	37.98	70	MS	7.6	İran	Alsan ve ark.,1975
09.07.1956	25.92	36.69	10	MS	7.4	Ege Denizi	Alsan ve ark.,1975
09.08.1912	27.2	40.75	10	MS	7.4	Şarköy-Tekirdağ	Ambraseys-Finkel 1987
09.11.1905	24.4	40.3	14	MS	7.4	Ege Denizi-Yunaistan Sınırı	Ayhan ve ark.,1981
01.02.1944	32.6	40.9	10	MS	7.3	Gerede-Bolu	Ambraseys-Jackson 1997
12.11.2017	45.795	34.642	20	Ms(BB)	7.2	Sarpol-e-Zahab, Kermanshah (İran)	AFAD
28.03.1970	29.51	39.21	18	MS	7.2	Kütahya	Ayhan ve ark., 1981
20.02.1968	24.94	39.4	7	MS	7.2	Ege Denizi	Ayhan ve ark., 1981

Tablo 1.4’te verilen deprem haricinde Türkiye’de çok sayıda yıkıcı deprem olmuştur. Denli (2018), 1928-1950 yılları arasında meydana gelen yıkıcı depremlerin etkilerini ve sonuçlarını incelediği çalışması bahsedilen duruma örnek oluşturmaktadır.

1.4. 6 Şubat Kahramanmaraş Depremi

6 Şubat 2023’te Türkiye saati ile 04.17’de merkez üssü Kahramanmaraş Pazarcık olan Mw=7.7 büyüklüğünde ve saat 13.24’te Kahramanmaraş Elbistan merkezli Mw=7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Ana depremlerden sonra sayıları binleri bulan artçı depremler meydana gelmiştir. İki deprem sonucunda Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa olmak

üzere 11 il ciddi şekilde etkilenmiştir. Can kaybı bakımından 1939 Erzincan Depremini geçmiş, maddi hasar ise milyarlarca dolara kadar çıkmıştır. Sosyal, üst yapı altyapı, psikolojik etkilerinin belirlenebilmesi için depremden hemen sonra birçok alanda çalışmalara başlanılmıştır. Bu çalışmaların en kapsamlılarından biri de şüphesiz hasar tespit çalışmalarıdır. Hasar tespit çalışmaları için kamuda görevli teknik personel, üniversitelerden akademik personel ve gönüllü olarak çalışmak isteyen teknik personelin görevlendirilmesiyle yapılmıştır. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığının (SBB) 6 Mart 2023 raporuna göre 1.7 milyon binanın hasar tespit çalışması yapılmıştır. Bu binalardan yaklaşık olarak 860 bini hasarsız, 431 bini az hasarlı, 40 bini orta hasarlı, 180 bini ağır hasarlı, 35 bini yıkık, 17.5 bini acil yıkılacak yapı olarak tespit edilmiştir.

Depremden sonra yapılan hasar tespit çalışmalarında hasar sebeplerinin çeşitliliği gözlemlenmiştir. Verilen hasar görselleri, Hatay ili Antakya ilçesi ve mahallelerinde yapılan hasar tespit çalışmaları sırasında gözlemlenmiştir.



Şekil 1.4. Hasar tespit çalışmalarında kolon-kiriş birleşim bölgesinde görülen hasarlar
(Hatay, Antakya)

Şekil 1.4'te depremden dolayı oluşan hasarlar görülmektedir. Kolon kiriş bölgesinin deprem esnasında en çok zorlanan bölgelerden biri olduğu bilinmektedir. Bu nedenler güncel deprem yönetmeliğinde donatı sıklaştırması uygulanmaktadır. Yerinde yapılan gözlemler neticesinde ve görsellerden de anlaşılacağı gibi donatı yoğunluğu istenilen seviyede değildir.

Etriye donatıları genellikle 20 cm ve daha fazla aralıklarla atıldığı, 135 derece olarak bükülmediği görülmüştür. Donatıların nervürlü olmaması da olumsuz etkileyen bir başka neden olmuştur. Kolonlardaki donatı çaplarının genellikle ince donatı olduğu, kalın donatı olduğu durumda bile en fazla 14 mm çapında oldukları gözlemlenmiştir. Şekil 1.4'teki en sağ resimde örneği verilen donatı sayısı ve düzeni, yapılarda en çok kullanılan adet ve şekil olduğu görülmüştür. Buna ek olarak donatı bindirme boyunun eksik olması, yapının daha iyi performans göstermesine engel olmuştur. Kullanılan beton kalitesinin iyi olmadığı da göz önüne alınırsa bütün bu etkilerin bir araya gelmesi hasarın artmasını kaçınılmaz kılmıştır.

Kolon-kiriş bölgelerinde görülen hasarların bir başka sebebi, güçlü kiriş-zayıf kolon olarak görülmektedir. Kirişlerin güçlü tasarlanması ve kolonların kirişlere nazaran zayıf kalmasından dolayı hasarlar önce kolonda oluşmakta ve ilerlediğinde yapıyı göçmeye kadar götürmektedir. Şekil 1.5'te görülen göçme bu durumları örnek teşkil etmektedir. Alt katlardaki kolonların göçmesinden dolayı üst katlar “pankek” modeli olarak adlandırılan şekilde olduğu gibi alt katın üzerine oturmuştur.



Şekil 1.5. Alt katın üzerine oturan binalar (Hatay, Antakya)

Yaygın görülen hasarların bir hasar kısa kolon etkisidir. Yapı eleman boyunun kısa olmasından dolayı yüksek olan rijitliği ile beraber daha fazla deprem kuvveti almaktadır. Bundan dolayı deprem kuvvetleri altında gevrek davranması ve fazla hasar görmesi beklenmektedir. Şekil 1.6'da görüldüğü gibi merdiven sahanlığının kolonun orta noktasına mesnetlenmesinden dolayı kolon boyu kısalmış ve kısa kolon etkisi göstermiştir. Mesnet noktasına yakın yerde keskin bir şekilde eğimli kesilme meydana gelmiş ve donatıların kolonu ayakta tuttuğu görülmektedir. Beton pas payının döküldükten sonra ortaya çıkan donatılara bakıldığında, donatı miktarının yeterli olmadığı görülmektedir. Kolonun orta noktasına mesnetlenen merdiven, kolonun rijitliğini teorik hesaplara yaklaşık 8 kat artırmıştır. Artan bu rijitliği dengelemek ve kolonun sünekliğini artırmak için fazladan donatı yerleştirilmesi, etriye sıklaştırması yapılması gerekmektedir.

Şekil 1.6'daki diğer hasar türlerine bakıldığında kolonların temelle bağlandığı noktalardaki hasarlar görülmektedir. Kolonların temellerle birleştiği noktalar yine deprem esnasından en çok zorlanan yerlerden biri olduğu bilinmektedir. Gelen deprem kuvvetlerini karşılamak için temelin içinden gelen filiz donatıları ve donatı sıklaştırma uygulamaları yapılmaktadır. Kolon-kiriş birleşim bölgesindeki hasara neden olan etkenlere benzer şekilde bu hasarlarda da çapları yetersizliği, etriye sıklaştırması, beton kalitesi ve temelden gelen donatı filizlerinin olmaması, hasarın artmasına sebep olmaktadır. Özellikle kolonda kullanılan boyuna donatı çapları, enine donatı çapı ve aralığına bakıldığında, kolonların kesme ve eğilme etkileri altında neden çok hasar aldıkları anlaşılmaktadır. Yönetmeliklerin öngördüğü kurallara göre projelendirilmesine rağmen uygulamada belirtilen malzeme kalitesinin kullanılmaması, belirlenen oranın altında ve eksik kullanılması gibi sebeplerin olduğu da unutmamalıdır. Hasar tespit çalışmasının yapıldığı alanın kırsal olması ve şehir merkezinden uzak olmasından dolayı yapılaşma ağırlıklı olarak izinlere tabi olarak yapılmadığından mühendislik hizmetleri almamış binalar ciddi bir oran kaplamaktadır.



Şekil 1.6. Kolonlarda görülen hasar çeşitleri (Hatay, Antakya)

Betonarme yapıları olumsuz etkileyen etkenlerden bir başkası donatının korozyona uğramasıdır. Özellikle nemli ortamlarda, donatıların korozyondan etkilenmesi daha muhtemeldir. Hasar tespitin yapıldığı il olan Hatay denize yakınlığından dolayı nem oranı yüksek bir şehirdir. Bu açıdan korozyon etkilerinin bariz görülebilmektedir. Betonun

gözeneklerinden giren nem ile donatının etkileşiminden oksidasyon meydana gelmektedir. Korozyona uğrayan donatıların hacimleri artmakta ve üzerlerindeki beton pas payını belli bir zaman sonra atmaktadır. Donatının dış yüzeyindeki kabuklaşan bölüm donatıdan ayrıldıktan sonra malzeme özelliklerinde, taşıma durumlarında ve kesitlerinde değişiklikler meydana gelmektedir. Şekil 1.7’de de görüldüğü gibi korozyona uğrayan donatılar üzerlerindeki beton pasa payı düşmemiş bile olsa en ufak bir sallantıda hemen düşmektedir.

Donatıların korozyona uğraması, özellikle betonun çekirdek kısmını savunmasız bırakıp düşey yük altında betonun kum gibi dağılmasına sebep olmaktadır. Donatıların beklenen özelliğini kaybetmesinden dolayı deprem esnasında yeterli sünek bir davranış göstermesini engellemekte ve sallantılarda erken göçmesine neden olabilmektedir. Bundan dolayı yapı elemanlarının kalıpları ayarlanırken pas payları hayati önem taşımaktadır. Nemin fazla olduğu bölgelerde pas payının daha kalın yapılması önerilmektedir. Temeller; kolon, kiriş ve perdelerle oranla su ile daha çok etkileşime girmektedir. Bu nedenle temeller yapılırken pas payı diğer yapı elemanlarına göre daha fazla bırakılması ve her tarafının suya karşı yalıtımının iyi yapılması gerekmektedir.



Şekil 1.7. Donatı korozyonuna örnekler (Hatay, Antakya)

Özellikle 1970’ten sonra şehirlere yapılan göçlerden sonra kaçak yapılarda sıklıkla yıkanmamış deniz kumu kullanıldığı bilinmektedir. 1990’ların sonuna kadar devam etmiş, 1999 depreminden sonra da hazır beton zorunlu hale gelmiş ve deniz kumunun doğrudan kullanılması yasaklanmıştır. 2000 öncesinde yapılan yapılarda kullanılan kumlardaki tuzlar donatıların korozyona uğramasına neden olmakta ve yapıyı içeriden dayanıksız hale getirmiştir. Deniz kumu içerisinde bulunan deniz kabuğu gibi farklı yapıdaki bileşenler, betonun yeterli dayanıma sahip olmasına engel olmuştur. Ayrıca deniz kumundaki agregalar pürüzsüz bir yüzeye sahip olup kırmataş gibi pürüzlü yüzeylere sahip değildir. Bu da bağlayıcı ve agregalar arasında bağın yeterince kuvvetli olmaması anlamına gelmektedir. Özellikle kumun çıkarılabileceği su kaynaklarına ve denizlere yakın yerlerde deniz kumunun

yapılarda kullanımı daha fazla olmuştur. AFAD 6 Şubat deprem raporunda da bu durumdan bahsedilmiş ve düşük beton kalitesine neden olarak gösterilmiştir.

Betonun elle karılması, herhangi bir oran gözetilmeden su, çimento, kireç gibi bileşenlerinin eklenmesi beton dayanımı konusunda şüpheler uyandırmaktadır. Aynı zamanda dönemin bilgi düzeyi ile ilişkili olarak tasarım aşamasındaki sınırlamaların eksikliği de başlıca sorunlardan biri olarak görülmektedir. 2000 yılından bu yana bir standart yakalanmış olsa da TÜİK verilerine göre hem bütün Türkiye’de hem deprem bölgesindeki illerde 2000 yılı öncesi yapılan yapıların oranı ortalama %10 civarındadır. Bunlara 2000 yılından sonra yapılmış kaçak binalar da eklendiğinde deprem altında risk barındıran bina oranı yukarı çıkmaktadır. Deprem kuşağında bulunulduğundan dolayı sonraki dönemde riskli bölgelerde, özellikle bahsedilen binalara yönelik çalışmalar yapılması önem taşımaktadır.

Tablo 1.5. Deprem bölgesindeki 11 ilde kullanım amacına göre yapı sayıları (SBB, 2023)

İl	Mesken	İş Yeri	Kamu	Diğer	Genel Toplam
Adana	404502	29920	8916	7779	451117
Adıyaman	107242	5765	4370	3119	120496
Diyarbakır	199138	11412	11964	3165	225679
Elazığ	106569	7221	2872	7051	123713
Gaziantep	269212	22829	5480	8162	305683
Hatay	357467	33511	10382	5489	406849
Kahramanmaraş	219351	12358	6879	4565	243153
Kilis	33399	1526	1651	736	37312
Malatya	159896	8370	6670	4051	178987
Osmaniye	128163	9428	3105	2384	143080
Şanlıurfa	347902	18847	11790	4089	382628
Toplam	2332841	161187	74079	50590	2618697

Deprem etkilediği 11 ildeki yapıların türüne göre dağılımı verilmiştir (Tablo 1.5). Deprem bölgesinde 2 618 697 bina olup bunların %89’u mesken sınıfına girmektedir. TÜİK verilerine göre 2022 yılında bu meskenlerde ikamet eden nüfus sayısı ise 14 013 196 kişidir. Tablo 1.6 ve Tablo 1.7’de bahsedilen illerdeki binaların kat sayılarına göre dağılımı ve toplam sayı içindeki yüzdeleri verilmiştir. Türkiye genelindeki ortalama kat sayısı 4.9 iken Diyarbakır, Gaziantep, Adana ve Malatya ortalamanın üstünde, geri kalan iller ise ortalamanın altındadır. Hem Türkiye’nin hem de deprem bölgesindeki illerin ortalama kat sayıları, bu çalışmanın konusunu oluşturan kat sayıları (3-7 katlı binalar) ile paralellik göstermektedir.

Tablo 1.6. Deprem bölgesindeki illerin 1-2-3 katlı konut sayısı ve yüzdeleri (TÜİK, 2021)

İl	Ortalama Kat Sayısı	Toplam Bina Sayısı	1 Katlı		2 Katlı		3 Katlı	
			Bina Sayısı	%	Bina Sayısı	%	Bina Sayısı	%
Adana	5.4	632 874	85 176	13.46%	223 046	35.24%	80 613	12.74%
Adıyaman	3.5	155 299	26 904	17.32%	54 767	35.27%	18 596	11.97%
Diyarbakır	5.9	394 867	72 455	18.35%	79 066	20.02%	21 333	5.40%
Elazığ	4.3	173 836	30 311	17.44%	29 216	16.81%	14 318	8.24%
Gaziantep	5.0	522 947	46 994	8.99%	123 683	23.65%	84 733	16.20%
Hatay	3.6	449 151	67 636	15.06%	140 586	31.30%	66 851	14.88%
Malatya	5.0	230 499	38 544	16.72%	47 528	20.62%	15 282	6.63%
Kahramanmaraş	4.4	311 457	41 912	13.46%	113 686	36.50%	29 952	9.62%
Şanlıurfa	3.7	411 420	13 8054	33.56%	74 868	18.20%	36 191	8.80%
Kilis	3.7	40 019	7 919	19.79%	12 500	31.24%	4 951	12.37%
Osmaniye	3.3	156 199	39 636	25.38%	54 962	35.19%	12 741	8.16%

Tablo 1.7. Deprem bölgesindeki illerin 4-5-6+ katlı konutların sayısı ve yüzdeleri (TÜİK, 2021)

İl	Ortalama Kat Sayısı	Toplam Bina Sayısı	4 Katlı		5 Katlı		6+ Katlı	
			Bina Sayısı	%	Bina Sayısı	%	6+	%
Adana	5.4	632 874	21 368	3.38%	12 077	1.91%	210 594	33.28%
Adıyaman	3.5	155 299	10 919	7.03%	9 164	5.90%	34 949	22.50%
Diyarbakır	5.9	394 867	13 431	3.40%	15 234	3.86%	193 348	48.97%
Elazığ	4.3	173 836	18 015	10.36%	28 391	16.33%	53 585	30.83%
Gaziantep	5.0	522 947	41 646	7.96%	36 686	7.02%	189 205	36.18%
Hatay	3.6	449 151	38 615	8.60%	40 995	9.13%	94 468	21.03%
Malatya	5.0	230 499	19 560	8.49%	28 147	12.21%	81 438	35.33%
Kahramanmaraş	4.4	311 457	15 338	4.92%	22 361	7.18%	88 208	28.32%
Şanlıurfa	3.7	411 420	27 070	6.58%	24 569	5.97%	110 668	26.90%
Kilis	3.7	40 019	1 912	4.78%	2 223	5.55%	10 514	26.27%
Osmaniye	3.3	156 199	5 914	3.79%	7 744	4.96%	35 202	22.54%

Türkiye’de veya çevresindeki ülkelerde ve denizlerde meydana gelen depremlerde, yapıların hasar seviyelerinin yüksek çıkmasının çeşitli sebepleri vardır. Bu sebepler arasında mühendislik hizmetinin alınmamış olması, eski binaların yapı malzemelerindeki kalite, projelendirmedeki teknik yanlışlıklar, yer ivmelerinin büyük olması, zemin sıvılaşması, yapı düzensizlikleri, uygulama hataları vb. sebepler öne çıkmaktadır. Sayılan ve çoğaltılabilecek olan bu sebeplerin arasında öne çıkanlardan biri kaçak yapılaşmadır. Türkiye’deki nüfusun 1960’lardan sonra yoğun şekilde şehirlere göç etmesinin sonucu şehir merkezlerinden uzak şehirlerin kenarlarında gecekonduların mahalleleri oluşmuştur. Bu mahallelerdeki yapılar

yapılırken herhangi bir teknik hizmet olmadan ve imar planlarına uyulmadan yapılmıştır. Depremde en çok etkilenen yapılar bu sınıfa giren yapılardır.

6 Şubat depreminde sonra 11 ilin tamamında sebeplerin belirlenebilmesi adına çalışmalar yapılmıştır. Adıyaman ilindeki hasarlı betonarme yapılardaki incelemeler sonucunda hasarların başlıca nedenleri zayıf beton kalitesi, yetersiz donatı sıklaştırması, yumuşak ve zayıf kat, kısa kolon, güçlü kiriş-zayıf kolon, yapılar arası yetersiz derz mesafesi, yetersiz zemin bilgisi ve tasarım hataları olarak sıralanmıştır (İnce, 2024). Hatay ilinde oluşan hasarlarda benzerlik göstermektedir. Özellikle korozyon etkisi, kaçak yapı, düşük beton kalitesi, yetersiz donatı uzunluğu, çekiçleme etkisi, tasarım hataları gibi etkiler öne çıkmaktadır (Altunsu ve ark., 2024).

Kahramanmaraş ilinde yapılan çalışmalar benzer sonuçları göstermiştir. Plandaki ve düşeydeki düzensizlikler, depreme karşı direnci daha yüksek olan zemin koşullarının eksikliği, yapısal güvenliğin ekonomik nedenlerin arkasında sıralanması, kullanıma başladıktan sonraki taşıyıcı sisteme ve yapısal elemanlara zarar verilmesi başta görülen kusurlar arasındadır. Yığma yapıların aldığı hasarlara bakıldığında kesme etkisi altında kaldıkları ve köşelerden hasar görüldüğü tespit edilmiştir. Prekast yapılardaki plastik mafsal oluşumu ve cami minarelerinde çeşitli hasarlar olduğu tespit edilmiştir. Yapısal hasarların yanı sıra tren rayları ve karayollarında da çeşitli hasarlar olduğu tespit edilmiştir (Avcil ve ark., 2024). Malatya ilinde betonarme, prekast, yığma ve çelik tipi yapılar incelenmiştir. Yapı stoğuna bakıldığında binaların %12'si 1980'den önce, %27'si 1980-2001 yılları arası, %58'i ise 2001 yılından sonra yapılmıştır. yapılan hasar tespit çalışmalarıyla yapıların %43'ünün yıkılmış, ağır hasarlı veya orta hasarlı olduğu tespit edilmiştir. Mevcut hasarların büyümesinin nedenlerinden başlıcaları: zayıf malzeme kalitesi, tasarım hataları, uygun olmayan yapım süreçleri olarak sıralanmıştır. Deprem bölgesindeki yapıların %87'sinin betonarme olmasından dolayı görülen hasarlar ve bunlarla ilgili çalışmalar yoğunlukla betonarme yapılardaki hasarlardır (Özmen ve ark., 2025).

Gaziantep ve Hatay illerinde silolar, sıvı depoları ve küçük ölçekli diğer yapıların depremden sonraki durumları incelenmiştir. Sıvı depolarının duvarlarında burkulmalar, ankrajların yeterli yapıldığı yerlerde ankraj yerlerinde zorlanmalar, yeterince yapılmadığı yerlerde ise devrilmeler gözlemlenmiştir (Öztürk ve ark., 2024). Hatay ilindeki betonarme binalarda diğer illerdeki benzer sorunlarla karşılaşmıştır. Güçlü kiriş-zayıf kolon birleşimi, düşük malzeme kalitesi, komşu binalarla yetersiz mesafeler gibi sebeplerin yanında kısa kolon, yumuşak kat gibi tasarım ve düzensizliklerden kaynaklanan hasarlar görülmüştür. Ayrıca Hatay ilindeki istasyonlardan alınan ivme verileri, Türkiye Deprem Tehlike

Haritası'nın (TDTH) öngördüğü ivme değerlerini aşmıştır. Bu da binaların daha büyük zarar görmelerine sebep olmuştur (Tonyalı ve Kıral, 2024). Bütün illerde yapılan çalışmaların sonucunda hasarların büyümesinin nedenlerinin çoğunlukla ortak olduğu görülmektedir. Bunlar arasında zayıf malzeme kalitesi, yanlış veya eksik uygulamalar, yapılar arasında derz mesafesinin bırakılmamasından dolayı çekiçleme etkisi, kısa kolon, güçlü kiriş-zayıf kolon gibi projelendirme hataları, geoteknik analizlerin yapılmaması, donatılandırma eksiklikleri vb. hatalar bütün çalışmaların çıkardığı ortak sebeplerdendir. Tablo 1.8'de TÜİK'ten alınan verilere göre Türkiye'deki konut sayılarının inşa yıllarına göre dağılımı verilmiştir. 1999 Gölcük depremi inşaat sektörü için bir milat kabul edildiğinden 2000 yılı öncesi ve sonrası arasında karşılaştırma yapılması anlamlı olmaktadır. Türkiye geneline bakıldığında yapıların %12.5'i 1980 yılından önce, %30.9'u 1980-2000 yılları arasında, %47.4'ü ise 2001 yılından sonra yapılmıştır. Mevcut yapıların arasında bir risk sıralaması yapılması gerekirse önce 1980 öncesinde yapıları daha sonra 1980-2000 arası yapılan yapılara öncelik verilmesi gerekmektedir. Türkiye genelinde görülen yapı inşa yılları eğilimi, deprem bölgesindeki illerde de görülmektedir. 1980 öncesi yapılan konut oranlarının %10'un altında olması bakımından Şanlıurfa, Diyarbakır ve Adıyaman öne çıkarken, 2001 sonrası en yüksek yapı oranlarında Şanlıurfa %60'ı geçerken %58 ile Kahramanmaraş ve Diyarbakır takip etmektedir.

Tablo 1.8. Deprem bölgesindeki 11 ilin inşa yıllarına göre konut sayısı

İl	Toplam	1980 ve Öncesi	1981 ve 2000 Arası	2001 ve Sonrası	Bilinmeyen
Türkiye	25329833	3179805	7834588	12007355	2308085
Adana	632875	82344	220496	244668	85367
Adıyaman	155300	13547	36586	81271	23896
Diyarbakır	394867	25818	104960	229532	34558
Elazığ	173836	17396	41103	91777	23560
Gaziantep	522947	34351	135511	269876	83209
Hatay	449151	60710	146509	224464	17468
Kahramanmaraş	311458	36479	83717	181016	10247
Kilis	40020	4464	8680	20917	5959
Malatya	230499	32239	64869	111603	21787
Osmaniye	156199	16465	40070	72686	26979
Şanlıurfa	411421	22769	76306	251163	61183
Toplam	3478573	346582	958807	1778973	394213

Deprem bölgesindeki bütün illerde hasarların değerlendirildiği çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaya göre 1-2-3 katlı binaların %66'sı hiç zarar görmezken bu oran 4-5-6 katlı yapılarda %44, 7 ve üstü katlarda %42 olarak tespit edilmiştir. 1950-2000 yılları arasında yapılan betonarmelerin %57'si hiç hasar almazken bu oran 2000-2023 yılında yapılan yapılar için %67'lere çıkmıştır. Aynı yapılar için göçme oranı yaklaşık olarak %3'ten %1'e, ağır hasarlı yapı oranı da %9'dan %4'e düşmüştür. Benzer istatistikler yığma yapılar için de geçerli olmuştur. Betonarme yapıların 1950 yılından itibaren olmak üzere yıllar geçtikçe ağır hasar ve göçme oranlarının azaldığı, hasarsız ve hafif hasarlı oranı yüksekliği gösterilmiştir. İllere göre ağır hasar ve göçme oranlarına bakıldığında Hatay, Adıyaman, Kahramanmaraş, Malatya ve Gaziantep şehirlerinde diğerlerine görece olarak daha yüksek olduğu görülmüştür (Yılmaz ve ark., 2024).

Depremlerden dolayı yapılarda oluşan hasarların çeşitli sebepleri ve örnekleri yukarıda sıralanmıştır. Bu kısımda yukarıda bahsedilmeyen ama yaygın olarak görülen nedenlerden bahsedilmiştir. Özellikle örnekleri yumuşak zeminlerde görülen başlıca nedenlerden biri sıvılaşma riskidir. Sıvılaşma ani yüklemeye dolaylı zemin meydana gelen geçici taşıma gücü kaybı olarak ifade edilmektedir. Depremin süresi ve büyüklüğü, yer altı su seviyesi, zeminin cinsi, dane büyüklüğü ve odak noktasına olan uzaklık gibi etkenler sıvılaşmayı tetikleyen önemli faktörlerdendir. Binaların yapılmadan önce sahaya özel sıvılaşma riski analizi yapılması önem taşımaktadır. Sıvılaşma durumunda bina temeliyle bir bütün olarak dönmekte veya oturmalar yapmaktadır. Sıvılaşmadan kaynaklı bina devrilmeleri hem 6 Şubat depremlerinde hem de 17 Ağustos 1999 depremlerinde sık görülen bir hasar çeşidi olmuştur.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de yapı düzensizlikleri planda ve düşeyde olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Plandaki düzensizlikler başlığı altında burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği ve planda çıkıntı bulunmasından dolayı olan düzensizlikler olarak 3'e ayrılmıştır. TBDY 2018 Bölüm 4.6'da burulma düzensizliğinin bulunması durumundan sınırlandırılan yapı grupları belirtilmiştir. Plandaki düzensizlikler olarak da zayıf kat, yumuşak kat ve düşey taşıyıcı eleman süreksizliği olarak sıralanmıştır. Binaların yapımı sırasında planda en çok görülen düzensizlikler zayıf kat ve yumuşak kat örneklerdir. Deprem bölgesindeki hasarlara bakıldığında plandaki düzensizliklerden kaynaklanan hasarların çokluğu göze çarpmaktadır (İMO, 2023).

Yapı zemin etkileşimleri, depremlerin etkilerini anlamakta göz ardı edilemeyecek bir konudur. Bu tez çalışmasının da konusunu olmasının yanı sıra anlaşılmasında ve etkilerinin belirlenmesi, deprem güvenliği açısından önem arz etmektedir. Yapı zemin etkileşimi

problemi, zemin büyütmesi ve rezonans gibi olaylar depremle çeşitli açılardan ilişkilidir. Zemin büyütmesi durumunda beklenen deprem kuvvetlerinin çok üzerinde kuvvetler etkimesi, beklenen hasarlardan ileri derece hasarların oluşmasına sebebiyet vermektedir.

1.5. Hatay İlinin Deprem Geçmişi

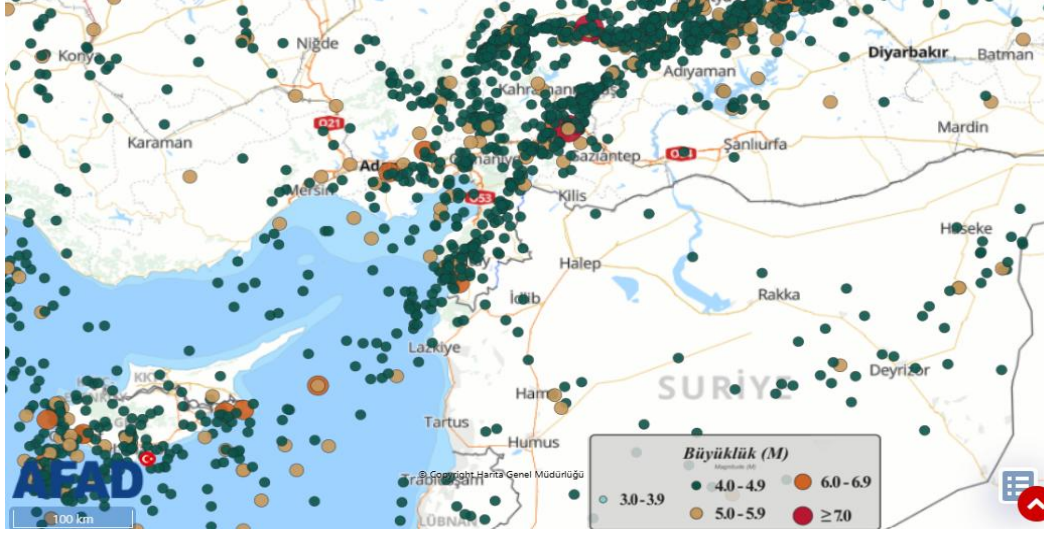
Çalışmanın konusu olan Hatay ili, Doğu Anadolu Fay (DAF) hattı ve Ölü Deniz Fay (ÖDF) hattının etkisinde bulunduğundan dolayı geçmişten bu yana meydana gelen depremlerde defalarca zarar görmüştür (İRAP, 2021). Son 2500 yılda meydana gelen en büyük 100 depremin 15 tanesi Antakya’da meydana gelmiştir. Kayda geçen ilk deprem M.Ö. 148 yılından bu yana şehir çeşitli tarihlerde sürekli depremler yaşamış ve tekrar tekrar imar edilmiştir. Tarihi kayıtlardaki anlatılardan depremlerin ne kadar şiddetli olduğu gözler önüne serilmiştir (Afyoncu, 2023). Antakya ve çevresinin sadece merkezinde olan depremlerden değil günümüz Türkiye ve Suriye sınırları içerisinde ve Akdeniz’de meydana gelen depremlerden de çokça etkilenmiştir (Ayrıldı ve İmamoğlu, 2024), (Yüksel, 2023), (Çelik, 2025). Antakya ve çevresinin depremden daha az etkilenmesini sağlayabilecek yöntemler üzerine çalışmalar yapılmıştır (Beyen ve ark., 2003). Aynı zamanda bölgenin zemininin ve depremleri arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalar yapılmıştır (Korkmaz, 2006). Depremler oldukları dönemde büyüklükleri ve tahribatıyla başka alanlardaki eserlere de konu olmuşlardır. Örnek olarak 1822 yılında Hatay çevresinde meydana gelen depremin edebiyat eserlerinde kendine yer bulduğunu görülmüştür (Çavuşoğlu, 2024). Şekil 1.8’de M.Ö. 2000 yılından MS 1900 yılına kadar Hatay ili ve çevresinde meydana gelmiş şiddetli depremler harita üzerinde gösterilmiştir.

2021 Hatay İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP) raporunda bölgede 130 yılı aşkındır biriken bir enerjiden bahsedilmiştir. Tarihsel kayıtlardan da faydalanarak belli periyotlarda olan depremin, olması ihtimalinin arttığı belirtilmiştir (İRAP, 2021).



Şekil 1.8. Hatay ili ve çevresinde M.Ö. 2000 – M.S. 1900 yılları arasında meydana gelen depremlerin şiddetleri (AFAD, 2025)

Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığının (SBB) 2023 raporuna göre depremden önce Hatay ilinde 357 467 mesken, 33 511 iş yeri, 10 382 kamu binası, 5 489'u diğer olmak üzere toplam 406 849 binanın olduğu tespit edilmiştir. TÜİK 2021 verilerine göre şehirdeki toplam konut sayısı ise 847 380 olarak kayıtlara geçmiştir. Tablo 1.8'deki verilere göre Hatay'daki bu konutların %13.50'si 1980 yılından önce yapılmıştır. 1980 yılından önce yapılmış binalar, bu tarihten sonra yapılmış binalara göre daha çok tehlike arz etmektedir. Yapılan çalışmada eski binaların depremdeki performansı yenilere göre geride kalmıştır (Yılmaz ve ark., 2024). Deprem sonrası yapılan hasar tespit çalışmalarında acil yıkılacak, ağır hasarlı ve yıkık konut sayısı 215 255, orta hasarlı konut sayısı 25 975, az hasarlı konut sayısı 189 317 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.5'te MS 1900 yılından sonra Hatay ve çevresinde meydana gelmiş ve büyüklüğü 4'ten büyük olan depremler harita üzerinde gösterilmiştir. Bölgede sıklıkla depremler olduğu haritaya da yansımıştır.



Şekil 1.9. Hatay ili ve çevresinde M.S. 1900-2026 yılları arasında meydana gelen depremlerin büyüklükleri (AFAD, 2025)

6 Şubat Kahramanmaraş depreminden sonra 20 Şubat 2023'te merkez üssü Hatay Yayladağı olan $M_w=6.4$ büyüklüğünde bir deprem daha meydana gelmiştir. Kahramanmaraş merkezli iki depremden sonra üçüncü bir deprem olması hasarı iyiden iyiye artırmıştır. İlk iki deprem sonucu belli hasarlarla ayakta kalabilen binalar bu depremle birlikte göçmüşlerdir.

1.6. Türkiye’de Deprem Haritalarının ve Yönetmeliklerin Tarihsel Süreci

Depreme karşı hazırlanan ilk düzenleme, 1939 Erzincan Depreminden hemen sonra 1940 yılında hazırlanan “Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi” adında talimatname olmuştur. 1943 yılındaki Tosya depreminden sonra 1944 yılında, “Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi” adında bir talimatname daha hazırlanmıştır. 1947 yılında “Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği” çıkarılmış daha sonra Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) adıyla 1953, 1961, 1968, 1975 ve 1998 yıllarında yönetmelik güncellenmiştir. 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ve son olarak 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) çıkarılmıştır (AFAD, 2025) (Özmen, 2012) (Sağlam, 2024).

Türkiye’nin resmi olan ilk deprem haritası 1945 yılında hazırlanmıştır (Şekil 1.6). Daha sonraki yıllarda mühendislik, yer bilimleri, kullanılan araçlarda ve ölçümlerde olan gelişmelerle birlikte deprem tehlike haritaları sürekli olarak güncellenmiştir. 1945 yılından

sonra sırasıyla 1947 yılında “Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası” 1963 yılında “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası” 1972 yılında “Türkiye deprem Bölgeleri Haritası” 1996 yılında “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası” ve 2018 yılında “Türkiye Deprem Tehlike Haritası” hazırlanmıştır (Özmen, 2012).



Şekil 1.10. 1945 Yersarsıntısı bölgeleri haritası (Özmen, 2012)

Şekil 1.10'dan Şekil 1.15'e kadar Türkiye'de depreme yönelik hazırlanmış tehlike haritaları gösterilmiştir. Dönem boyunca farklı sınıflandırmalara gidilmiş olup son olarak 2018 yılında Türkiye Deprem Tehlike Haritasında (TDTH) nokta bazlı parametrelere gidilmiştir.

İlk düzenleme olan 1940 yılındaki “Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi” mimari özellik ve malzemenin yanı sıra belli oranda deprem hesabı da öngörülmüştür. 1944 yılındaki düzenlemede yapısal özellikler ve zemin koşulları dikkate alınmamıştır. 1963, 1968, 1975, 1998, 2007 ve son olarak 2018 yılında yönetmelikler hakkında değişiklikler yapılmıştır (İlki ve Celep, 2012), (Sağlam, 2024). Deprem tehlike haritaları, yapılan çalışmalarla, gelişen ölçüm araçlarıyla ve yeni yaklaşımlarla gerekli zamanlarda değiştirilmiştir.



Şekil 1.11. 1947 Tarihli yersarsıntısı bölgeleri haritası (Özmen ve Pampal, 2017)

Deprem haritalarının ve yönetmeliklerin güncellenme tarihlerine bakıldığında genel olarak büyük depremlerden sonra olduğu görülecektir. Büyük depremlerden sonra yapılan saha çalışmalarından elde edilen veriler ve gözlemler doğrultusunda mevcut yönetmelik hükümlerinin gözden geçirilmesi gereği hissedilmektedir. Bunun yanı sıra gelişen malzeme kaliteleri ve yapı analiz simülasyonları sayesinde yönetmelik kapsamı genişlemiş ve detaylandırılmıştır. 1940’larda hazırlanan haritalara bakıldığında günümüzde kullanılan Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH) ile ana hatları itibariyle benzediği görülmektedir. Zamanla jeoloji ve inşaat mühendisliğindeki gelişmelerle güncel veriler ışığında yeni haritalar hazırlanmıştır (Şekil 1.11).

Yönetmeliklerdeki hesaplama şekilleri, göz önüne alınan parametreler ve ulaşılabilen verilerle orantılı olarak değişmiştir. Yönetmeliklerin deprem yükünü hesaplama yöntemleri karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. 1940 düzenlemesinden 2018 yılındaki yönetmeliğe kadar yönetmeliklerin öngördüğü kuvvetler hesaplanmış ve bu kuvvetlerin farklı seviyelerde olmasının nedenleri üzerine tartışılmıştır. Analiz araçlarının ve akademik bilginin artması sonucu 2018 yönetmeliğinin en gerçekçi sonuçları verdiği gösterilmiştir (Cansız, 2022).



Şekil 1.12. 1963 Tarihli Türkiye deprem bölgeleri haritası (Özmen ve Pampal, 2017)

Türkiye’deki 2000 yılı öncesi yapı stoğunda yönetmeliklere göre yapılmış olanlar arasında 1975 yönetmeliğine göre yapılanlar önemli bir yer kaplamaktadır. Riskli yapılar arasında öncelik yapıldığında 1975 yönetmeliğine göre ve öncesinde yapılan yapıların ilk sıralarda olacaktır. İstanbul’da 1975 ABYYHY’e göre yapılmış 24 binanın incelendiği bir çalışmada, spektral ivme taleplerinin az olduğu bölgelerde yönetmeliğe uygun yapılmış binaların güvenli bir performans gösterdikleri görülmüştür. Spektral ivmelerin arttığı bölgelerde güncel deprem güvenliği performansını gösteremese de can kaybını önleyecek performansı gösterecekleri görülmüştür (Aydoğdu, 2025). 1975 ABYYHY ve 2007 DBYYHY’ine göre taban kesme kuvvetinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, 2007 deprem yönetmeliği 1975 yönetmeliğine göre daha fazla kuvvet öngörmüştür. Daha büyük kuvvetlerin öngörülmesi, taşıyıcı sistemdeki eleman boyutlarının büyümesi olarak yorumlanmıştır (Sarı, 2010). 1975 yılından önce yapılan yapıların deprem güvenliğinin incelendiği başka bir çalışmada, 2007 yılındaki deprem yönetmeliğine göre yeteri kadar güvenli performans gösteremediği belirtilmiştir. O dönemde kullanılan yönetmelik ile 2007 yılındaki yönetmelik kurallarının farklı sınırdaki olması, malzeme kalitesi ve tasarım yaklaşımı gibi nedenlerden dolayı beklenen performansı gösterememişlerdir (Erdoğan, 2008). 1975 ve 2007 yönetmelikleri arasında yapılan bir başka karşılaştırmalı çalışmada, eşdeğer deprem yüklerinin 2007 yönetmeliğine göre daha fazla öngörüldüğü belirtilmiştir (Çoban, 2009).

kuşagında olan ülkemizde depreme dayanıklı yapılar yapılmasını sağlayacak ve herhangi bir deprem anında yükleri güvenli şekilde karşılayabilecek nitelikte olacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Türkiye coğrafyasının %95'i deprem kuşağında olması sebebiyle sık sık depremler meydana gelmektedir. Anadolu ve çevresindeki coğrafyada geçmişten bu yana meydana gelmiş depremlere bakıldığında depremlerin oluşturduğu etkiler ve yıkımların izleri görülmektedir. Özellikle son 100 yıllık süreçte yazılı ve görsel kayıtların artmasıyla depremlerin bu etki ve yıkımlar hakkında daha doğru ve tatmin edici bilgiler elde edilmiştir. Kayıt araçlarının sınırlı olduğu dönemlerde olan etkilere ise hem jeolojik bulgularda hem de tarihi kayıtlarda rastlanılmaktadır.

Bölgede yaşayan insanlar, çeşitli tarihlerdeki çeşitli kurumlar ve devletler depremlerden çeşitli şekillerde olumsuz etkilenmiştir. Yaşanan insan kayıpları, devletin kaynaklarını tekrar inşa için kullanması, üretimin azalması, toplumdaki ve bireydeki psikolojik etkileri bu olumsuz durumların başında gelmektedir.

Depremler, bugün devletler için daha önemli bir hale gelmiş sadece bir doğa olayı değil aynı zamanda bir güvenlik sorunu olarak dillendirilmeye başlanmıştır. Yönetimler tarafından kayıpların önüne geçmek ve olumsuz etkileri en aza indirmek için bina standartlarını belirleyen yasal düzenlemeler yapılmıştır. İnsan kaybının azaltılmasının yanı sıra bir başka başlıca sebeplerinden biri hiç şüphesiz ekonomik etkilerinin çok olması ve bütün sektörleri etkilemesidir. Deprem olması durumunda oluşabilecek bu olumsuz etkilerin seviyesini belirleyebilmek adına çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar özellikle nüfus, sanayi ve üretimin çok olduğu bölgelerde yoğunlaşmış ve önem kazanmıştır.

2.1 Yapı Stoğunun Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar

Türkiye'de iller bazında yapı stoğunun belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. İstanbul Planlama Ajansının 2019 İstanbul Deprem Çalıştayı raporuna göre İstanbul'da 1.17 milyon binanın yapı yılı 1980 öncesi olan 255 bin, 1980-2000 arasında 538 bin, 2000-2019 arası 376 bin bina mevcuttur. Aynı raporda 7.5 büyüklüğündeki olası bir depremde 48 bin binanın ağır ve çok ağır statüsüne gireceği öngörülmektedir. Binaların yanı sıra su dağıtım şebekeleri, atık su ve doğalgaz altyapısı ile yolların zarar görme potansiyelinin olduğu belirtilmiştir (İPA, 2019). 1999 Gölcük depreminden sonra nüfusun yoğun olduğu İstanbul'da depreme yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Bu kapsamda Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı ve Boğaziçi Üniversitesi ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 2009 yılındaki "İstanbul'un Olası Deprem Kayıpları Tahminlerinin Güncellenmesi İş'i" sonuç

raporuna göre 3 500 ile 5 000 arası binanın çok ağır hasar, 20 000 ile 30 000 arası binanın ağır hasar, 90 000 ile 110 000 binanın ise orta hasarlı olacağı tahmin edilmiştir (OYO, 2009). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü ile İstanbul Büyükşehir Belediyesinin iş birliğinde yapılan deprem çalışmaları kapsamında son olarak “İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi” raporu yayınlanmıştır. Büyüklüğü 7.5 olan olası bir deprem için 1 166 330 bina analize dahil edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda binaların %1’i çok ağır hasar, %3’ü ağır hasar, %13’ünün orta, %26’sının da hafif hasarlı olması beklenmektedir. Çıkacak enkaz miktarı yaklaşık olarak 25 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir. Raporda depremin gece meydana gelmesi halinde 14 150, gündüz olması durumunda ise 8 100 kişinin hayatını kaybedeceğini belirtilmektedir. Raporda ayrıca yol kapanma analizi ile gaz ve elektrik gibi diğer altyapı hatlarının risk durumuna dair analizler yapılmıştır (İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi, 2018)

6 Şubat Kahramanmaraş depreminden sonrasında İstanbul’un yapı stoğunu, 6 Şubat Kahramanmaraş depremini referans alınarak yapılan bir çalışmada Kahramanmaraş depremi olması durumunda konutların %25’inin kullanılamaz hale geleceği ve yaklaşık 5 milyon kişinin evini yenilemek zorunda kalacağı belirtilmiştir (Gündoğdu, 2024). İstanbul’un Zeytinburnu ilçesinde, depremlerin binaların düzensizlikleri üzerindeki etkisi hakkında yapılan bir çalışmada, 2010 yılı itibarıyla ilçede 14 482 bina incelenmiş bu binalara yapısal düzensizlikler yansıtılmadığı takdirde binaların %3.2’si çok ağır hasar, %5.2’si ağır hasar, %17.6’sı orta hasar ve %35.3’ü az hasar olarak tespit edilmiştir (Başkan, 2019)

Erzurum şehir merkezinin yapı stoğunu, yapı periyodu ve zemin koşulları bakımından inceleyen bir çalışmada, 2004 yılında meydana gelen 5.1 büyüklüğündeki Aşkale depreminin oluşturduğu hakim titreşim periyotları olması durumunda 4-6 katlı binalar, 1924 yılında 6.7 büyüklüğündeki Horasan depreminin oluşturduğu hakim titreşim periyoduna benzer periyotlar olması durumunda ise 5-9 katlı yapıların risk teşkil edeceği gösterilmiştir (Aksu, 2014). Ankara ilinin Çankaya ilçesindeki yapı stoğunun belirlenmesine yönelik “Hızlı Sismik Taramaya” yöntemini esas alan puanlamaya dayalı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yapılan puanlama sonucunda sınır değer olan 60 puanın altında olan binaların % 29.20’si güvensiz, sınır değer 50 olması durumunda ise güvensiz binaların oranı % 21.84 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kat sayısı arttıkça yapıların güvensiz çıkma ihtimalinin arttığı gözlemlenmiştir (Yeniçelik, 2022). Kahramanmaraş ilinin yapı stoğunun belirlenmesi amacıyla P25 hızlı tarama yöntemi kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda 334 bina incelenmiş ve 100 üzerinden puanlama yapılmıştır. İncelenen binalar

arasında 18 bina, çok riskli (<15 puan); 195 bina ayrıntılı inceleme (15-35 puan); 121 bina ise az riskli (>35 puan) olarak değerlendirilmiştir (Erşahan, 2018). Erzincan şehir merkezinde 2000 yılından önce yapılmış betonarme ve yığma yapıların konu edildiği çalışma yapılmıştır. Binalar, deprem bölgelerine, donatı sargısına, yapı düzensizliğine vb. özelliklere sınıflandırılmış ve performans puanları belirlenmiştir. İncelenen 3 199 adet binanın 470 bina yüksek risk (performans puanı: ≤ 30), 1762 bina orta risk (performans puanı: 31-85 arası), 386 bina düşük risk (performans puanı: 86-140 arası) ve 580 bina güvenli (performans puanı: >140) olarak belirlenmiştir (Mazlum, 2024). Kırşehir ili için muhtemel iki deprem senaryosu için kayıplar hesaplanmıştır. Senaryo 2 için 1938 yılında 6.8 büyüklüğünde meydana gelen Akpınar depremin özellikleri dikkate alınmıştır. Kapasite Spektrumu Yöntemi (CSM) ve Katsayı Yöntemleri (CM) olarak kayıplar iki şekilde hesaplanmıştır. Program yardımıyla yaklaşık 90 binden fazla binanın olduğu hesaplanmış bunların kayıp analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonrası binaların %2'si çok ağır hasar, %3'ü ağır hasar, %9'u orta hasar, %17'si hafif hasar ve gerisi hasarsız olarak tespit edilmiştir (Işık ve ark., 2019). Bitlis ilinin merkez ilçedeki mahallelerinden çeşitli binalar incelendiği ve 6 senaryo depremi için olası kayıp analizlerinin yapıldığı çalışmalar mevcuttur (Işık, 2010).

İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Büyükşehir Belediye Başkanlığı ve Dokuz Eylül Üniversitesi iş birliğiyle İzmir'in yapı envanterini belirlemek için "Yapı Stoku Envanterinin Oluşturulması ve Yapı Güvenliğinin Deprem Riski Açısından Değerlendirilmesi" başlıklı bir çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında, Seferihisar ve Balçova ilçelerinde 10 550 betonarme, yığma ve karma binanın envanteri çıkartılmıştır. Yapıların incelenmesi, yapı hakkında elde edilebilen bilginin seviyesine göre 1. Kademe ve 2. Kademe olarak iki kısma ayrılmıştır. 2 kademenin az, orta ve çok öncelikli derecelendirmeleri birleştirilerek ortak bir 5 öncelikli bir sıralama belirlenmiştir. Balçova'da 1. ve 2. öncelikli binaların oranı %24, Seferihisar'da 1. ve 2. öncelikli binaların oranı ise %12 seviyesinde çıkmıştır (Özçelik, ve ark., 2013)

2.2 Yapı Zemin Etkileşiminin İncelendiği Çalışmalar

Yapı zemin etkileşimlerinin etkinliği kütle merkezinin yüksekliği, yapı periyodu ve kayma dalgası hızlarına bağlı olarak belirlenir. Kütle merkezi yüksekliğinin, yapı periyodu ve kayma dalgası hızınının çarpımına bölünmesiyle elde edilen değer 0.1'den büyük olması durumunda yapı zemin etkisinin gözönüne alınması gerektiği belirtilmiştir (Gcr, 2012).

Yapı zemin etkileşimi (YZE) çalışmalarının tarihçesine bakıldığında çalışmaların çok geriye gitmediği görülmektedir. Özel tasarım ve dikkat gerektiren yapıların tasarımında (Nükleer Enerji Tesisleri gibi) bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu noktadan başlayarak zamanla konu üzerinde çalışmalar artmış ve literatür oluşmuştur (Menglin ve ark., 2011). Hesaplama yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte günümüzde, dinamik etkilerin hesaplanmasında göz ardı edilmeyecek ve üzerinde özenle durulması gereken bir nokta haline gelmiştir (Kausel, 2010). Yapı zemin etkileşiminin plastik ve elastik davranan yapılardaki karşılaştırmasında hangisinin daha çok etkilendiğine dair net bir kanıt elde edilememiştir. Periyot üzerindeki etkisinden dolayı faydalı olduğu durumlar olduğu gibi zararlı olabildiği durumlar da vardır (Avilés ve Pérez-Rocha, 2003). Yapı zemin etkileşiminin perde duvarlar üzerindeki etkisine bakıldığında YZE'nin deplasmanları artırdığı, temeldeki kesme kuvvetini azalttığı, yumuşak zeminlerde etkisinin daha belirgin olduğu, az katlı yapılarda yapı periyodunu artırdığı belirtilmiştir (Yang ve ark., 2024). Yapı zemin etkileşiminin etkilerinin hem olumlu hem de olumsuz yönleri olduğu çalışmalarca gösterilmiştir. Her zaman olumlu etki yaratacağını düşünmek tasarım sırasında hatalara neden olabilmektedir. Örneğin taban kesme kuvvetlerinde meydana gelen azalmalar, hasarın boyutunun azalacağı anlamına gelmemektedir. Aynı şekilde temeldeki dönmeler, yapı iç kuvvetleri ve deplasman gibi etkilerin beraber değerlendirilmesi gerekmektedir. YZE'nin her zaman olumlu sonuçlar doğuracağı genellemesi yapılmamalıdır (Mylonakis ve Gazetas, 2000). Yapı zemin etkileşiminin dikkate alınması durumunda yapı sisteminin sönümleme oranını artmaktadır. Ayrıca yapı yüksekliği ve gömülme derinliğinin de deprem performansı açısından önemli parametreler olduğu unutmamalıdır (Janous ve ark., 2024).

Yapılan 3 boyutlu hesapların, 2 boyutlu hesaplara göre daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışmanın detaylarında, yüksek katlı yapıların dinamik analizlerinde yapı zemin etkileşiminin göz önüne alınması gerektiği vurgulanmıştır (Torabi & Rayhani, 2014). Yapı zemin etkileşiminin etkisi, depremin olmadığı durumlarda sınırlı iken deprem esnasından oluşan yatay kuvvetlerden dolayı önemli hale gelmektedir. 5 katlı bir betonarme üzerinde yapılan çalışmada, ankastre mesnet ve 4 farklı zemin koşulu için yapı zemin etkileşimi incelenmiştir. Çalışma sonucunda ankastre ve yapı zemin etkileşiminden kaynaklanan yapı periyotlarındaki değişim, çatı katı deplasmanları, temeldeki dönmeler, kapasite eğrilerinde ve görelî kat ötelenmelerindeki farklar ortaya konulmuştur (Korkmaz ve Demir, 2012). Yapı zemin etkileşiminin yumuşak bir zemin üzerinde yapılan incelemesinde betonarme temellerin izolatörlü olup olmaması ve izolatörlerin kendi arasında

rijitlik seviyeleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmada sert izolatör durumunda görece yer değiştirmeler, taban kesme kuvveti, periyotlarda ve seçilen bir elemanın kesit etkileri izolatörsüz duruma göre azalmalar olduğu gösterilmiştir (Karabörk ve ark., 2010). Yapı zemin etkileşiminin tarihi minareler üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada yine ankastre, yumuşak, sert ve orta zeminlerin etkilerine bakılmıştır. Minarenin analizinde yatay yer değiştirmelerin yanında düşey yer değiştirmelerin etkisinin büyük olduğu görülmüştür (Hökelekli, 2020). Yapı zemin etkileşiminin yüksek yapılar üzerinde etkileri hakkında yapılan çalışmalar mevcuttur. 50 katlı bir yapıda ankastre durum ile yapı zemin etkileşiminin göz önüne alındığı rijit temel ve esnek temel durumları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda yapı zemin etkileşiminin hesaplara dahil edilmesi ve edilmemesi durumunda çatı deplasmanlarındaki değişimler, rijit olması ve esnek olması durumunda göre farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Moradi ve ark., 2026).

Yapı zemin etkileşiminin etkileri bütün mühendislik yapılarında görülebilir. Rüzgar türbinleri, köprüler, viyadükler gibi yapılarda etkileri olduğu çeşitli çalışmalarca ortaya konulmuştur. Çeşitli ülkelerin köprü tasarım yönetmeliklerine bakıldığında ortak ve standart bir yöntemin, yaklaşımın bulunmadığı görülecektir. Etkilerinin hesaba katılması nokasında belli yaklaşımlar olsa da karmaşık yapısından dolayı analiz yöntemlerinde ilerlemeler ve araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Sigdel ve ark., 2021). Yapı zemin etkileşiminin rüzgar türbünleri üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlayan bir başka çalışmada, yapı zemin etkileşiminin gözönüne alınması durumunda titreşim frekanslarının önemli derecede azaldığı ve yer değişmeler üzerinde de ciddi etkileri olduğu ortaya konulmuştur (Zuo ve ark., 2018).

Yapı zemin etkileşiminin yapıların sismik performansları üzerinde sürekli olumlu etkisi olduğu yönündeki genellemenin son dönemlerde yapılan çalışmalarla her zaman geçerli olmadığı gösterilmiştir. Özellikle kazıklı temel sistemlerin ve yumuşak zeminlerin deprem esnasındaki davranışlarında yapı zemin etkileşiminin etkisi önemli düzeylere çıkmaktadır (Siyahi ve ark., 2015).

Yapı zemin etkileşiminin zeminlerinin türüne göre yapılan bir çalışmada, ankastre koşuldan yumuşak zemin koşullarına doğru gidildiğinde yapı zemin etkileşiminin etkileri belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Özellikle 2000 yılından önce yapılmış binalarda, sıkı zeminden yumuşak zemin koşullarına doğru gidildikçe binaların göçme oranlarında artma olduğu görülmüştür (Öz, 2021). 6 Şubat Kahramanmaraş depreminden sonra Kahramanmaraş'ta yapı zemin etkilerini inceleyen bir çalışmada, yapı zemin etkileşiminin

az katlı binalara (4 katlı) ve yüksek katlı binalara (10 katlı) göre orta yüksekliklerdeki binalar (7 katlı) için daha önemli olduğu gösterilmiştir (Natur, 2026).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Yapı-Zemin Etkileşimi Probleminin Tanımı

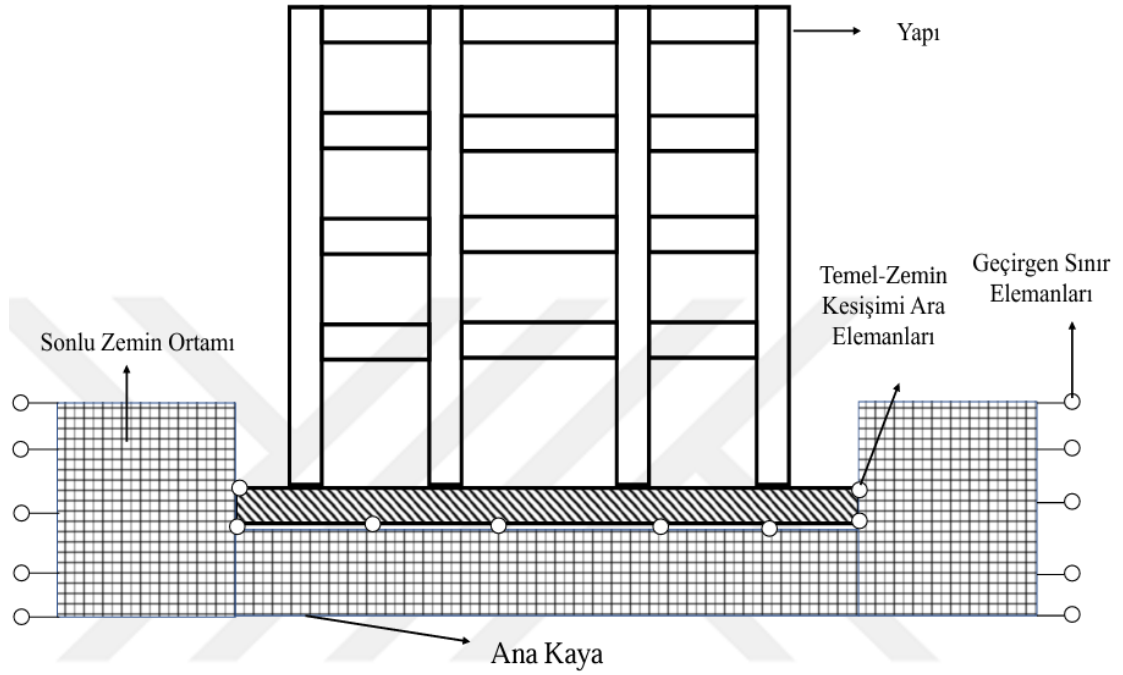
Yapı-Zemin-Etkileşimi (YZE) analizlerinin temel amacı, yapı, temel ve zemin sistemlerinin birbirine bağımlı şekilde, belirli bir yer hareketi altında verdikleri ortak tepkiyi belirlemektir. Ancak, bu önemli konu başlığı, inşaat mühendisliği lisans programlarında genellikle kapsamlı bir biçimde ele alınmamakta; bu durum, özellikle saha ve proje ofislerinde çalışan mühendislerin YZE problemlerini kendi çabalarıyla öğrenmek zorunda kalmalarına neden olmaktadır. Mühendislik pratiği çoğunlukla literatürde sunulan teorik bilgilere dayansa da lisans düzeyinde YZE'ye yönelik ayrı bir dersin yer almaması, mühendislerin bu konuda uygulamada zorlanmalarına yol açmaktadır.

3.2. Doğrudan Yöntem (Direct Method)

Her ne kadar bu çalışmada ayrık yöntem esas alınmış olsa da doğrudan yöntem ile ayrık yöntem arasındaki temel farkların daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla bu bölümde doğrudan yönteme ilişkin genel bilgiler sunulacaktır.

Doğrudan yöntemde, yapı-zemin-etkileşimi (YZE) sistemi; zemin sonlu ortamı, temel elemanları, yapı-temel-zemin arayüzünde yer alan etkileşim bileşenleri ve zemin ortamının sınırlarında yer alan geçirgen sınır koşulları ile birlikte entegre bir sistem olarak modellenmektedir. Bu yaklaşımda, yapı ve zemin birbirinden ayrı iki sistem olarak ele alınmaz; bunun yerine, tüm sistem tek bir bütün olarak modellenerek aralarındaki etkileşim doğrudan analiz edilir. Böylelikle yapıdan zemine ve zeminden yapıya olan yük ve deplasman aktarımı, ortak denge denklemleri içerisinde eşzamanlı olarak çözülmektedir.

Bu yöntem, özellikle zemin ortamının doğrusal olmayan davranışlarını ve temel elemanlarıyla olan etkileşimini daha gerçekçi bir şekilde yansıtmaya imkân sunmaktadır. Yöntemin genel prensiplerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla oluşturulmuş temsili bir modelleme şeması Şekil 3.1'de sunulmuştur. Bu görsel, doğrudan yöntemin bileşenlerini ve sistemin nasıl bütüncül olarak ele alındığını açıklayıcı niteliktedir.



Şekil 3.1. Doğrudan yöntemle ilgili şematik matematik model

Doğrudan yöntemde, sonlu zemin ortamında yer alan dalga yayılımı etkileri dikkate alınarak hesaplama yapılması gerekmektedir. Bu tür analizlerde, zemin ortamının dış sınırlarında tanımlanan geçirgen sınırlar aracılığıyla dalgaların sönümlenmesi sağlanmakta ve bu sınır koşulları genellikle eşdeğer doğrusal kabul ile modellenmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş geçirgen sınır koşulları, zemin ortamında yansıyan dalgaların sistem içerisindeki etkileşimini sınırlamakta ve daha gerçekçi bir dinamik tepki analizi yapılmasına olanak tanımaktadır. Doğrudan yöntem, yapı-zemin etkileşimini bütünsel olarak ele aldığı için, yapıya etki eden ataletsel etkileşim, zemin kaynaklı kinematik etkileşim, temel dönmeleri ve ötelenmeleri gibi karmaşık etkilerin hesaplanmasını mümkün kılmaktadır. Bu yöntem, özellikle yüksek doğruluk gerektiren zemin-yapı sistemlerinin analizinde güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, doğrudan yöntemin uygulanması hem yapı hem de zemin ortamında detaylı doğrusal olmayan modelleme ve çözümleme gerektirdiğinden, hesaplama maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle, mevcut mühendislik uygulamalarında doğrudan yöntemin kullanımı hâlâ sınırlı düzeydedir. Bu çalışma kapsamında zemin ortamı doğrusal kabul edilse de analiz edilen mevcut yapıların karmaşık taşıyıcı sistem özellikleri ve bu sistemlerin doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi çalışmanın temel amacı olduğundan, hesaplama yükü daha düşük ve mühendislik pratiğine daha uygun olan ayırık yöntem tercih edilmiştir.

3.3. Ayrık Yöntem

Bu bölümde, çalışmada kullanılan ayrık yöntemle ilişkin daha ayrıntılı bilgiler sunulacaktır. Çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde ardışık olarak meydana gelen iki büyük depreme ait yer hareketi kayıtları esas alınmıştır. Her bir yapı modeli için bu iki deprem kaydı, aralarında 10 saniyelik boşluk olacak şekilde uç uca eklenmiş ve bu birleşik ivme kaydı tüm analizlerde girdi hareketi olarak kullanılmıştır. Böylece binaların, art arda gelen yıkıcı depremlerin bileşik etkisi altındaki sismik davranışı tek bir analiz döngüsünde değerlendirilmiştir. Bu tez kapsamında toplamda 100 adet doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizi gerçekleştirilmiştir. Yüksek çözüm sayısı ve yapı modellerinin doğrusal olmayan özellikleri göz önüne alındığında, ayrık yöntemin tercih edilme nedeni, doğrudan yöntemle kıyasla çok daha düşük hesaplama yüküne ve kısa analiz süresine sahip olmasıdır.

Ayrık yöntemin doğru bir şekilde uygulanabilmesi için, matematik modelin bazı temel parametreler dikkate alınarak oluşturulması gerekmektedir. Bunlardan ilki, analizde kullanılacak serbest zemin hareketinin, ilgili zemin sınıfı ve yerel zemin koşullarına uygun olarak tanımlanmasıdır. İkinci olarak, yapı temelinde etkili olacak girdi hareketinin belirlenmesi gerekmektedir; bu hareket genellikle serbest zemin hareketinden dönüştürülerek elde edilmektedir. Üçüncü olarak, temel ile zemin arasındaki etkileşimi temsil eden yatay ve düşey yay bileşenlerinin (temel rijitliği) doğru şekilde hesaplanması kritik öneme sahiptir. Son olarak ise, bu bileşenlerin tümü entegre bir sistem olarak ele alınmalı ve yapı, temel ve zemin bileşenlerinin etkileşimleri birlikte değerlendirilmelidir.

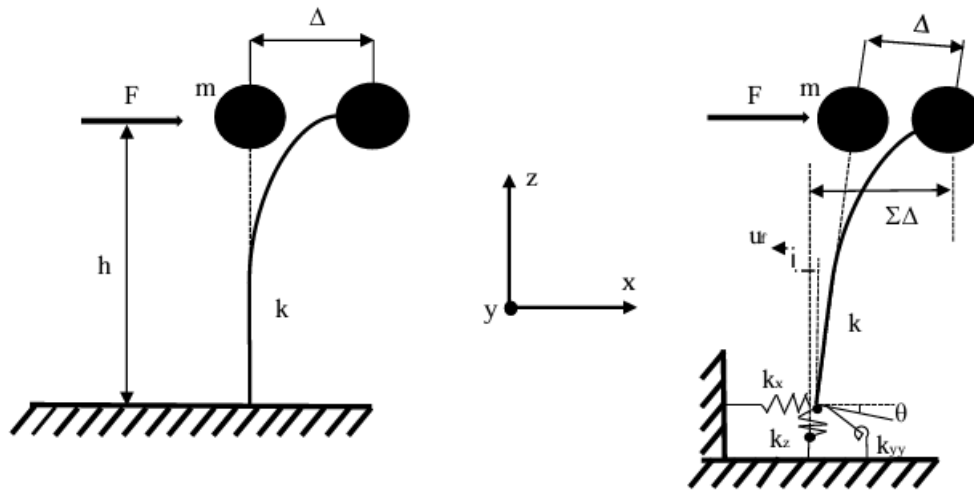
Bu kapsamda, tez çalışması süresince hem ataletsel etkileşim hem de kinematik etkileşim etkileri analiz edilmiştir. Böylece, yapı-zemin etkileşiminin dinamik davranış üzerindeki etkileri detaylı biçimde ortaya konmuş ve ayrık yöntemin mühendislik uygulamaları açısından sağladığı avantajlar değerlendirilmiştir.

3.3.1. Ataletsel Etkileşim

Yapı-zemin etkileşimi (YZE) problemini oluşturan iki temel etkileşim türü bulunmaktadır. Bunlardan ilki, zemin ortamının yapıya etkisini temsil eden ataletsel etkileşimdir. Ataletsel etkileşim, yapı temelinde oluşan kesme kuvvetleri ve momentler sonucunda meydana gelen dönme ve ötelenmeleri esas alır. Bu dönme ve ötelenmeler, yapı-temel-zemin sisteminin genel sismik davranışını önemli ölçüde değiştirebilmekte; özellikle yapı periyotlarının uzamasına ve deplasman taleplerinin artmasına neden olabilmektedir.

Geleneksel yapı analiz ve tasarım yaklaşımlarında, yapı temeli genellikle ankastre mesnet kabulüyle modellenir. Bu yaklaşım, temel elemanlarının sonsuz rijitlikte olduğu ve yine sonsuz rijitlikte bir zemin üzerine oturduğu varsayımına dayanmaktadır. Ancak, özellikle yumuşak zemin koşullarında bu idealizasyon, gerçek zemin davranışını temsil etmekten uzaktır. Bu nedenle, ankastre mesnet varsayımı altında yapılan analizlerde ataletsel etkileşim etkileri göz ardı edilmekte ve yapının deprem performansı olduğundan farklı tahmin edilebilmektedir.

Yapı-zemin etkileşimli sistemlerde ise zemin ortamı, daha gerçekçi bir şekilde esnek bir model olarak ele alınmakta ve zemin rijitliği ile temel deformasyonları birlikte değerlendirilmektedir. Böylece, temel elemanlarının yer değiştirme ve dönme davranışları modele doğrudan dahil edilerek, yapı davranışının daha doğru ve güvenilir bir şekilde öngörülmesi sağlanmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle yüksek mertebede deplasman talebinin beklendiği zayıf zemin koşullarında yapısal güvenliğin değerlendirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Aşağıda, Şekil 3.2’de sol tarafta ankastre mesnet varsayımı ile modellenmiş bir taşıyıcı sistemin (TSD) şematik şekil değiştirme durumu, sağ tarafta ise yapı-zemin etkileşimi (YZE) dikkate alınarak modellenmiş bir taşıyıcı sistemin şekil değiştirme durumu karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir



Şekil 3.2. Tek serbestlik derecesine sahip yapıların şematik gösterimi

3.3.2. Kinematik Etkileşim

Daha önce açıklanan ataletsel etkileşim, zemin ortamının yapı üzerindeki dinamik etkilerini ifade eder ve bu etkileşim daha çok yapının doğal titreşim periyodundaki uzama, sistem sönüm oranındaki artış gibi yapı dinamiğine ait parametrelerdeki değişimlerle ilgilidir. Ataletsel etkileşim, yapı-temel-zemin sisteminin birlikte hareket etmesi nedeniyle,

yapının kütlesi ile zemin rijitliği arasındaki etkileşimin yapı davranışını nasıl değiştirdiğini inceler. Diğer bir önemli etkileşim türü olan kinematik etkileşim ise, zemine gömülü rijit yapı elemanlarının varlığı nedeniyle serbest zemin hareketinin temel seviyesinde ne ölçüde azaldığını analiz eder. Kinematik etkileşim, yapı temeline ulaşan yer hareketinin serbest zemin kaydına göre azalmasını ve bunun yapısal analizlere etkisini anlamaya yönelik bir yaklaşımdır. Zemin hareketindeki bu azalmanın başlıca iki nedeni bulunmaktadır. İlk neden, dalga geçişi etkisi olarak tanımlanır. Bu etki, zemin ortamında oluşan sismik dalgaların, rijit ve sert yapı temellerine ulaşırken enerjilerinin bir kısmını kaybetmeleriyle ilgilidir. Dalga enerjisindeki bu azalma, temelin rijitliği ve geometrisine bağlı olarak gerçekleşir. İkinci neden ise, gömülme etkisidir. Bu etki, temel elemanlarının zemine gömülü olması durumunda, serbest zemin yüzeyindeki hareketin temel seviyesine ulaşmadan önce sönümlenmesiyle ilişkilidir. Temel ne kadar derine gömülüyse, zemin kaynaklı hareketin yapıya ulaşmadan önce o ölçüde azalması beklenir.

3.4. 6 Şubat Depremleri ve Çalışmanın Konusu

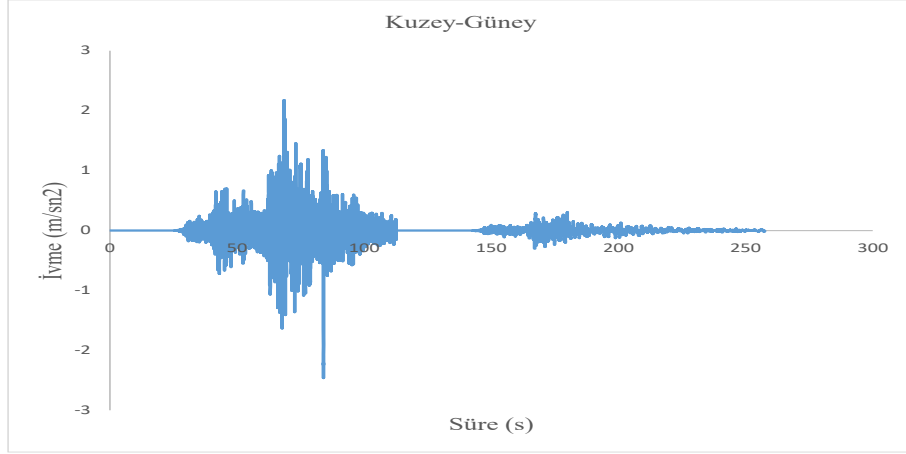
6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'nin güneydoğusunda meydana gelen depremler, yalnızca büyüklükleriyle değil, aynı zamanda birbirini yaklaşık 9 saat arayla takip etmeleri bakımından da dikkat çekici ve dünyada nadir görülen sismik olaylardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu ardışık depremler sonucunda oluşan yıkıcı etkiler ne yazık ki büyük can kayıplarına yol açmış ve 50 binden fazla vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Yaşanan bu büyük felaket, yapı stokumuzun depreme karşı dayanıklılığının yeniden sorgulanması gerekliliğini açıkça ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, söz konusu depremlerin mevcut ve farklı dönemlerde inşa edilmiş betonarme yapıların sismik performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla, toplamda 100 adet betonarme bina modeli oluşturulmuştur. Bu modellerin her biri farklı kat sayılarında (3 ila 7 kat arasında) ve her kat sayısı için onar adet olacak şekilde tasarlanmıştır. Modellenen binalar, yürürlükteki farklı yönetmeliklere göre tasarlanmış olup, 1998 yılı öncesinde ve sonrasında inşa edilen yapıların davranışlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, çalışmada “eski” ve “yeni” yapı ayrımı, 1998 Deprem Yönetmeliği (TDY 1998) esas alınarak yapılmıştır. Bu ayrımın temel nedeni, TDY 1998 ile birlikte ülkemizde betonarme yapı tasarımında önemli bir paradigma değişikliğine gidilmesidir. Zira bu yönetmelikle birlikte kuvvet tabanlı tasarım yaklaşımından, daha çağdaş ve performans esaslı bir yöntem olan deplasman tabanlı tasarıma geçilmiştir.

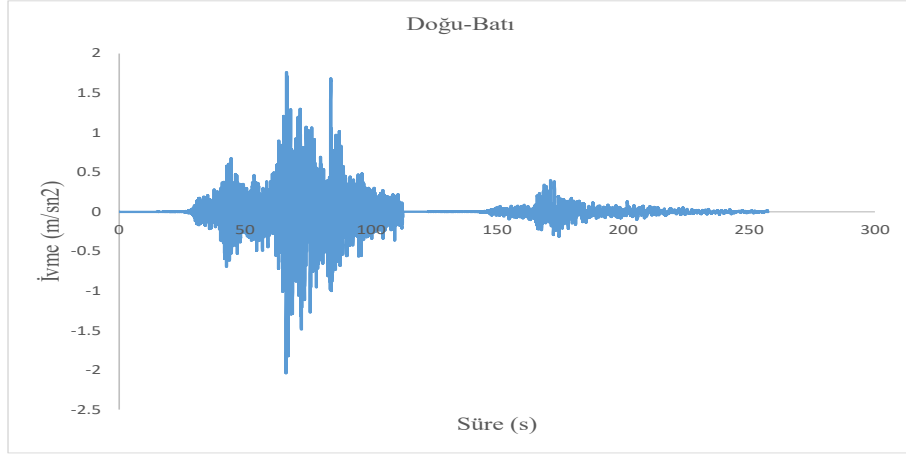
Modellenen yapıların tasarımında, ilgili yönetmelik hükümlerine azami düzeyde uyulmuş ve binaların hem 1975 tarihli Türk Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY 1975) hem de TDY 1998'e uygun şekilde düzenlenmesine özen gösterilmiştir. Modellenen betonarme binaların taşıyıcı sistem tasarımı yapılırken, yürürlükteki deprem ve yapı yönetmeliklerine tam uyum sağlanmasına özen gösterilmiştir. Bu kapsamda, yapıların maruz kalacağı sabit ve hareketli yükler TS 498 standardı dikkate alınarak belirlenmiştir. Sabit yükler, yapı elemanlarının kendi ağırlıkları, döşeme kaplamaları ve sıva gibi kalıcı yükleri içerecek şekilde detaylandırılmış; hareketli yükler ise konut kullanım amacına göre tanımlanmış ve yönetmeliklerde belirtilen katsayılarla çarpılarak sisteme dahil edilmiştir. Bu yüklerin belirlenmesinde hem TS 498 hem de ilgili olduğu döneme ait deprem yönetmelikleri (TBDY 1975 ve TDY 1998) birlikte değerlendirilmiş ve bina davranışını etkileyebilecek tüm yük bileşenlerinin eksiksiz olarak modele yansıtılmasına dikkat edilmiştir.

Deprem yüklerinin tanımlanmasında ise kullanılan bina grubuna, zemin sınıfına, önem katsayısına ve yerel deprem parametrelerine uygun şekilde, her iki yönetmeliğin öngördüğü eşdeğer deprem yükü yöntemi esas alınmıştır. TBDY 1975 yönetmeliğine göre hesaplanan yapılar için, ilgili dönemin spektral ivme katsayıları ve periyot aralıkları dikkate alınmış; TDY 1998'e göre modellenen binalarda ise daha gelişmiş bir spektral ivme yaklaşımı kullanılarak, yer hareketi etkilerinin yapılar üzerindeki karşılığı daha detaylı bir şekilde modellenmiştir.

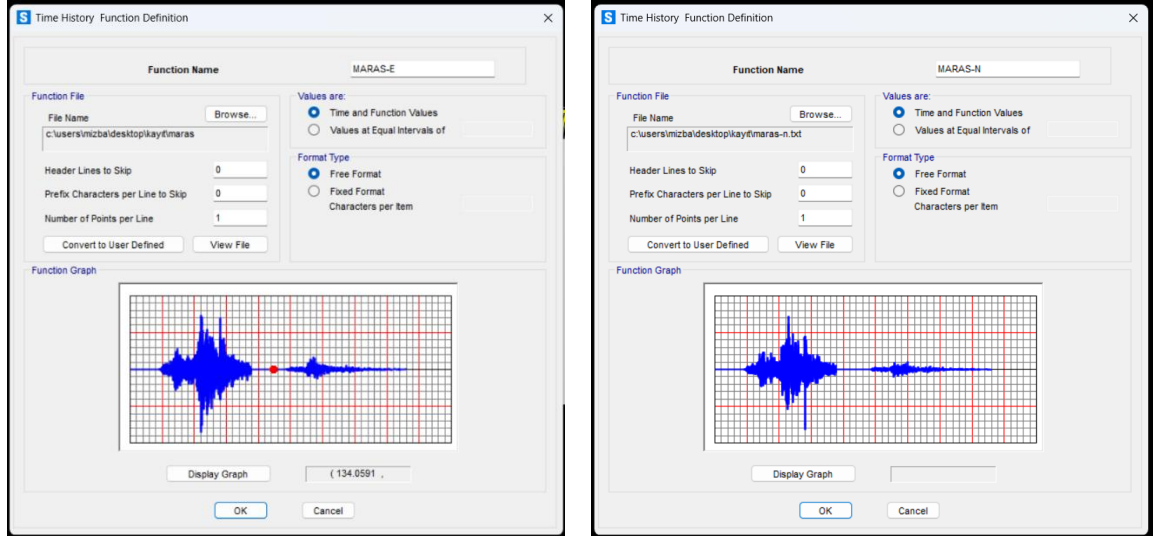
Çalışmada 3134 nolu istasyondan alınan ivme verileri kullanılmıştır. Hatay ili Dört Yol ilçesindeki bu istasyon, çalışmanın konusu olan bölgeye yakınlığından dolayı seçilmiştir. Yerel saat ile 04.17'de ve 13.24'te olan deprem ivmeleri, ivme değerlerinin bariz şekilde azaldığı noktadan arada 10 saniye zaman dilimi bırakarak verilmiştir. Kuzey-güney doğrultusu ve doğu-batı doğrultusu için elde edilen ivmeler, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmiştir. İvme grafiklerine bakıldığında özellikle saat 04.17'de olan depremin daha büyük ivme değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Yapıların ilk depremde büyük hasar almış olmaları daha muhtemeldir. İki deprem ivmesi arasında bırakılan 10 saniye ile birinci depremin etkisinin tamamen geçtiğinden emin olunduktan sonra ikinci deprem ivmesinin etki etmesi amaçlanmıştır. 1. depremin ivme grafiği 112.51 saniye, 2. depremin ivme grafiği ise 135.01 saniye dolaylarında sürmüştür. Şekil 3.3 ve 3.4'teki ivme grafikleri, SAP2000 programına Şekil 3.5.'teki gibi girilmiştir. Bütün yapı sistemleri için sönüm oranı %5 olarak hesaba katılmıştır.



Şekil 3.3. Kahramanmaraş merkezli iki depremin 3134 numaralı istasyondan alınan verilerin 10 saniye arayla kuzey-güney yönü ivme grafiği



Şekil 3.4. Kahramanmaraş merkezli iki depremin 3134 numaralı istasyondan alınan verilerin doğu-batı yönü ivme grafiği



a

b

Şekil 3.5. SAP2000 programına girilen doğu-batı yönlü (a) ve kuzey-güney yönlü (b) ivmeler

Tasarım sürecinde, yüklerin taşıyıcı sisteme aktarımı aşamasında kiriş, kolon ve döşeme elemanlarının rijitlikleri ve etkileşimleri dikkate alınmıştır. Özellikle deprem yüklerinin dağılımında, yatay yükleri karşılayan taşıyıcı sistemin (çerçeve tipi taşıyıcı sistem) doğru modellenmesi ve her bir elemanın görevine uygun olarak yük paylaşımını üstlenmesi sağlanmıştır. Kirişler, düşey yükleri karşılamakla birlikte, aynı zamanda yatay rijitlikte de önemli rol oynamakta olup, kiriş-kolon birleşim bölgeleri dikkatle modellenmiştir. Kolon-kiriş birleşim bölgeleri modellenirken, kirişlerin kolon içine gömülen uç kısımları rijit bölge olarak tanımlanmış ve bu kısımlarda deformasyon oluşmadığı varsayılmıştır. Bu sayede, kirişin esnek davranan kısmı kolon dışından başlatılarak, birleşim bölgesindeki moment aktarımı ve iç kuvvet dağılımı daha gerçekçi şekilde modellenmiştir. Kiriş elemanlarının kolon içinde kalan bölümleri tamamen rijit kabul edilerek, birleşim bölgelerinde oluşabilecek şekil değiştirmeler sınırlandırılmış ve taşıyıcı sistemin deprem etkileri altındaki davranışı daha doğru şekilde yansıtılmıştır.

Yönetmeliklerin uygun gördüğü yüklemeler doğrultusunda, betonarme elemanlarda gerekli donatı alanları, yönetmeliklerin öngördüğü minimum ve maksimum sınırlar gözetilerek hesaplanmıştır. Özellikle kolon elemanlarında sünek davranışın sağlanabilmesi amacıyla boyuna donatılar yeterli kesit alanı sağlayacak şekilde, etriye donatıları ise enerji tüketimini artıracak ve burkulmayı önleyecek biçimde tasarlanmıştır. Bu kapsamda, kolonların plastik mafsallık bölgelerinde etriye aralıkları, yapıların ait olduğu yönetmelik dönemine göre farklılık göstermektedir. Eski binalarda (TBDY-1975'e göre) bu bölgelerde

etriye aralığı 20 cm olarak modellenmişken, yeni binalarda (TDY-1998'e göre) sünek davranışı artırmak ve yerel göçmeleri önlemek amacıyla bu aralık 10 cm'ye düşürülmüştür. Kiriş elemanlarında da benzer şekilde, moment ve kesme kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı sağlayacak şekilde boyuna ve etriye donatı düzenlemeleri yapılmıştır. Betonarme elemanların malzeme özellikleri, ilgili oldukları yönetmelik dönemlerine uygun şekilde tanımlanmıştır. Eski binalarda (TBDY-1975'e göre) kullanılan beton dayanımı C16, donatı çeliği sınıfı ise S220 olarak kabul edilmiştir. Yapılarda yer alan dolgu duvarlar, modellenen sistemlerde fiziksel olarak temsil edilmemiştir. Bunun yerine, duvarların yapıya etkisi, kendi ağırlıkları ve oluşturdukları sabit yükler göz önünde bulundurularak ilgili kat seviyesindeki kiriş elemanlarına düzgün yayılı yükler şeklinde aktarılmıştır. Böylece, duvarların düşey taşıyıcı sistem üzerindeki ek yük etkisi modele dahil edilmiş ancak rijitlik katkısı hesaba katılmamıştır. Ayrıca, her kat düzleminde döşeme sisteminin rijit davrandığı varsayılmış ve modellerde rijit diyafram kabulü uygulanmıştır. Bu sayede, yatay yükler tüm döşeme düzlemine eşit şekilde dağıtılarak, yapının üç boyutlu deprem davranışının daha gerçekçi şekilde temsil edilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan betonarme binaların kalıp planları, düzenli ve simetrik çerçeve sistemi esas alınarak oluşturulmuştur. Tüm taşıyıcı sistem, her kolonun her iki doğrultuda da komşu kirişlerle birleşecek şekilde tasarlanmış ve böylece rijit çerçeve davranışı sağlayan düzenli bir yapı planı elde edilmiştir. Bu yaklaşım, taşıyıcı sistemin hem yatay hem düşey yükler altındaki davranışının dengeli olmasını sağlamakta ve özellikle deprem etkileri altında burulma düzensizliklerinin oluşmasını önlemektedir. Rijit çerçeve sistemi, moment aktarımının sürekliliğini sağlayarak yapının sünekliğini ve enerji yutma kapasitesini artırıcı bir etki yaratmaktadır.

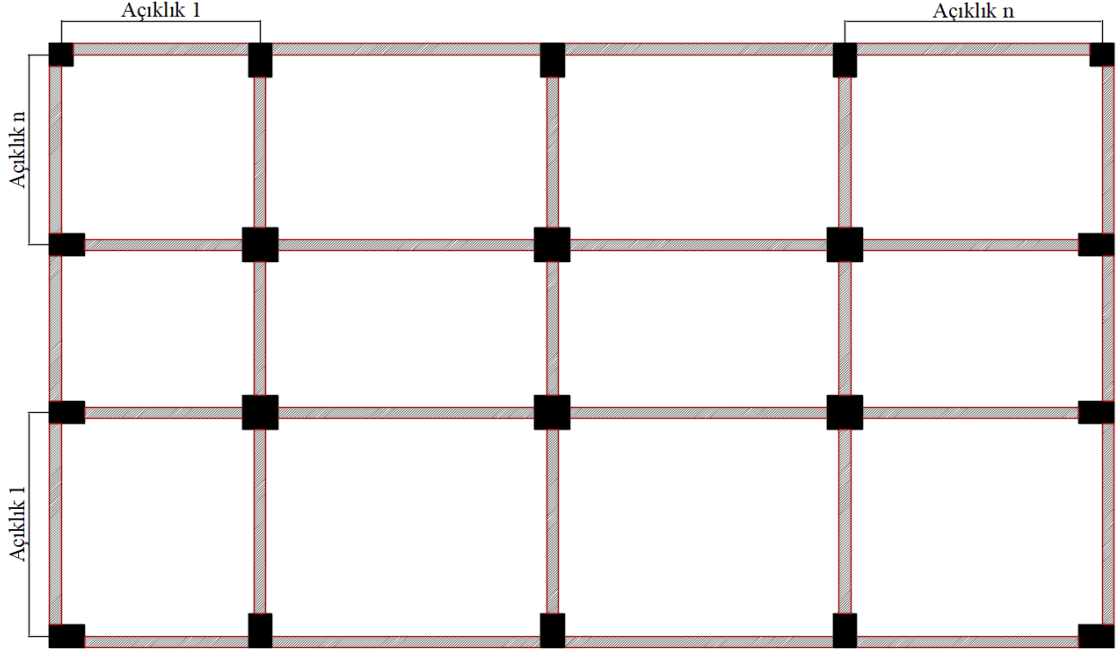
Çalışmada kullanılan bina modellerinde kat yükseklikleri her bir bina arasında farklılık göstermektedir; ancak her bir binanın kendi içinde kat yükseklikleri sabit tutulmuştur. Bu yükseklik değerleri, Tablo 3.1.'de sunulan aralıklardan seçilmiştir. Kolon boyutları, her bir doğrultu için ayrı ayrı olmak üzere, yüksekliği (h) ve genişliği (b) dikkate alınarak belirlenmiş; benzer şekilde kiriş boyutlarının seçiminde de aynı yöntem izlenmiştir. Yani, kolon ve kiriş kesitleri farklı eksenlerde farklılık gösterebilmekte, bu sayede daha gerçekçi bir taşıyıcı sistem davranışı elde edilmektedir.

Tablolarda örnek olarak verilen bir bina için, x doğrultusunda 4 açıklık, y doğrultusunda ise 3 açıklık bulunmaktadır. Bu açıklıkların her birinin mesafesi 2 ile 7 metre arasında değişmekte olup, yapı geometrisinde çeşitlilik sağlanmıştır. Bu çeşitlilik, farklı mimari yerleşimlere ve taşıyıcı sistem düzenlemelerine uyumlu olacak şekilde

modellenmiştir. Kolon kesit boyutları, eksen kesişim noktalarında değişkenlik gösterecek biçimde belirlenmiş ve genellikle 0.30 metre ile 0.70 metre arasında seçilmiştir. Örneğin, belirli bir kolon ekseninde S1 kolonu 0.30x0.50 m kesitinde, S2 kolonu ise 0.60x0.40 m kesitinde tasarlanmıştır. Bu yaklaşım, yapı içindeki kolonların yük taşıma kapasitelerine ve konumlarına göre farklı boyutlandırılmasını mümkün kılmıştır. Kiriş boyutları ise her bir bina modeli için bir kez belirlenmiş ve tüm katlarda aynı kesit ölçüsü kullanılmıştır. Örneğin, belirli bir bina modelinde 0.25x0.60 m kesit boyutuna karar verilmişse, bu kesit tüm katlardaki tüm kirişler için sabit olarak kullanılmıştır. Bu yöntemle, kirişlerdeki yük dağılımı ve süreklilik esas alınarak analizlerin karşılaştırılabilirliği artırılmıştır. Oluşturulan kalıp planlarının genel görünümü ve taşıyıcı sistemin yerleşimi, Şekil 3.6 ve 3.7’de sunulmuştur. Bu şekil, kolon ve kirişlerin düzenli çerçeve sistemi içerisinde nasıl konumlandırıldığını ve açıklıkların yapı boyunca nasıl dağıldığını görsel olarak ortaya koymaktadır. Böylece çalışmada kullanılan yapısal modellerin geometrik bütünlüğü ve mühendislik açısından düzenli oluşu güvence altına alınmıştır.

Tablo 3.1. Yapılara ait kolon-kiriş boyutları, bina yükseklikleri ve açıklık sayıları ve mesafeleri

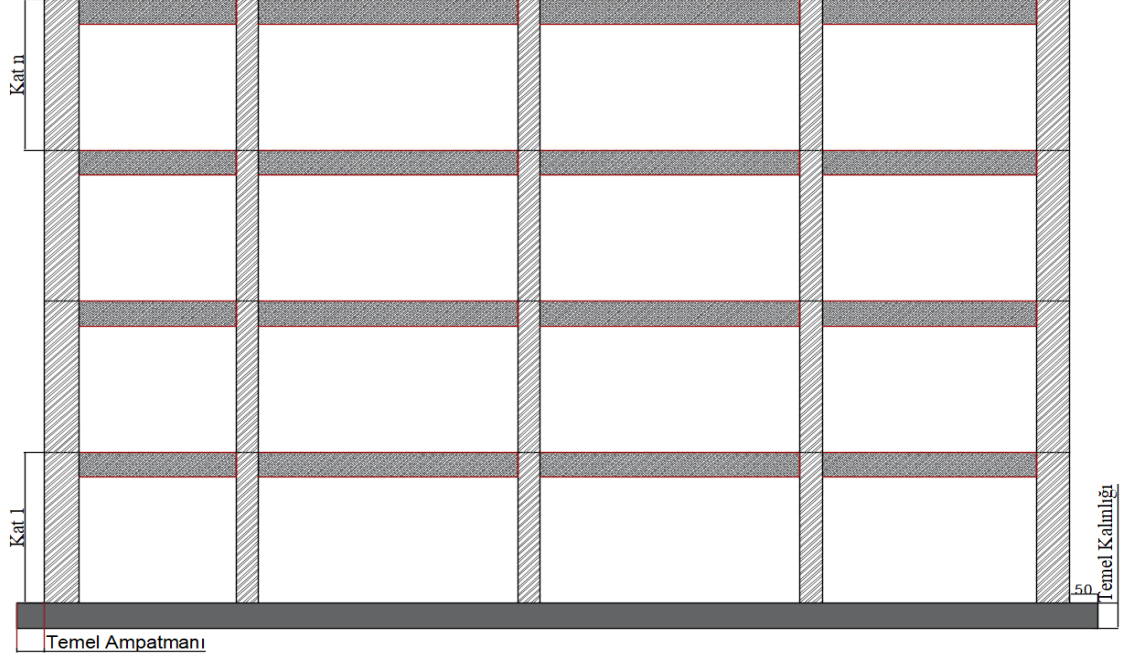
Açıklık (m)	X ve Y Doğrultusunda Açıklık Sayısı	Kat Yüksekliği (m)	Kolon Boyutları (b) (m)	Kolon Boyutları (h) (m)	Kiriş Boyutları (b) (m)	Kiriş Boyutları (h) (m)
2.00	2	2.75	0.30	0.30	0.25	0.50
2.25	3	3.00	0.35	0.35	0.30	0.60
2.50	4	3.25	0.40	0.40		
2.75	5		0.45	0.45		
3.00	6		0.50	0.50		
3.25	7		0.55	0.55		
3.50			0.60	0.60		
3.75			0.65	0.65		
4.00			0.70	0.70		
4.25			0.75	0.75		
4.50						
4.75						
5.00						
5.25						
5.50						
5.75						
6.00						
6.25						
6.50						
6.75						
7.00						



Şekil 3.6. Binalara ait örnek kalıp planı şablonu

Şekil 3.6 ve 3.7’de verilen şekillerdeki gibi oluşturulan modellerin temelleri kat sayıları ile orantılı olarak girilmiştir. Temellerin ampatmanları her taraftan 50 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Şekil 3.7’de de gösterildiği gibi en alt katta seçilen betonarme kolon ve kirişlerin elemanlarının boyutları, üst katlarda da aynı boyutlarda seçilmiştir. Yapının zeminle olan etkisini modelleyebilmek için temelin altına ve yan yüzeylerine yaylar tanımlanarak zemin etkilerinin tam şekilde gösterilebilmesi amaçlanmıştır.

Zeminin düşey yatak katsayıları (k_z), temelin dönmesini ifade edecek katsayı (k_θ) ile yataydaki hareketini gösteren katsayılar (k_y , k_x) temelin boyutlarına ve şekline göre hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken temel derinliği, zemin kayma dalgası hızı (v_s), zemin birim hacim ağırlığı (γ) ve poisson oranı (ν) kullanılmıştır. Poisson oranı 0.25, temel derinliği binanın kat sayısına göre, kayma dalgası hızı 374 m/s, birim hacim ağırlık ise 20 kN/m³ olarak alınmıştır. Bu işlemler sonucu elde edilen katsayılar, SAP2000 yazılım programında temelin ilgili yerlerine “link” olarak atanmıştır.



Şekil 3.7. Yapılara ait örnek kesit

Sonuç olarak gerek yük tayini gerekse taşıyıcı sistem tasarımı sürecinde, dönemin standart ve yönetmelikleri titizlikle dikkate alınmış, böylece hem TBDY-1975'e hem de TDY-1998'e uygun, karşılaştırmalı analizlere elverişli betonarme bina modelleri oluşturulmuştur.

3.5. Yapılara Ait Modal Analiz Sonuçları

Çalışmada kullanılan yapıların kalıp planları, Tablo 3.1'de verilen verilere dayanılarak seçilmiş ve teorik modeller olarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, toplamda 100 adet betonarme çerçeve modeli oluşturulmuştur. Yapılar, düzenli ve simetrik çerçeve sistemlerine sahip olacak şekilde modellenmiş, taşıyıcı sistem yalnızca kiriş ve kolonlardan oluşan betonarme çerçevelerden meydana getirilmiş, perde duvarlara yer verilmemiştir. Böylece yalnızca çerçeve tipi taşıyıcı sistemlerin deprem davranışı incelenmiştir.

Yapılarda etkili olan sabit yükler (ölü yükler), yapı türüne ve kullanım amacına göre değişmek üzere 0.1 ile 0.35 t/m^2 (0.981 – 3.43 kN/m^2) aralığında tanımlanmıştır. Hareketli yükler (canlı yükler) ise 0.2 ile 0.4 t/m^2 (1.96 – 3.92 kN/m^2) arasında olacak şekilde modellenmiştir. Taşıyıcı sisteme katkısı tartışmalı olan dolgu duvarlar, deprem anının ilk saniyelerinde betonarme taşıyıcı sistemden ayrılmaları beklendiği için fiziksel olarak modellenmemiştir. Bunun yerine, bu duvarların yalnızca düşey yük etkisi hesaba katılmış ve

iç ile dış dolgu duvarlar ayrı ayrı sınıflandırılarak bu yükler ilgili kiriş elemanlarına düzgün yayılı yükler olarak tanımlanmıştır. Kütlelerin modellenmesinde hareketli yüklerin katılım oranı Tablo 3.2'den konutlar için 0.30 olarak hesaba katılmıştır.

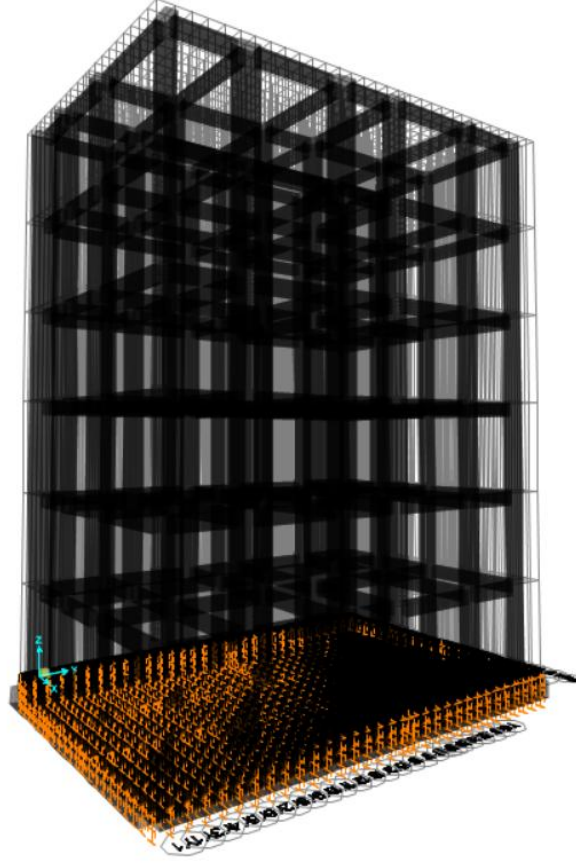
Tablo 3.2. TBDY 2018'e göre hareketli yük kütle katılım katsayıları

Binanın Kullanım Amacı	<i>n</i>
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Zamanla gelişen deprem yönetmelikleri arasında önemli farklar bulunmaktadır. 1998 Deprem Yönetmeliği (TDY 1998), 1975 Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY 1975) kıyasla çok daha gelişmiş ve kapsamlı bir sistem sunmuştur. TDY 1998 ile birlikte sismik bölgelerin daha ayrıntılı şekilde sınıflandırılması, tasarım spektrumlarının güncellenmesi, bina önem katsayılarının tanımlanması, süneklik gerekliliklerinin artırılması, düzensiz yapı kurallarının sıkılaştırılması ve modern analiz yöntemlerinin benimsenmesi gibi önemli yenilikler yürürlüğe girmiştir. Buna karşılık, TBDY 1975 daha basit ve büyük ölçüde dayanım tabanlı bir tasarım yaklaşımına dayanmaktadır.

Çalışmada yer alan binalarda döşeme kalınlıkları 12 cm veya 15 cm olarak belirlenmiştir. Ancak dolgu duvarlarda olduğu gibi, döşemeler de fiziksel olarak modellenmemiştir; bunun yerine, döşemelerin ağırlıkları ilgili kiriş elemanlarına düzgün yayılı yük olarak aktarılmıştır. Bu sayede hesap yükleri modele dahil edilmiş olsa da yapının yatay rijitliği rijit diyafram kabulleri ile sağlanmıştır.

Tüm yapılar, birinci derece deprem bölgesinde yer aldığı varsayılmış ve hem TBDY-1975 hem de TDY-1998 yönetmelikleri için Z3 yerel zemin sınıfına karşılık gelen tasarım spektrumu esas alınmıştır. Yeni yönetmeliğe göre modellenen yapılarda, taşıyıcı sistem yalnızca çerçeve elemanlarından oluştuğu için, yapının sünek davranış göstermesi esas alınmış ve buna bağlı olarak yapısal davranış katsayısı (R) 8 olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, yüksek süneklığe sahip betonarme çerçevelerin deprem etkisi altındaki performanslarını değerlendirmeye olanak tanımaktadır.



Şekil 3.8. Yapı zemin etkileşimini (YZE) temsilen düğüm noktalarına atanan yaylar

Modellenen betonarme çerçeve sistemlerinde kullanılan donatı çeliği için akma sonrası pekleşme (post-yield hardening) davranışı dikkate alınmıştır. Bu sayede, donatının akma noktasını geçtikten sonraki gerilme-deformasyon ilişkisi daha gerçekçi biçimde modele yansıtılmıştır. Teorik olarak oluşturulan yapı modellerine modal analiz uygulanmış ve her bir yapı için birinci doğal titreşim periyotları hesaplanmıştır. Elde edilen bu dinamik analiz sonuçları, yapı yüksekliğine (H) bağlı olarak periyodu öngören ampirik denklemlerle karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırmada kullanılan ampirik periyot ifadeleri, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) ve modal analiz kullanılmıştır. TBDY 2018'e göre periyot Denklem 3.1'e bağlı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan doğal periyotların bu ampirik formülle elde edilen teorik periyotlarla karşılaştırılması, yapıların dinamik özelliklerinin yönetmeliklere uygunluğunu değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları bulgular kısmında grafiksel olarak sunulmuş ve yapı yüksekliği ile periyot arasındaki ilişki görsel olarak ortaya konmuştur.

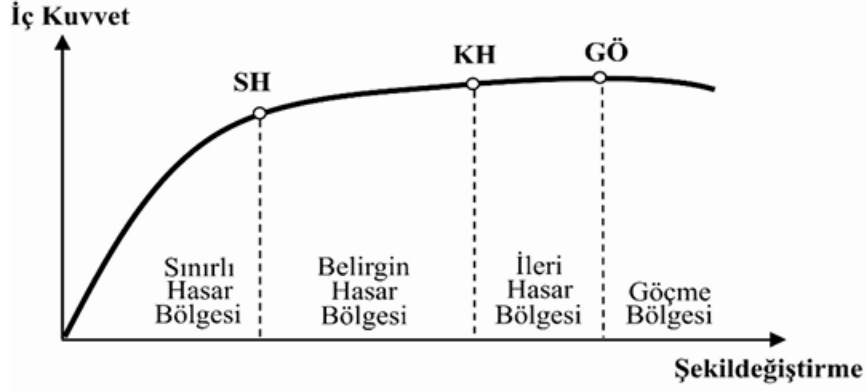
$$T_{TBDY\ 2018} = 0.1 * H^{0.75} \quad (3.1)$$

3.6. Bina Kapasitelerinin Değerlendirilmesi ve Doğrusal Olmayan Modelleme

Daha önce de belirtildiği üzere, çalışmada ele alınan betonarme yapıların taşıyıcı elemanlarına ait donatı tasarımları, yapıların inşa dönemlerine uygun olarak farklı deprem yönetmeliklerine göre gerçekleştirilmiştir. Eski olarak sınıflandırılan yapılar için 1975 tarihli Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-1975) esas alınırken, yeni yapıların donatı tasarımı 1998 tarihli Türk Deprem Yönetmeliği'ne (TDY-1998) uygun olarak yapılmıştır. Her iki yönetmelik doğrultusunda oluşturulan bu taşıyıcı sistemler, ilgili dönemin tasarım felsefesi ve minimum donatı koşulları dikkate alınarak modellenmiştir. Ancak, bu çalışmada yapıların sismik performanslarının değerlendirilmesinde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) kapsamında tanımlanan eleman hasar sınırları esas alınmıştır. Bu yönetmelik, taşıyıcı sistem elemanları için farklı performans seviyelerine karşılık gelen sınır deplasman ve eğrilik değerlerini belirlemekte ve bu sayede hasar düzeylerinin nicel olarak değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışma kapsamında, TBDY 2018'de yer alan bu hasar limitlerinden (Tablo 3.4) yararlanılarak her bir kolon elemanının hangi performans düzeyinde yer aldığı belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Bina performans düzeyleri tanımları

Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi	Bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği, hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı durum
Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi	Bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyi
Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi	Can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyi
Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi	Bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi durum



Şekil 3.9. TBDY 2018'e göre yapısal hasar bölgeleri

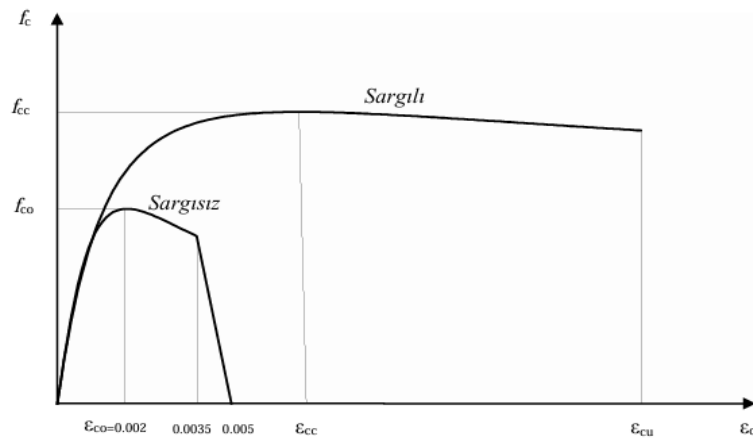
TBDY 2018 her ne kadar kiriş elemanları için de performans sınır değerleri tanımlanmış olsa da bu çalışmada yapı performans düzeyinin belirlenmesinde yalnızca kolon elemanları esas alınmıştır. Başka bir ifadeyle, bir kirişin Sınırlı Hasar (SH) veya Göçmeyi Önleme (GÖ) sınırına ulaşması, yapının genel performans seviyesini etkilememiştir. Bunun temel gerekçesi, kolonların taşıyıcı sistemin düşey sürekliliği açısından hayati öneme sahip olması ve bir kolonun göçmesinin, yapının genel stabilitesini ciddi şekilde tehlikeye atarak can kaybı riskini doğrudan artırmasıdır. Kirişlerde oluşabilecek hasarlar ise, belirli düzeylerde enerji sönmeye katkı sunmakta ve yapının genel çökmesine neden olmamaktadır. Dolayısıyla, çalışmada eleman bazlı performans değerlendirmesi yapılırken, her bir kolonun plastik dönme kapasitesi, moment-eğrilik davranışı ve sınır değerleri dikkate alınmış; ardından bu değerlere göre her yapı için genel bir performans düzeyi tanımlanmıştır. Bu yaklaşım, özellikle göçmenin önlenmesi açısından kritik önemdeki kolonların davranışına odaklanarak, yapıların deprem güvenliğine yönelik daha gerçekçi bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır.

Her bir performans düzeyi için TBDY 2018'de tanımlanan sınır değerler ve ilgili hasar limitleri Tablo 3.4'te formül olarak, Şekil 3.10 ve 3.11'de de grafik olarak sunulmuştur. Bu tablo, kolonların hangi plastik dönme aralıklarında Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) veya Göçmeyi Önleme (GÖ) seviyelerinde kabul edileceğini açık biçimde ortaya koymakta ve yapıların sınıflandırılmasına temel teşkil etmektedir.

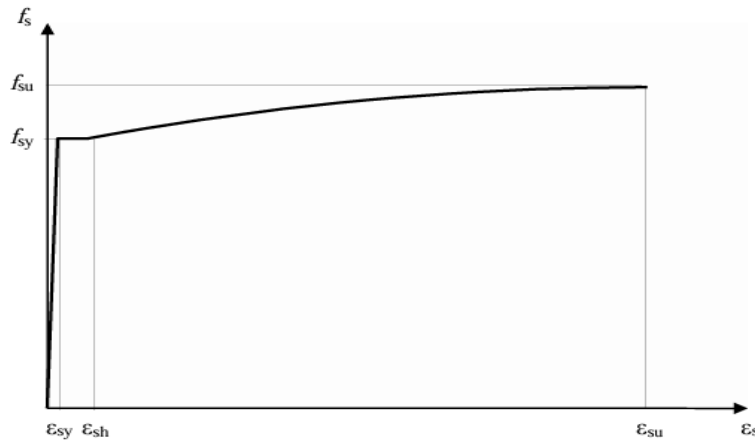
Tablo 3.4. TBDY 2018'e göre malzeme hasar sınırları

Hasar Seviyesi	Beton Sınır Durumları	Çelik Hasar Sınırları
Sınırlı Hasar	$\epsilon_c^{(SH)} = 0.0025$	$\epsilon_s^{(SH)} = 0.0075$
Kontrollü Hasar	$\epsilon_c^{(KH)} = 0.75 \epsilon_c^{(GÖ)}$	$\epsilon_s^{(KH)} = 0.75 \epsilon_s^{(GÖ)}$
Göçmenin Önlenmesi	$\epsilon_c^{(GÖ)} = 0.0025 + 0.04 \sqrt{w_{wp}} \leq 0.018$	$\epsilon_s^{(GÖ)} = 0.4 \epsilon_{su}$

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışlarını gerçeğe en yakın şekilde modelleyebilmek amacıyla, malzeme doğrusal olmayanlığını doğrudan temsil eden toplu fiber mafsal (lumped fiber hinge) elemanları kullanılmıştır. Bu yöntemle, her bir plastik mafsal bölgesi, beton ve donatıdan oluşan lif (fiber) modelleri aracılığıyla tanımlanmış, malzemenin gerilme-şekil değiştirme ilişkisine göre rijitlik hesaplamaları yapılmıştır. Kolon ve kiriş elemanlarının her iki ucuna, kesit yüksekliğinin yarısı uzunluğunda (0.5h) plastik mafsallar tanımlanarak çift eksenli eğilme etkileri modele dahil edilmiştir.



Şekil 3.10. Beton gerilme-şekil değiştirme grafiği

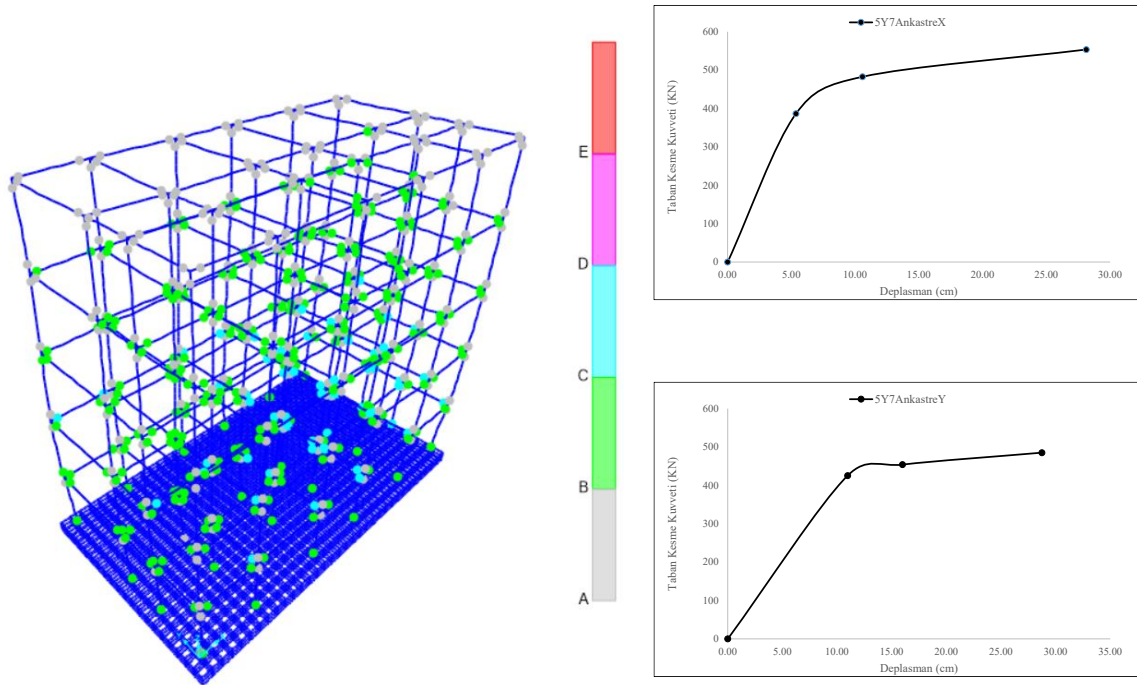


Şekil 3.11. Donatı gerilme-şekil değiştirme grafiği

Yeni binalarda betonun basınç dayanımı 25 MPa, eski binalarda ise 16 MPa olarak kabul edilmiştir. Boyuna ve enine donatıların akma dayanımları da yönetmelik dönemine göre farklılaştırılarak, yeni yapılar için 420 MPa, eski yapılar için 220 MPa olarak belirlenmiştir. Donatının akma sonrası pekleşme davranışı da analizlere dahil edilmiştir.

Betonarme kolonlarda boyuna donatı oranları %1.1 ile %1.65 arasında değişmekte olup gerek eski gerekse yeni binalarda kesit boyutlarında veya donatı oranlarında herhangi bir indirgeme yapılmamıştır. Yapıların doğrusal olmayan tanımları tamamlandıktan sonra, her model için statik itme analizi gerçekleştirilmiş ve deprem etkisi altındaki taşıma kapasiteleri belirlenmiştir. Analizler sonucunda, yapıların x ve y doğrultularındaki kapasiteleri ayrı ayrı değerlendirilmiş ve her iki yöndeki göçme durumları bağımsız olarak analiz edilmiştir. Performans noktaları, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan dönmeler esas alınarak belirlenmiş; ardından bu değerler eleman hasar sınırlarıyla karşılaştırılmış ve yapı genelindeki hasar dağılımı dikkate alınarak performans düzeyleri tanımlanmıştır.

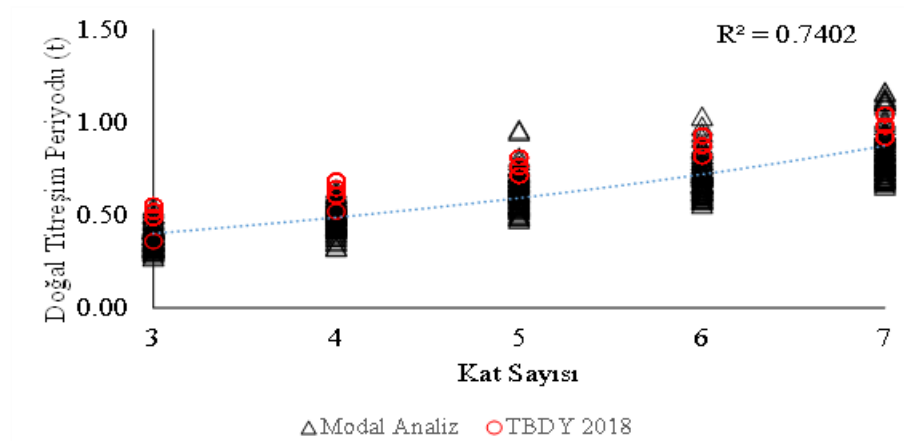
Yapının genel göçme durumu yalnızca kolon elemanlarındaki hasarlar temel alınarak belirlenmiştir; kirişlerde meydana gelen hasarlar binanın göçme noktasının belirlenmesinde dikkate alınmamıştır. Bu yaklaşım, kolonların taşıyıcı sistemin sürekliliği açısından kritik öneme sahip olması ve göçmeye neden olma potansiyelinin yüksekliği nedeniyle tercih edilmiştir. Şekil 3.12’de beş katlı bir bina modeli için x ve y yönünde elde edilen boyutsuz kapasite eğrileri ve ilgili hasar durumları sunulmuştur. Bütün binalara ait kapasite eğrileri EK 1’de verilmiştir.



Şekil 3.12. 5 Katlı bir yapının X ve Y yönündeki kapasite eğrisi ve analiz sonucu oluşan mafsalları

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Oluşturulmuş olan binalara modal analiz uygulanmış ve her bir yapı için birinci doğal titreşim periyotları hesaplanmıştır. Modal analiz sonucu elde edilen periyotlar, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in yapı yüksekliğine (H) bağlı olarak periyodu öngören ampirik denklemlerle karşılaştırılmıştır. TBDY 2018'e göre periyot formülü 3. Bölümde, Denklem 3.1'e olarak verilmiş olup yapı periyotları buna göre hesaplanmıştır. Hesaplanan doğal periyotların bu ampirik formülle elde edilen teorik periyotlarla karşılaştırılması, yapıların dinamik özelliklerinin yönetmeliklere uygunluğunu değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Şekil 4.1'de verilen karşılaştırmaya bakıldığında yapı yüksekliği ve periyot arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir.



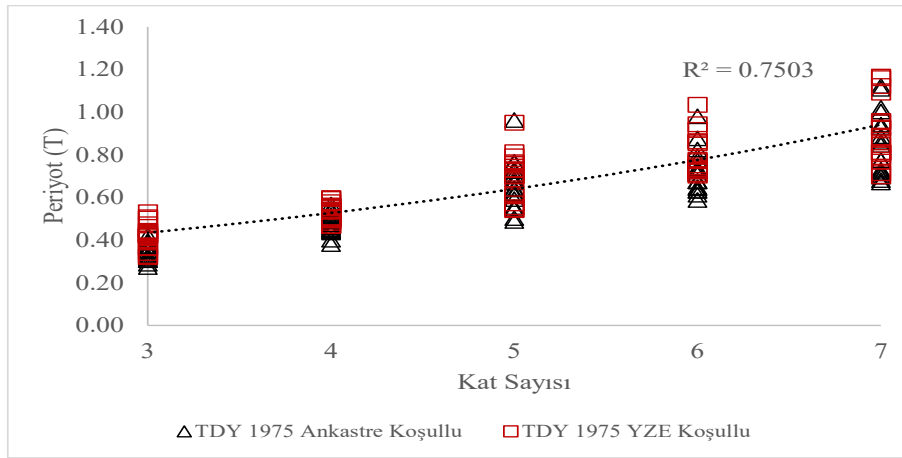
Şekil 4.1. Modal analiz ve TBDY 2018'e göre periyotların kat sayısına göre dağılımı

TBDY 2018'deki amprik formül, sadece binanın yüksekliğine bağlı bir fonksiyon iken modal analiz yapının kütlelerini, eleman rijitlikleri ve çatlamış kesit rijitliklerini de hesaba katmaktadır. Şekil 4.1'e bakıldığında kat sayısı ile periyotlar arasında doğrusal bir ilişki olmakla beraber iki yöntem arasında da bir korelasyon göze çarpmaktadır. Modal analiz hesabında, yapı kütlelerinin hesaba katılmasından dolayı komşu kat sayıları ile aralarında benzer periyotlar hatta yüksek katlı bir binanın daha düşük periyot değeri olabilmektedir. 4 katlı bir yapının periyodu, 5 katlı bir yapının periyodundan yüksek olma durumu vardır. bunun başlıca sebebi yapı kütlelerindeki farklılıktır.

Bir başka periyot karşılaştırılması 1975 ve 1998 yönetmeliğine göre yapılmış binaların ankastre ve yapı zemin etkileşiminine göre yapılmıştır. Yapı zemin etkileşiminin dikkate alındığı binalarda yapı periyotunun daha büyük çıktığı görülmüştür. Bunun sebebi

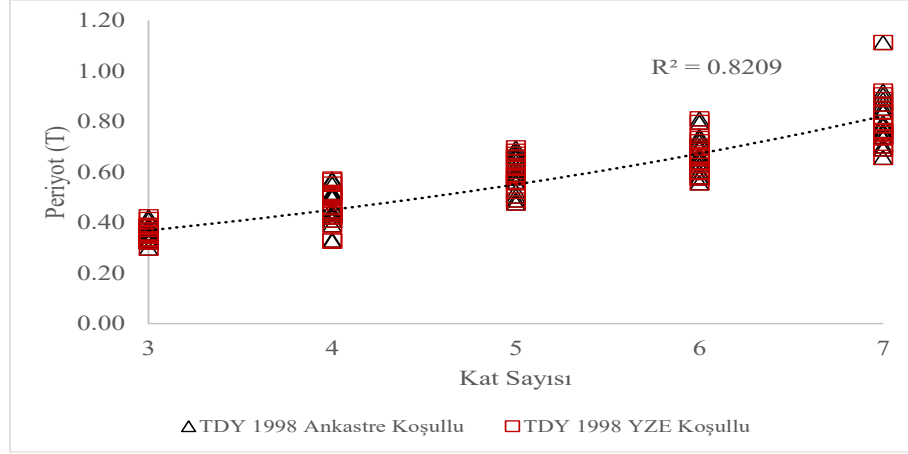
periyot hesaplanırken zemin rijiliğinin sonsuz olarak değil zeminin mekanik özellikleri dikkate alınarak hesaplanmasıdır. Yapı zemin etkileşiminde zemin etkileri hesaba katılınca rijitlik (k) azalmaktadır. Denklem 4.1’de görüldüğü gibi rijitliğin azalması periyodun artması anlamına gelmektedir.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (4.1)$$



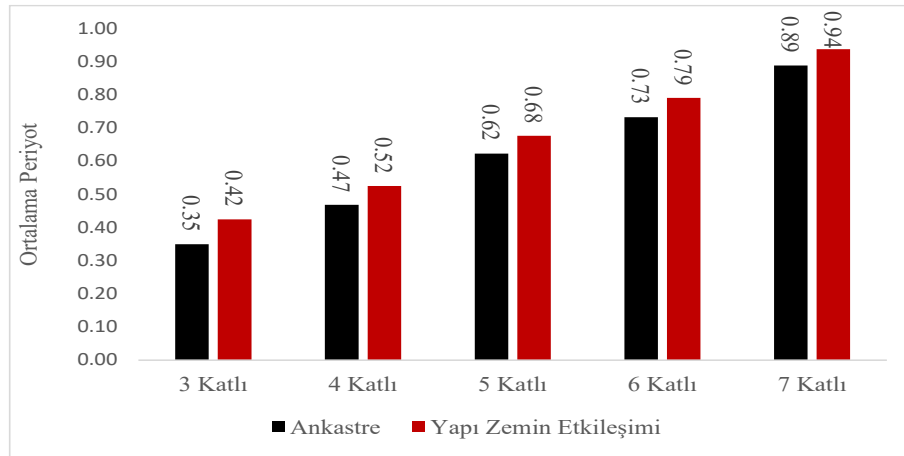
Şekil 4.2. 1975 Yönetmeliğine göre yapılmış binaların ankastre mesnetli ve yapı zemin etkileşimli (YZE) periyotları

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak hesaplanan periyotların karşılaştırılması yapılmıştır. Denklem 4.1'in öngördüğü şekilde yapı zemin etkileşiminin dikkate alındığı durumda yapı periyotları daha büyük çıkmıştır. Bina periyodunun uzaması spektrum grafiğinde genellikle daha düşük bir ivme değeri alması anlamına gelmektedir. Bu da teorik olarak daha az deprem kuvvetinin etkileyeceği sonucu çıkmaktadır. Ancak daha önce bahsedildiği gibi karmaşık bir analiz ve çıktı süreci olduğu için her zaman olumlu olarak yorumlanacağı anlamına gelmemektedir. Önceki çalışmalarda deprem kuvvetlerin azaldığı ancak deplasmanların arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada da benzer çıktılar elde edilmiştir.



Şekil 4.3. 1998 Yönetmeliğine göre yapılmış binaların ankastre mesnetli ve yapı zemin etkileşimli (YZE) periyotları

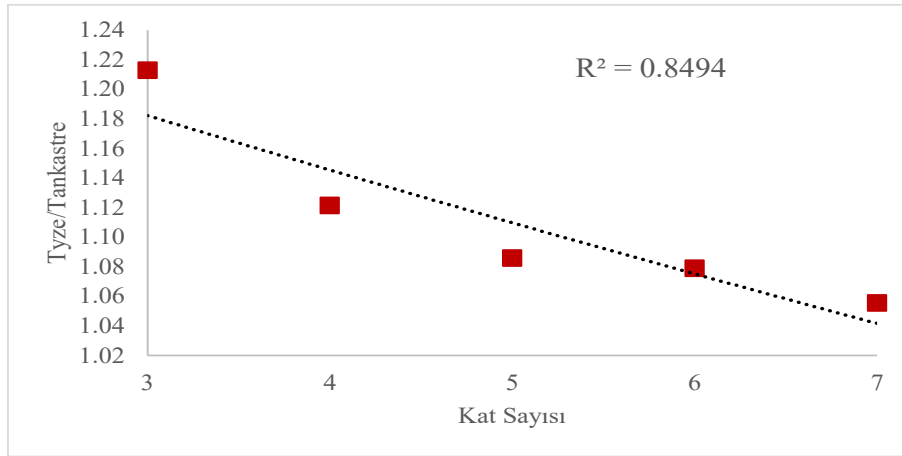
Ankastre ve yapı zemin etkileşimli olarak analizlerde elde edilen periyot değerlerinin ortalama olarak verildiği Şekil 4.4'te bakıldığında yapı zemin etkileşimi periyotlarının daha yüksek olduğu görülecektir. Bu artışların sebepleri yukarıda tartışılmakla beraber tekil olarak büyük periyotlu binaların tek başına değil diğer binalarla beraber incelendiğinde anlamlı sonuçlar elde edilebilmektedir. 3 katlı binalarda %21.31, 4 katlı binalarda %12.15, 5 katlı binalarda %8.59, 6 katlı binalarda %7.91 ve 7 katlı binalarda %5.56 oranında periyot artışları olmuştur.



Şekil 4.4. Kat sayısına göre ortalama periyotlar

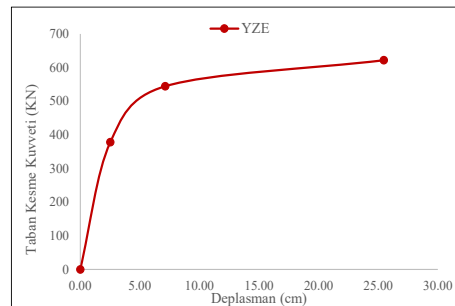
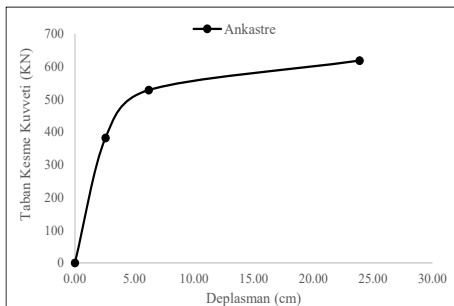
Şekil 4.4'te verilen değer artışlarının kat sayıları ile aralarındaki ilişkisi Şekil 4.5'te görülmektedir. Kat sayılarının artışları ile yapı zemin etkileşiminin periyot değerlerinin azalması arasında güçlü bir korelasyon bulunmuştur ($R^2=0.85$). Kat sayısı arttıkça yapı zemin etkileşiminin etkisinin azalmasının nedeni az katlı binaların rijitliğinin fazla

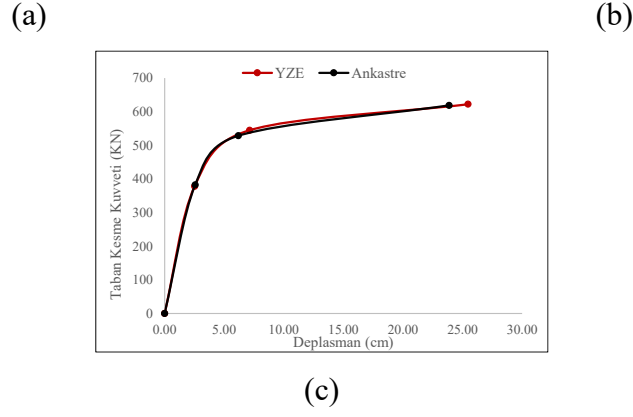
olmasıdır. Zeminin mekanik etkileri sisteme yansıtıldığında büyük farkların olması, rijtliğinin diğer kat sayılarına göre fazlalığından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.5. Kat sayısına göre ortalama yapı zemin etkileşimli bina periyotlarının ortalama ankastre bina periyotlarına oranı

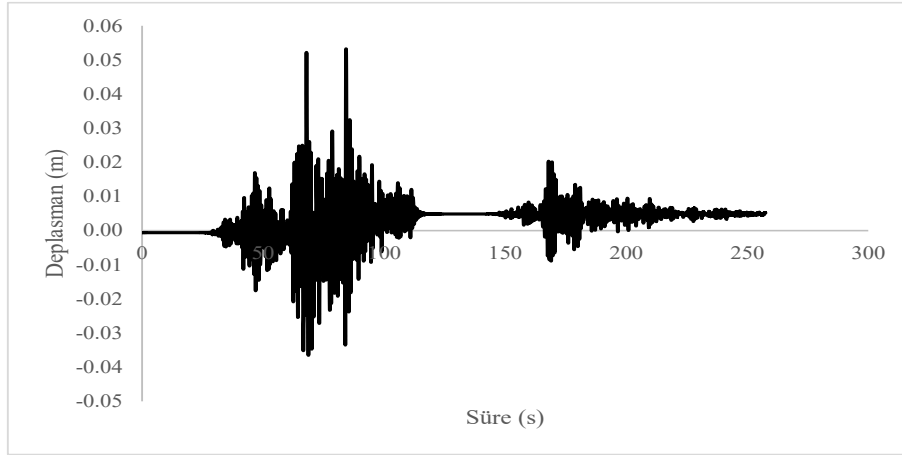
Şekil 4.6’te 1975 yönetmeliğine göre yapılmış 4 katlı 3 numaralı binanın ankastre ve yapı zemin etkileşimli olarak kapasite eğrileri verilmiştir. EK 1’de bütün yapıların kapasite eğrileri verilmiştir. Kapasite eğrileri, yapıların hasar noktaları, süneklik-gevreklik düzeyleri ve yük kapasitesi hakkında bilgiler sağlamaktadır. Grafiklerin yatayda uzanması, yapının sünek olduğunu, ani düşmelerde ise gevrek olduğunu göstermektedir. Aşağıdaki grafiklerde de görüldüğü gibi yapıdan yapıya bu değerler ve grafik şekilleri değişmektedir. Kapasite eğrileri yapıların taşıyıcı sistemindeki eleman boyutlarına, malzeme kalitelerine, donatı oranına, yapı yüksekliğine ve yapı düzensizlikleri gibi faktörlere bağlıdır. Kapasite eğrilerine ait grafikler incelendiğinde bazı binaların sünek, bazılarının çok sünek, bazılarının ise gevrek davrandığını görülmektedir. Bu yukarıda bahsedilen çeşitli etkenlerden bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Yapıların genelinde göçme durumundaki deplasmanları bina yüksekliğine oranı %2-3 arasında olmuştur.





Şekil 4.6. 4 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri

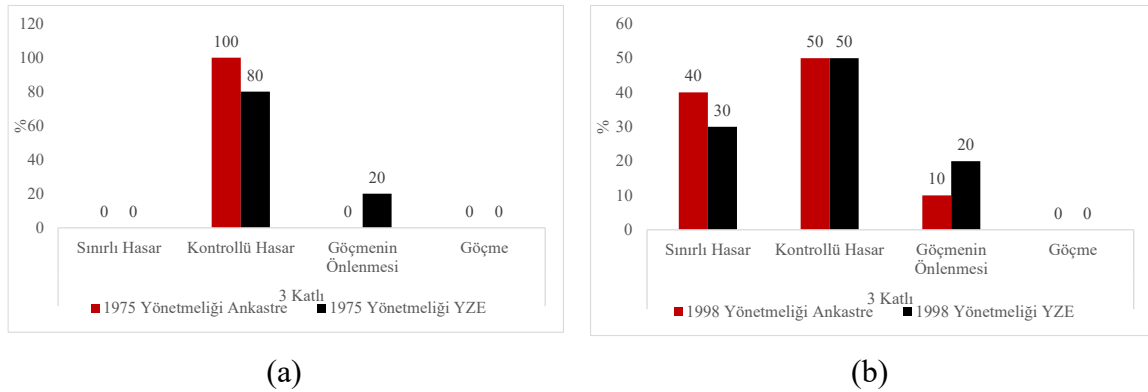
Şekil 4.7’de iki deprem ivmesinin etkimesinin sonucunda 4 katlı bir yapıardan elde edilen talepler örnek olarak verilmiştir. Diğer bütün binalar için aynı yöntem uygulanmış olup talepler kapasitelerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucu yapı performans durumları belirlenmiştir.



Şekil 4.7. 4 katlı 3 numaralı binanın deprem sonucu deplasman talepleri

Yapılan analizler sonucu elde edilen talepler binaların kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4.6’de 3 katlı binaların, 4.7’de 4 katlı binaların, 4.8’de 5 katlı binaların, 4.9’da 6 katlı binaların, 4.10’de 7 katlı binaların deprem performansları verilmiştir. Binaların ağırlıklı olarak sınırlı hasar ve kontrollü hasar bölgesinde yığıldıkları görülmektedir. Ankastre ve yapı zemin etkileşiminin etkilerinin görülebilmesi için 1975 yönetmeliğine göre yapılmış ve 1998 yönetmeliğine göre yapılmış binaların sonuçları yan yana verilmiştir. Binaların deprem performansına bakıldığında yapı zemin etkileşimi dikkate

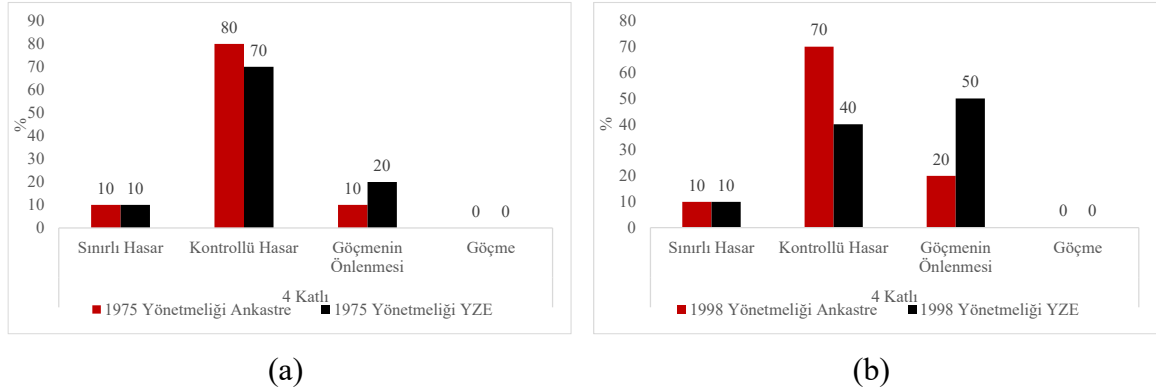
alınarak analiz edilen binalarda, ankastre binalara göre performans sınırları grafiğine göre sağa kayma görülmektedir. Örneğin 1998 deprem yönetmeliğine göre yapılan 3 katlı 10 bina analiz edildiğinde ankastre durumda 4 bina sınırlı hasar, 5 bina kontrollü hasar ve 1 bina da göçmenin önlenmesi performans durumunu göstermiştir. Aynı binaların yapı zemin etkileşimli olarak analizinde 3 bina sınırlı hasar, 5 bina kontrollü hasar, 2 bina da göçmenin önlenmesi performansı göstermiştir. Grafiklerde benzer performans gösteren binalar olsa da genel eğilimin yapı zemin etkileşim dikkate alındığında binaların daha hasarlarının arttığı yönündedir. Yapı zemin etkileşiminde, hasarsız performan durumundan sınırlı hasar performans durumuna, sınırlı hasar performans durumundan kontrollü hasar performans durumuna doğru bir artış olduğu görülmektedir. Bu da yapı zemin etkileşiminin yapı periyodunu artırmasıyla deprem kuvvetlerini azaltıcı etkisinin yanında her zaman olumlu yansımadığı görüşünü desteklemektedir. Çok katlı yapılara nispeten özellikle 2-10 katlı yapıların tasarımında zemin etkilerinin dikkate alınması ülkemizin de yapı stoğu düşünüldüğünde önem arz etmektedir. Burada dikkate alınan zemin koşullarının değiştirilmesi ile bu etkilerin daha ileri derecelere çıkabileceği de unutulmamalıdır.



Şekil 4.8. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 3 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması

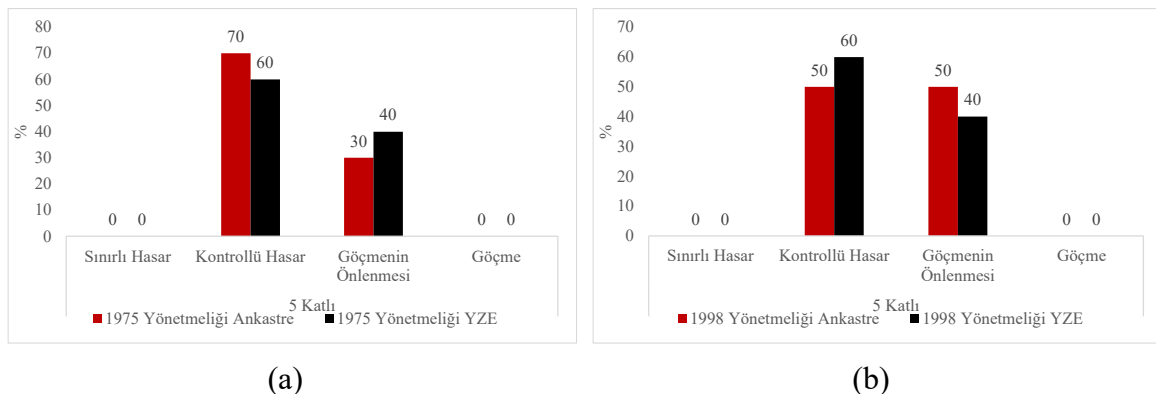
1975 yönetmeliğine göre yapılmış 4 katlı binaların ankastre durumda %80'i kontrollü hasar durumunda iken yapı zemin etkileşimli binalarda bu oran %70'tir. Aynı durum göçmenin önlenmesi performansı için ise sırasıyla %10 ve %20 olarak gerçekleşmiştir. Aynı binalar 1998 deprem yönetmeliğine göre analiz edildiğinde, yapı zemin etkileşimli binaların %50'si göçmenin önlenmesi, %40'ı ise kontrollü hasar, %10'u da sınırlı hasar performansını göstermiştir. Ankastre durumda binaların %20'i göçmenin önlenmesi, %70'i kontrollü hasar ve %10'u da sınırlı hasar performans düzeyini göstermişlerdir. Her iki yönetmeliğe göre de

yapı zemin etkileşimli binalar, daha kötü performans göstermiştir (Şekil 4.7). 1998 deprem yönetmeliği 1975 deprem yönetmeliği ile kıyaslandığında bazı kat sayılarında göçmenin önlenmesi performansını gösteren bina sayısı 1998 deprem yönetmeliğine göre daha fazladır. Yapıların periyotlarının zemin periyotları ile çakışması, elemanların boyutları, eleman boyutlarının kat alanına oranı, deprem ivme kayıt sayısı gibi etkenler benzer durumlara sebep olmaktadır.



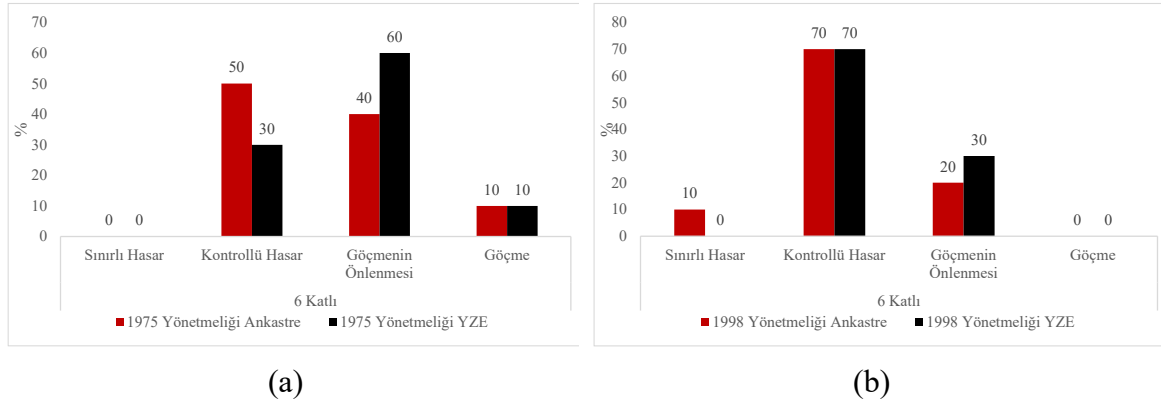
Şekil 4.9. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 4 katlı binaların ankastr ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması

5 katlı binaların 1975 deprem yönetmeliğine göre analizi sonucunda yapı zemin etkileşimli binaların %40'ı göçmenin önlenmesi, %60'ı kontrollü hasar performans durumunu göstermiştir. Ankastr durumda ise göçmenin önlenmesi oranı %20, kontrollü hasar oranı %80 olarak gerçekleşmiştir. Yapı zemin etkileşimli binaların deprem altında yine daha kötü performans gösterdiği görülmüştür. 1998 deprem yönetmeliğine bakıldığında yapı zemin etkileşimli binaların %60'ı kontrollü hasar bölgesindeyken %40'ı göçmenin önlenmesi bölgesindedir. Ankastr durum için ise %50 göçmenin önlenmesi, %50 kontrollü hasar performans düzeyi göstermiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.10. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 5 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması

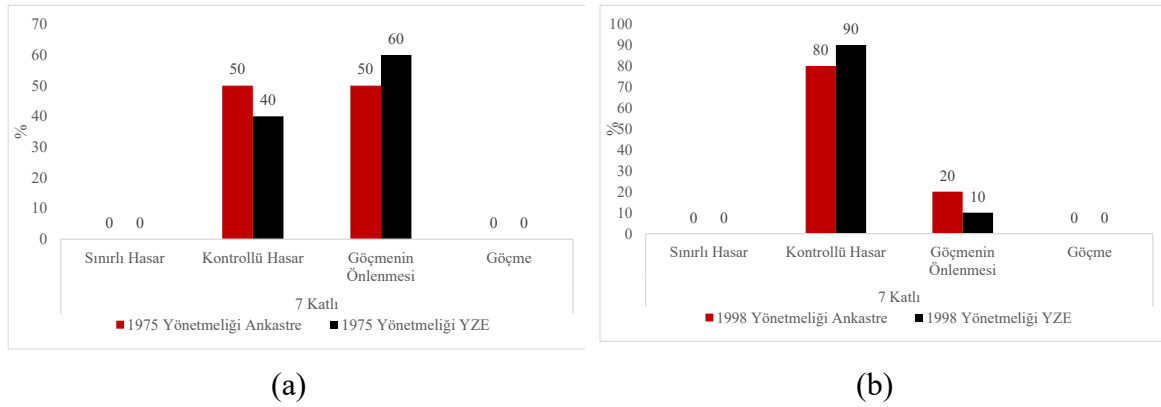
6 katlı binaların 1975 yönetmeliğine göre analizinde yapı zemin etkileşimli binaların %10'u göçme bölgesinde, %40'ı göçmenin önlenmesi performansını ve binaların %50'si ise kontrollü hasar performansını göstermişlerdir. Ankastre duruma bakıldığında bu oranlar göçme durumu için %10, göçmenin önlenmesi için %40 ve kontrollü hasar için %10 olarak gerçekleşmiştir. Yapı zemin etkileşiminde ankastre duruma göre kontrollü hasar performans durumundan göçmenin önlenmesi performans durumuna geçişler olmuştur. 1998 yönetmeliğine göre analizde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapı zemin etkileşimli binaların %30'u göçmenin önlenmesi performansını gösterirken %70'i kontrollü hasar performansını göstermiştir. Ankastre durum içi ise bu oranlar göçmenin önlenmesi performansı için %20, kontrollü hasar için %70 ve sınırlı hasar için %10 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.11. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 6 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması

1975 yönetmeliği kuralları dikkate alınarak tasarlanan 7 katlı binaların deprem performanslarına bakıldığında yapı zemin etkileşimi durumunda binaların %60'ı göçmenin önlenmesi, %40'ı kontrollü hasar performansını göstermişlerdir. Ankastre durumda ise binaların %50'si göçmenin önlenmesi, %50'si kontrollü hasar performans düzeyi göstermişlerdir. 1998 deprem yönetmeliğine dikkate alınarak tasarlanan 7 katlı binaların yapı zemin etkileşimli durumunda binaların %10'u göçmenin önlenmesi performansını

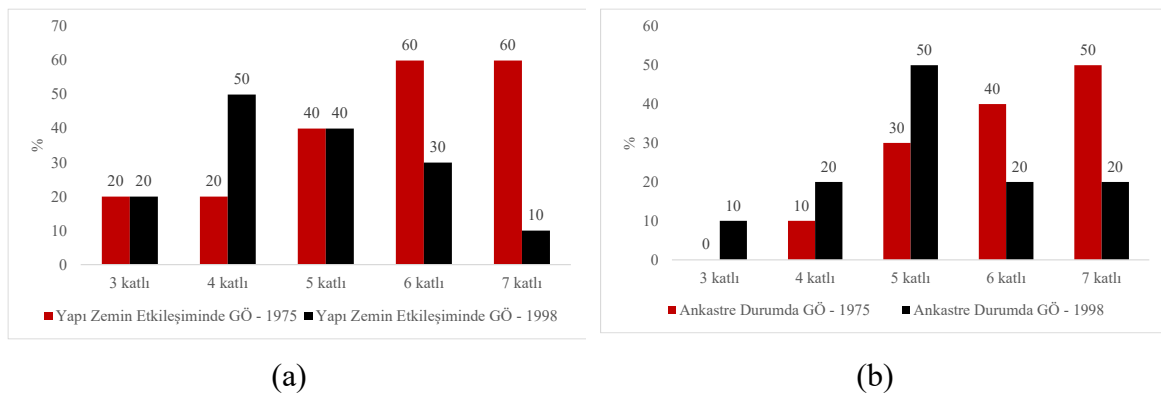
gösterirken %90'ı kontrollü hasar performansını göstermişlerdir. Ankastre durumda binaların %20'si göçmenin önlenmesi performansını gösterirken, %80'i ise kontrollü hasar performansını göstermişlerdir. 1975 yönetmeliğine göre tasarımda yapı zemin etkileşiminden dolayı oluşan etki görülebilirken, 1998 deprem yönetmeliğine göre analizde bu durum gözlenmemiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.12. 1975 yönetmeliğine (a) ve 1998 yönetmeliğine (b) göre yapılmış 7 katlı binaların ankastre ve yapı zemin etkileşimi dikkate alınarak deprem performansı karşılaştırması

Binaların genelinin gösterdiği en kötü performans düzeyi olan göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi yapı zemin etkileşimi ve ankastre durum için 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 4.11). Şekil 4.11 a'da verilen yapı zemin etkileşimli karşılaştırmada 1975 yönetmeliğine göre yapılan binalarda kat sayısı arttıkça binaların göçmenin önlenmesi performansını gösterme oranı artmaktadır. 3 ve 4 katlı binalarda bu oran %20 iken, 5 katlı binalarda %40'a, 6 ve 7 katlı binalarda ise %60'a kadar çıkmıştır. 1988 yönetmeliğine göre yapılan binalar, artan kat sayıları ile orantılı olarak göçmenin önlenmesi performansında artış görülmemiştir. Bu durum 1998 deprem yönetmeliğine göre yapılan binaların malzeme kalitesindeki artış, donatılardaki düzenleme gibi etkilerden dolayı yatay yöndeki dayanımı, 1975 yönetmeliğine oranla fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.11 b'de ise ankastre durum için 1975 ve 1998 deprem yönetmelikleri karşılaştırması verilmiştir. 1975 yönetmeliğine göre yapılmış binaların göçmenin önlenmesi performansını göstermesi, kat sayılarının artmasıyla birlikte artmıştır. Göçmenin önlenmesi performansı 3 katlı binalarda %0, 4 katlı binalarda %10, 5 katlı binalarda %30, 6 katlı binalarda %40 ve 7 katlı binalarda %50 olarak gerçekleşmiştir. 1998 yönetmeliğinde ise 1975 yönetmeliğinde olduğu gibi doğrudan bir korelasyon

bulunamamıştır. Yapı zemin etkileşimi durumunda benzer etkilere sebep olan faktörler, ankastre durum için de geçerlidir. 1998 deprem yönetmeliğine göre yapılmış binaların hem yapı zemin etkileşimi hem de ankastre durum için çalışma konusu binaların ortalaması olan binalar daha çok etkilenmiştir. 4,5 ve 6 katlı binaların daha yüksek oranda etkilendiği görülmektedir. Şekil 4.11, yapılan çalışmanın sonucunu net şekilde gösteren grafiklerden biridir. Özellikle 1975 yönetmeliği kapsamında ve öncesinde yapılan binaların, deprem etkisi altından nasıl bir performans göstereceklerini görmek açısından önemlidir. Bahsedilen binalarda kat sayısının artmasıyla riskin arttığı, binanın yaşının artmasıyla riskin arttığı gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Yapı zemin etkileşimli (a) ve ankastre (b) binaların 1975 ve 1998 yönetmeliği analizleri sonucu kat sayısına göre göçmenin önlenmesi performans durumu

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın sonucunda yapı zemin etkileşiminin (YZE) yapı periyodunu artırdığı görülmüştür. 3 katlı binalarda %21.31, 4 katlı binalarda %12.15, 5 katlı binalarda %8.59, 6 katlı binalarda %7.91 ve 7 katlı binalarda %5.56 oranında periyot artışları olmuştur. Yapı periyodunun artması, zemin özelliklerinin dikkate alınması ile ankastre durumdaki sonsuz rijitliğin azalmasından kaynaklanmaktadır. Yapı zemin etkileşiminin periyotlar üzerindeki etkisi, kat sayısı arttıkça azalmaktadır (Gaile ve ark., 2022). Çalışmada kullanılan binaların kat sayıları, yapı zemin etkileşim farklarının gösterilebildiği binalardır. Hem deprem bölgesinde hem de Türkiye'nin genelindeki konutların ortalama kat sayısının bu aralıkta olduğu düşünüldüğünde önemli veriler sunmaktadır. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında periyot konusunda benzer sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilen grafiklere bakıldığında yapı zemin etkileşiminin ve ankastre binaların deprem performansları karşılaştırılmıştır. Yapı zemin etkileşiminin göz önüne alındığı durumda binalar depremden daha çok etkilenmiştir. Performans durumun grafiğinde daha sağa kayma eğilimi görülmüştür. Artan periyot değerlerinin sadece olumlu olarak değerlendirilemeyeceği deprem performans sonuçlarından anlaşılmıştır.

Yapı zemin etkileşimli binaların 1975 ve 1998 deprem yönetmeliklerine göre kendi arasında karşılaştırmasında, 1975 yönetmeliğine göre yapılan binalarda kat sayısı arttıkça binaların göçmenin önlenmesi performansını gösterme oranları artmaktadır. 3 ve 4 katlı binalar için %20, 5 katlı binaların %40, 6 ve 7 katlı binalar için ise bu oran %60'a çıkmaktadır. 1998 yönetmeliğine göre katlar arasında böyle bir doğru orantı bulunmamıştır. 3 katlı binaların %20'i, 4 katlı binaların %50'si, 5 katlı binaların %40'ı, 6 katlı binaların %30 ve 7 katlı binaların %10'u göçmenin önlenmesi performans düzeyini göstermişlerdir.

Ankastre binaların 1975 ve 1998 yönetmeliklerine göre karşılaştırmasında yapı zemin etkileşimi ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. 1975 yönetmeliğinde, kat sayısı arttıkça binaların göçmenin önlenmesi performansını gösterme oranı artmaktadır. 3 katlı binalarda %0, 4 katlı binalarda %10, 5 katlı binalarda %30, 6 katlı binalarda %40 ve 7 katlı binalarda %50 olarak gerçekleşmiştir. 1998 yönetmeliğine göre katlar arasında artan bir orantı bulunamamıştır. 3 katlı binaların %20'si; 4,6 ve 7 katlı binaların %20'si ve 5 katlı binaların ise %50'si göçmenin önlenmesi performansını göstermişlerdir.

Türkiye'nin mevcut yapı stoku düşünüldüğünde özellikle TÜİK'ten alınan konut verileri de göz önüne alındığında 2000 yılından önce yapılmış binaların deprem altında risk

taşıdığı görülmektedir. Yapılacak dönüşüm, yıkım ve yenileme gibi çalışmalarda bu binalara öncelik verilmesi gerekmektedir. Şekil 4.13'te hem ankastre durum için hem de yapı zemin etkileşimi durumu için 1975 yönetmeliğine göre yapılmış binaların kat sayılarının artmasıyla göçmenin önlenmesi performansını gösterme oranlarının arttığı gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- ABYYHY. (1975). *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*. İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY. (1998). *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*. İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Adagunodo, T. A., & Sunmonu, L. A. (2015). Earthquake: A terrifying of all natural phenomena. *Journal of Advances in Biological and Basic Research*, s. 4-11.
- Adatepe, F., & Erel, L. (2006). İznik Tarihsel Dönem Deprem Verilerinin İrdelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, C. 19, S. 2, SS.*, s. 131-150.
- AFAD. (2025). Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı: <https://www.afad.gov.tr/> adresinden alındı
- Afyoncu, E. (2023). Tarih boyunca Türkiye'nin en büyük depremleri Antakya'da oldu. *Sabah*.
- Aksoy, E., Akgun, E., Softa, M., Kocbulut, F., Sozbilir, H., Tatar, O., & Erol, S. C. (2023). Effect on the Eastern Anatolian Fault Zone Erkenek and Pazarcik Segments of the 6 February . *Türk Deprem Arastirma Dergisi 5(1)*, s. 85-104.
- Aksu, B. (2014). *Erzurum şehir merkezinde kuzey güney doğrultulu bir hat boyunca yer alan yapı stoğunun, zemin ve yapı periyodu açısından değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 85s.
- Altunsu, E., Güneş, O., Öztürk, S., Sorosh, S., Sarı, A., & Beeson, S. T. (2024). Investigating the structural damage in Hatay province after Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequences . *Engineering Failure Analysis 157 107857*.
- Arık, F. Ş. (1992). Selçuklular zamanında Anadolu'da Meydana Gelen Depremler. *Tarih Araştırmaları Dergisi, 16(27)*, s. 13-32.
- Avcil, F., Işık, E., İzol, R., Büyüksaraç, A., Arkan, E., Arslan, M. H., . . . Harirchian, E. (2024). Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city. *Natural Hazards (2024) 120*, s. 2953–2991.
- Avilés, J., & Pérez-Rocha, L. E. (2003). Soil–structure interaction in yielding systems. *Earthquake Engng Struct. Dyn. 32*, s. 1749–1771.
- Aydoğdu, H. H. (2025). 1975 Deprem Yönetmeliğinin Sağladığı Deprem Güvenliğinin İstanbul Özelinde İncelenmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi 7(3)*, s. 531-544.

- Ayrıldı, B., & İmamoğlu, H. V. (2024). Tarih Boyunca Hatay Depremleri ve Eğitim. *Journal of Educational Studies (J-EDUCAT)*. 2(1), s. 141-162.
- Başkan, E. (2019). *İstanbul için betonarme yapı stoğu düzensizliklerine göre kentsel risk değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 71s.
- Bayrak, E., Yılmaz, Ş., Softa, M., Türker, T., & Bayrak, Y. (2015). Earthquake hazard analysis for East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Nat Hazards* (2015) 76, s. 1063–1077.
- Beyen, K., Erdik, M., Mazmanoğlu, C., & Ekmekçioğlu, Z. (2003). Antakya'nın geçmişten günümüze sismik aktivitesi ve yapılması gerekenlerin bir uluslararası konferansın ışığında değerlendirilmesi.
- Bozer, A. (2020). Tasarım Spektral İvme Katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırması. *DÜMF Mühendislik Dergisi 11-1*, s. 393-404.
- Cansız, S. (2022). Türkiye’de Kullanılan Deprem Yönetmeliklerinin Özellikleri ve Eşdeğer Yatay Deprem Yüğü Hesabının Değişimi. *Uluslararası Mühendislik ve Araştırma Dergisi Cilt:14, Sayı:1*, s. 58-71.
- Chen, G., Jin, D., Mao, J., Gao, H., Wang, Z., Jing, L., . . . Li, X. (2014). Seismic damage and behavior analysis of earth dams during the 2008. *Engineering Geology*, s. 99-129.
- Çavuşoğlu, H. (2024). Şair/Müşahit Gözüyle Bir Tarihî Vakanın Değerlendirmesi: 1822 Hatay Depremi. *Turcology Research*, 80, s. 292-306.
- Çelik, M. Y. (2025). Orta çağ Antakya depremleri ile Şubat 2023 depremlerinin etki ve sonuçları bakımından benzerlikleri. *Bektaşılık ve Kültür Araştırmaları Dergisi, Sayı 4*, s. 13-29.
- Çetin, K., Demir, A., & Altıok, T. Y. (2020). 2007 ve 2018 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre yerel zemin sınırlarının yapıdaki burulma düzensizliğine etkisi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi.*, c. 8, s. 2, s. 282-290.
- Çoban, M. (2009). *Yeni deprem yönetmeliğinin (2007) 1975 yönetmeliğine göre getirdiği güvenlik artışının araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 108s.
- Dalyan, İ., & Şahin , B. (2019). Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Earthquake Research 1 (2)*, s. 134-147.

- Daniell, J. E., Khazai, B., Wenzel, F., & Vervaeck, A. (2012). The worldwide economic impact of historic earthquakes. *15. World Conference on Earthquake Engineering*. Lizbon.
- Denli, Y. (2018). *Türkiye'de Depremler (1928–1950)* . Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars, 180s.
- Döndüren, M. S., Hava, Ş., & Ecemiş, A. S. (2021). Betonarme bir binanın eşdeğer deprem yükü yöntemi ile DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre analizi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, c. 9, s. 2, s. 507-521*.
- Erdoğan, A. (2008). *1975 öncesinde inşa edilen mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi üzerine sayısal bir inceleme*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 156s.
- Erşahan, Ö. A. (2018). *P25 metodu ile Kahramanmaraş yapı stokunun incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Kahramanmaraş, 155s.
- Fichtner, A., Saygin, E., Taymaz, T., Cupillard, P., Capdeville, Y., & Trampert, J. (2013). The deep structure of the North Anatolian Fault Zone. *Earth and Planetary Science Letters, s. 109-117*.
- Gaile, L., Ratnika, L., & Pakrastins, L. (2022). RC Medium-Rise Building Damage Sensitivity with SSI Effect. *Materials 15, 1653*.
- Gcr, N. (2012). *Soil-Structure Interaction for Building Structures. National Institute of Standards and Technology (NEHRP)*.
- Gündoğdu, H. C. (2024). *Olası İstanbul depreminde mevcut yapı stokunun 6 şubat 2023 Kahramanmaraş depremi açısından değerlendirilmesi* . Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 55s.
- Hökelekli, E. (2020). Yapı-Zemin Etkileşiminin Tarihi Yığma Minarelerin Deprem Davranışına Etkisi. *DÜMF Mühendislik Dergisi 11:2, s. 825-838*.
- İlki, A., & Celep, Z. (2012). Earthquakes, Existing Buildings and Seismic Design Codes in Turkey. *Arab J Sci Eng (2012) 37, s. 365-380*.
- İmamoğlu, M. Ş., & Çetin, E. (2007). Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği. *D.Ü.Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi 9, s. 93-103*.
- İMO. (2023). *6 şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonucu oluşan yapısal hasarlara ilişkin gözlem ve değerlendirme raporu*. Ankara: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.

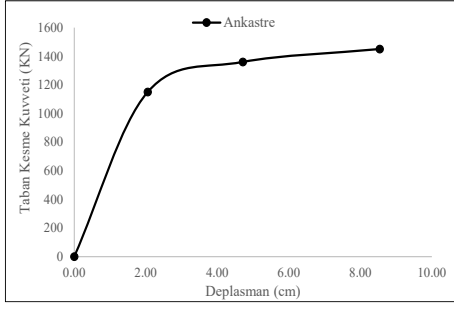
- İnce, O. (2024). Structural damage assessment of reinforced concrete buildings in Adıyaman after Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes on 6 February 2023. *Engineering Failure Analysis* 156.
- İPA. (2019). *İstanbul Planlama Ajansı İstanbul Deprem Çalıştayı*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediye İştiraki Kültür A.Ş.
- İRAP. (2021). *İl Afet ve Risk Azaltma Planı*. Hatay.
- İşık, E. (2010). *Bitlis şehri deprem performans analizi*. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 237s.
- İşık, E., Sağır, Ç., Tozlu, Z., & Ustaoglu, Ü. S. (2019). Farklı Deprem Senaryolarına Göre Kırşehir İli Kayıp Tahmin Analizleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi Cilt:5 Sayı:1*.
- Janous, S. E., Abid, M. A., Afras, A., & Ghoulbzouri, A. E. (2024). Soil-Structure Interaction Influence on the Seismic Performance of Buildings. *Civil Engineering and Architecture* 12(2), s. 798-813.
- Kanamori, H., & Brodsky, E. E. (2004). The physics of earthquakes. *Reports on progress in physics*, s. 1429-1496.
- Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. (2018). *İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi*. İstanbul.
- Karabörk, T., Deneme, İ. Ö., & Bilgehan, R. P. (2010). Temeli izole edilen yapılarda dinamik yapı-zemin etkileşimi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 26(1), s. 77-87.
- Kausel, E. (2010). Early history of soil–structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 30, s. 822-832.
- Keskin, E., & Bozdoğan, K. B. (2018). 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin Kırklareli ili özelinde değerlendirilmesi. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science* 4-1, s. 74-90.
- Korkmaz, H. (2006). Antakya'da zemin özellikleri ve deprem etkisi arasındaki ilişki. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2006, 4 (2), s. 49-66.
- Korkmaz, K. A., & Demir, F. (2012). Yapı-Zemin Etkileşiminin Yapıların Deprem Davranışına Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 3 (1), s. 12-17.

- Mazlum, Y. E. (2024). *Erzincan kent merkezi deprem yapı stoğu ve ulaşım altyapı analiz*. Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan, 139s.
- Menglin, L., Huaifeng, W., Xi, C., & Yongmei, Z. (2011). Structure–soil–structure interaction: Literature review. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 31 (12), s. 1724-1731.
- Mimura, N., Yasuhara, K., Kawagoe, S., Yokoki, H., & Kazama, S. (2011). Damage from the Great East Japan Earthquake. *Mitigation and Adaptation Strategies For Global Change*, s. 803-818.
- Moradi, M., Rezaei, S., & Khotbehsara, S. S. (2026). The effect of considering soil-structure interaction on the seismic performance, sensitivity, and fragility of high-rise structures under near-fault records. *Structures* 87 (2026) 111548.
- Mylonakis, G., & Gazetas, G. (2000). Seismic soil-structure interaction: Beneficial or detrimental? *Journal of Earthquake Engineering, Vol. 4, No. 3*, s. 277-301.
- Natur, O. (2026). *Seismic structure-soil-structure interaction effects on buildings and damage assessment in Kahramanmaraş after 6 february earthquake*. Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 100s.
- NOAA. (2025). National Oceanic and Atmospheric Administration: <https://www.noaa.gov/> adresinden alındı
- OYO, İ. C. (2009). *İstanbul'un Olası Deprem Kayıpları Tahminlerinin Güncellenmesi İşçi Sonuç Raporu*.
- Öz, İ. (2021). *Yaylar ile temsil edilen yapı-zemin etkileşimi modellerini kullanarak mevcut binaların hasar görülebilirliğinin değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 238s.
- Özçelik, Ö., Baran, T., Saatçi, A., Mısır, İ. S., Kahraman, S., & Girgin, S. C. (2013). Balçova ve Seferihisar ilçelerinde gerçekleştirilen yapı stoğu envanter ve deprem güvenliği ön değerlendirmesi projesi sonuçları. *TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu*.
- Özmen, A., & Sayın, E. (2021). Deprem Etkisinde Çok Katlı Betonarme Bir Binanın TDY-2007 ve TBDY-2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Eşdeğer Deprem Yüklerinin Karşılaştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 4, Sayı 2*, s. 124-133.
- Özmen, A., & Sayın, E. (2021). Deprem Etkisinde Çok Katlı Betonarme Bir Binanın TDY-2007 ve TBDY-2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Eşdeğer Deprem Yüklerinin

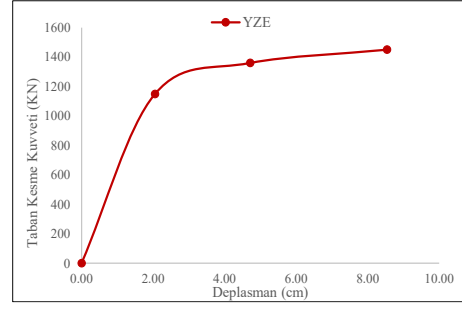
- Karşılaştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 4, Sayı 2*, s. 124-133.
- Özmen, A., İnce, O., Taş, Ö. F., Atar, M., Özbulut, O. E., & Sayın, E. (2025). Seismic performance assessment of structures in Malatya Province after 6 February 2023 Turkey earthquake sequences. *Natural Hazards 121*, s. 5293–5326.
- Özmen, B. (2012). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 55, Sayı 1*.
- Özmen, B., & Pampal, S. (2017). Türkiye deprem bölgeleri haritalarının evrimi. 4. *Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. Eskişehir.
- Öztürk, S., Altunsu, E., Güneş, O., & Sarı, A. (2024). Investigation of industrial structure performances in the Hatay and Gaziantep provinces during the Türkiye earthquakes on February 6, 2023 . *Soil Dynamics and Earthquake Engineering (2024) 108569*.
- Qiang, H., Xiuli, D., Jingbo, L., Zhongxian, L., Liyun, L., & Jianfeng, Z. (2009). Seismic damage of highway bridges during the. *EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING VIBRATION*, s. 263-273.
- Ritchie, H. (2017). *What was the death toll from Chernobyl and Fukushima?* OurWorldinData: <https://ourworldindata.org/> adresinden alındı
- Sağlam, F. (2024). *Türkiye'de cumhuriyet sonrası dönemde deprem odaklı bina yönetmeliklerinin tarihsel gelişiminin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale, 78s.
- Sarı, H. B. (2010). *Çok katlı binalarda taban kesme kuvvetinin 1975 ve 2007 deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 140s.
- Satılmış, S. (2020). Balıkesir ve Çveresinin Tarihsel Depremleri (1850-1900). *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, sayı 40*, s. 531-547.
- SBB. (2023). *2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu*. Ankara.
- Sengor, C. A., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidogan, H., Görür, N., . . . Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: A New Look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2005*, 33, s. 37-112.
- Sigdel, L. D., Qarawi, A. A., Leo, C. J., Liyanapathirana, S., & Hu, P. (2021). Geotechnical Design Practices and Soil–Structure Interaction Effects of an Integral Bridge System: A Review. *Applied Sciences, 11(15)*, 7131.
- Siyahi, B., Çetin, K. Ö., & Bilge, T. (tarih yok). Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Zemin-Temel-Yapı Etkileşimine Kritik Bakış. *TMH - 484 - 2015/1*.

- Sucuoğlu, H. (2019). 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde Başlıca Yenilikler. *Turkish Journal of Earthquake Research 1 (1)*, s. 63-75.
- Taymaz, T., Eyidogan, H., & Jackson, J. (1991). Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophys. J. Int. (1991) 106*, s. 537-550.
- TBDY 2018. *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. (2018). Ankara.
- Tonyalı, Z., & Kıral, A. (2024). Evaluation of Earthquake-Related Damages on the Reinforced Concrete Buildings due to the February 6, 2023, Kahramanmaraş-Türkiye Earthquakes. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(1)*, s. 89-114.
- Torabi, H., & Rayhani, M. T. (2014). Three dimensional Finite Element modeling of seismic soil–structure interaction in soft soil. *Computers and Geotechnics 60*, s. 9-19.
- TÜİK. (2021). *Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması (BKNA) 2021*. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Ulutaş, H. (2019). DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 17*, s. 351-359.
- USGS. (2026). United States Geological Survey: <https://www.usgs.gov/> adresinden alındı
- Yang, K., Cai, P., Zhang, Z., Hou, Q., Zheng, R., Hao, B., & Wang, B. (2024). Effects of Soil–Structure Interaction on the Seismic Response of RCFrame–Shear Wall Building Structures Under Far-Field Long-Period Ground Motions. *Buildings 2024, 14*, 3796.
- Yeniçelik, C. (2022). *Ankara Çankaya ilçesi kuzey kesimi yapı stokunun hızlı sokak taraması yöntemiyle değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 75s.
- Yıldırım, K., & Nişancı, H. (2023). Antik Çağlardan 10. yüzyıla kadar Anadolu'da Depremler. *Avrasya Dosyası Dergisi Cilt 14 (Sayı 1)*, s. 112-136.
- Yılmaz, Z., Altunışık, A. C., Taciroğlu, E., Günaydin, M., Okur, F. Y., Sunca, F., . . . Sezdirmez, T. (tarih yok). Regional Building Damage Survey Data on the 2023 Kahramanmaraş, Türkiye, Earthquakes. *ASCE OPEN: Multidiscip. J. Civ. Eng., 2024, 2(1): 04024009*.
- Yüksel, ř. (2023). Antakya'nın Deprem Öyküsü. *Modular Journal 6(2)*, s. 102-106.
- Zuo, H., Bi, K., & Hao, H. (2018). Dynamic analyses of operating offshore wind turbines including soil structure interaction. *Engineering Structures 157*, s. 42-62.

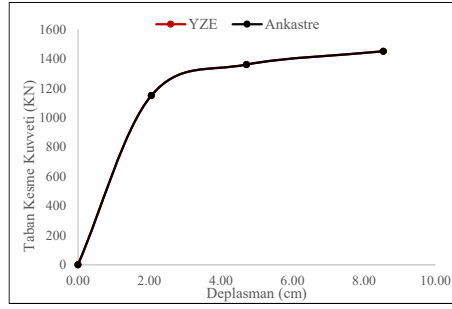
EK-1



(a)

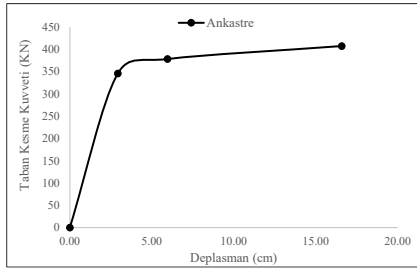


(b)

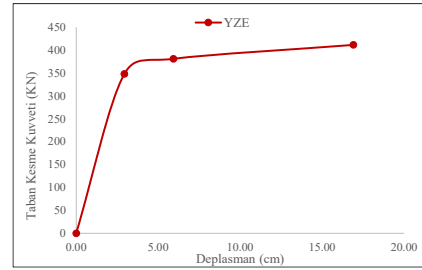


(c)

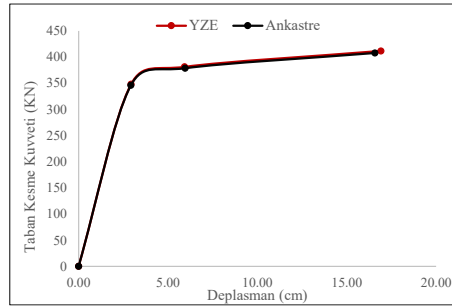
EK-1. 3 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

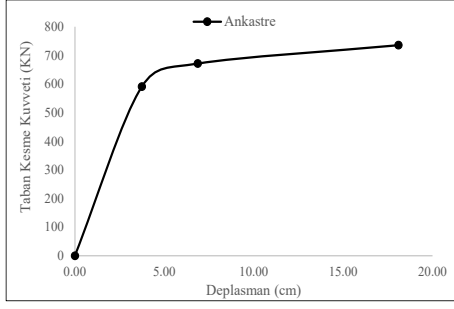


(b)

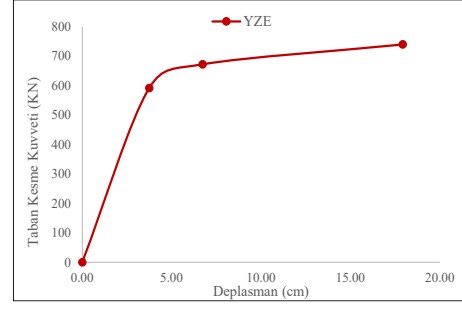


(c)

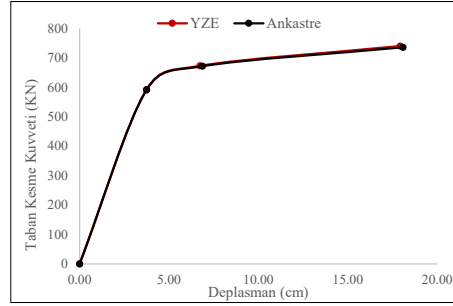
EK-2. 3 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

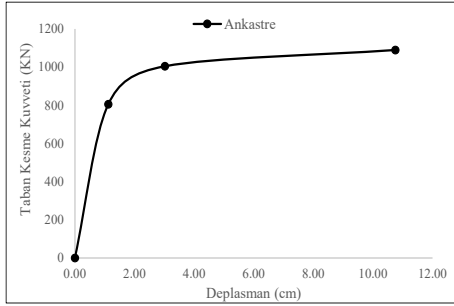


(b)

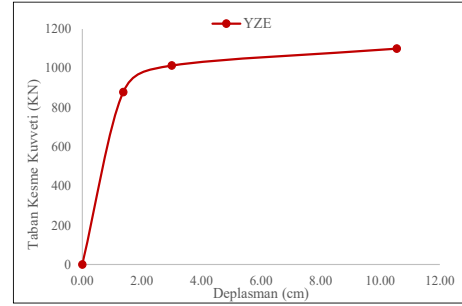


(c)

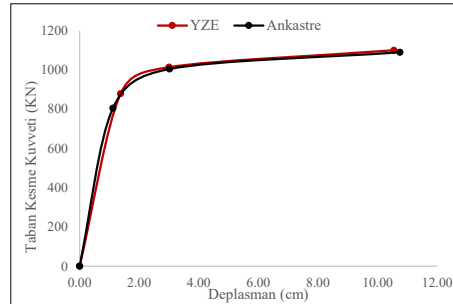
EK-3. 3 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

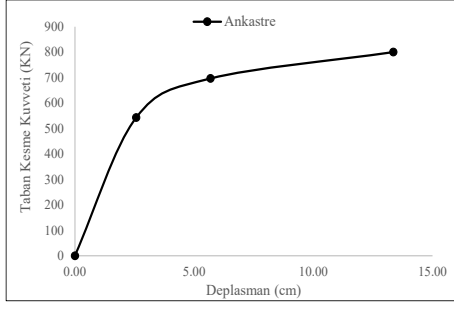


(b)

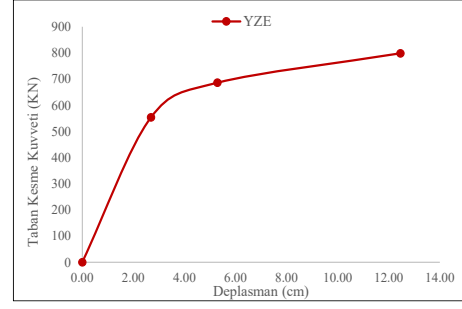


(c)

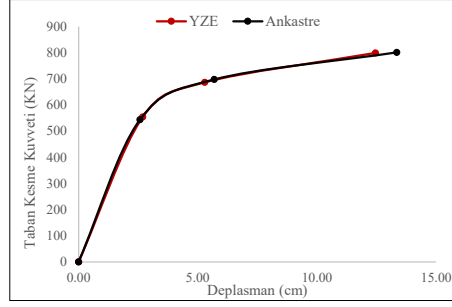
EK-4. 3 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

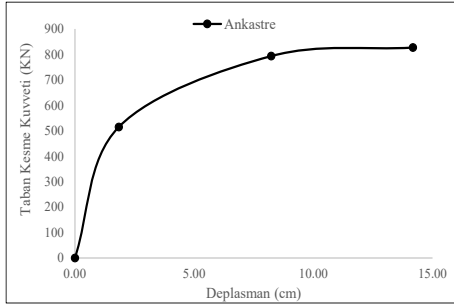


(b)

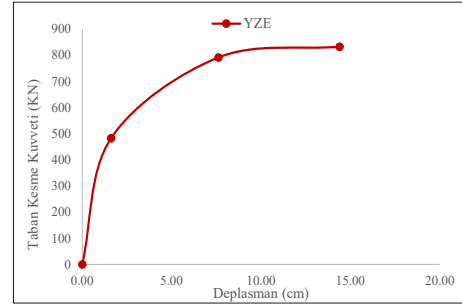


(c)

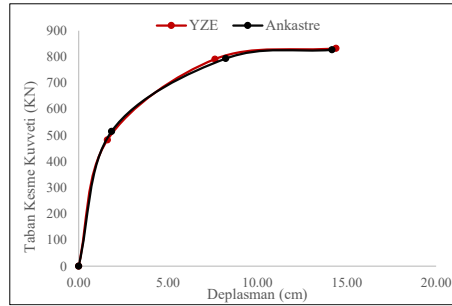
EK-5. 3 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

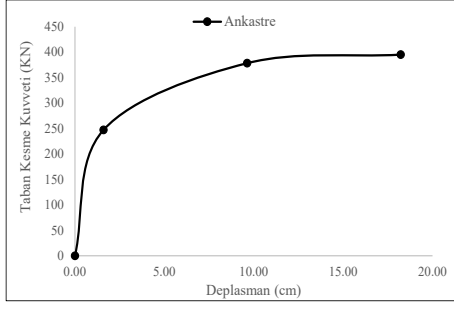


(b)

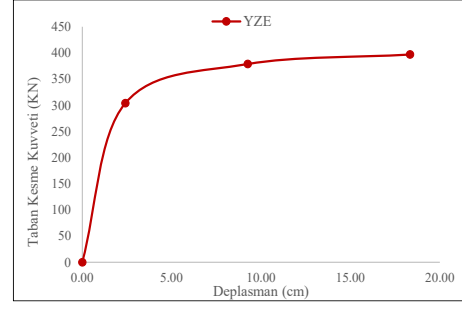


(c)

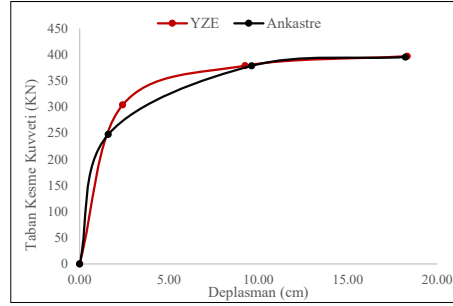
EK-6. 3 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

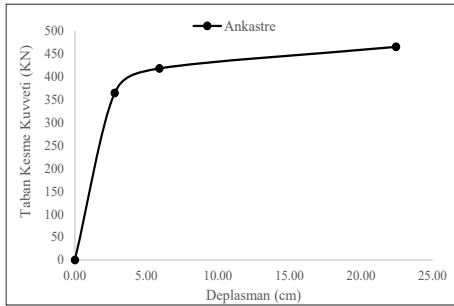


(b)

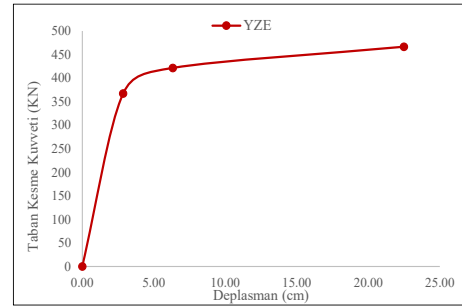


(c)

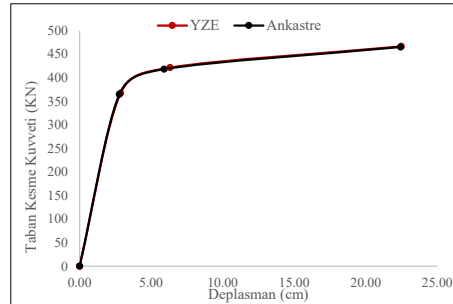
EK-7. 3 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

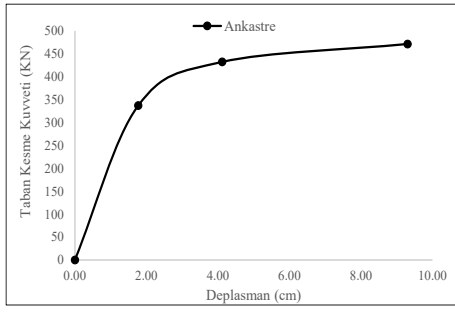


(b)

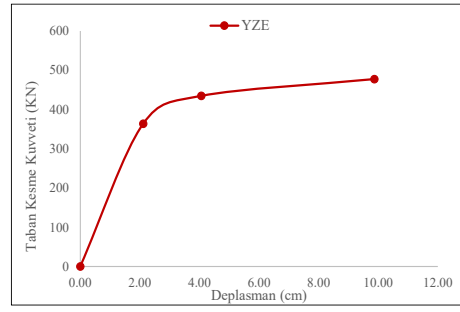


(c)

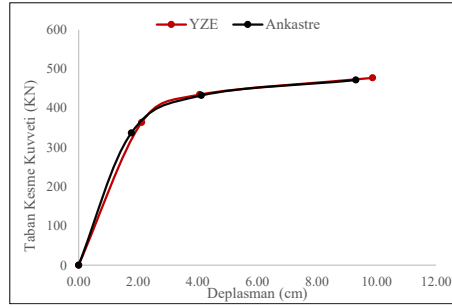
EK-8. 3 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

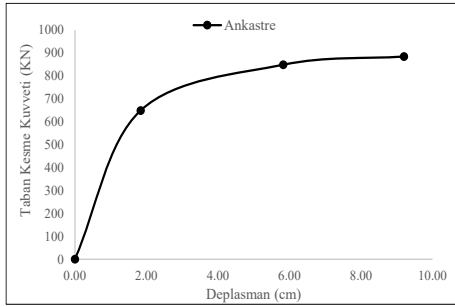


(b)

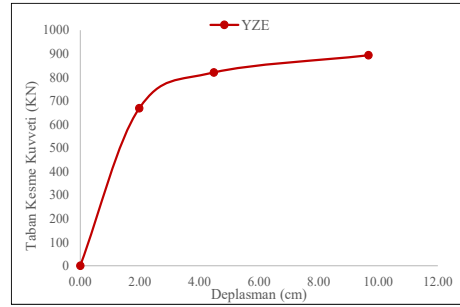


(c)

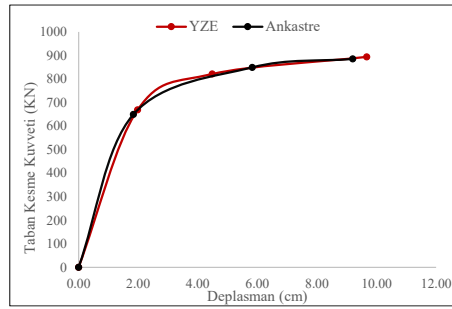
EK-9. 3 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

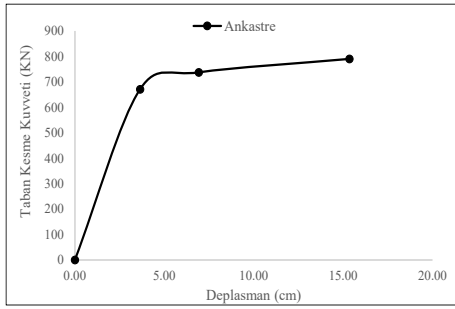


(b)

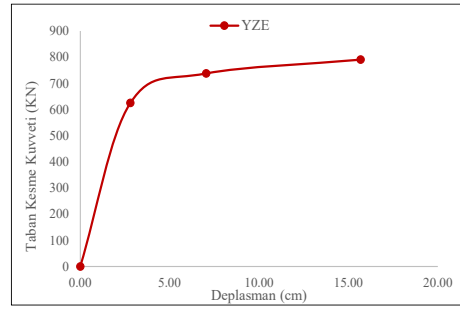


(c)

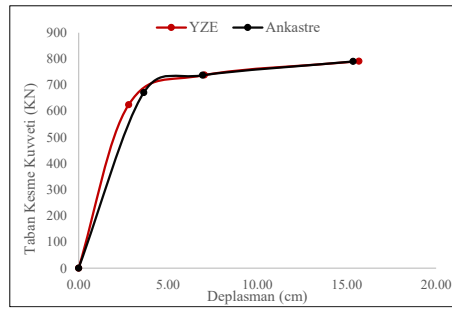
EK-10. 3 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

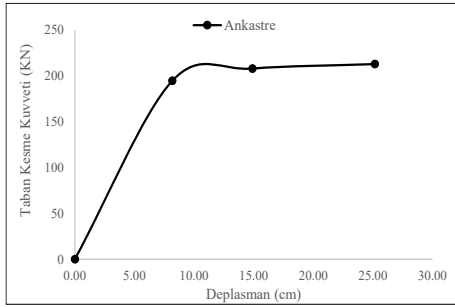


(b)

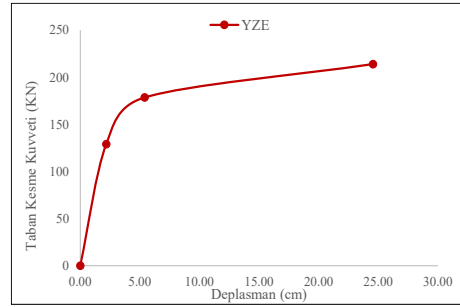


(c)

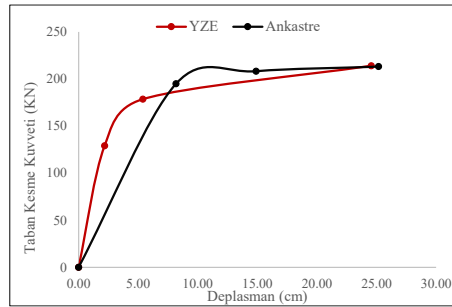
EK-11. 4 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

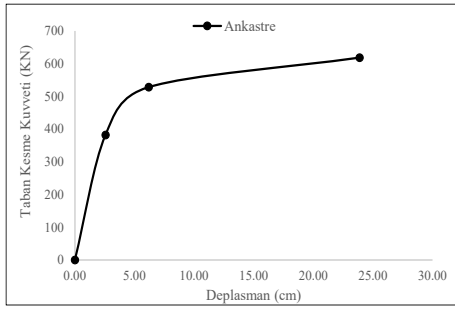


(b)

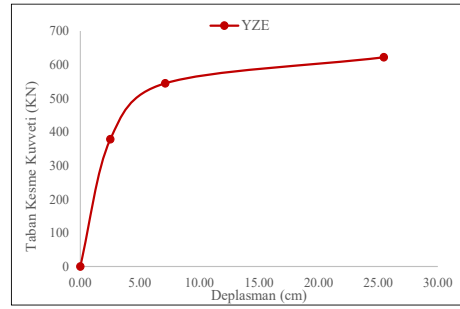


(c)

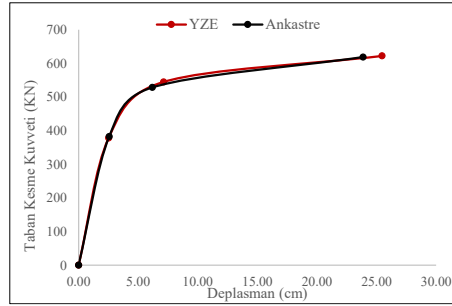
EK-12. 4 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

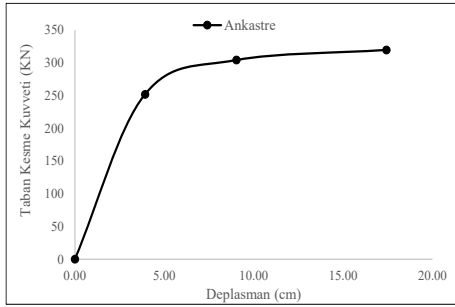


(b)

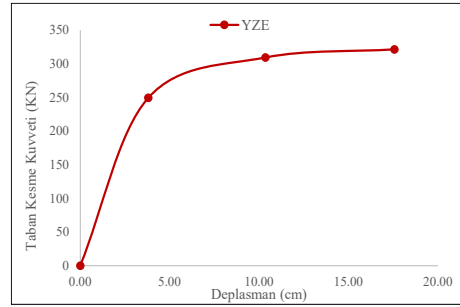


(c)

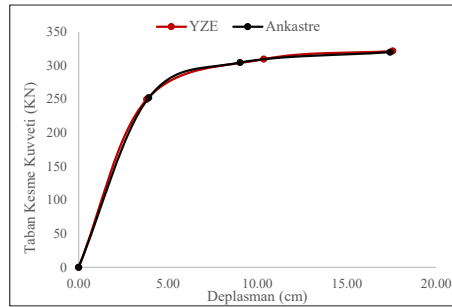
EK-13. 4 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

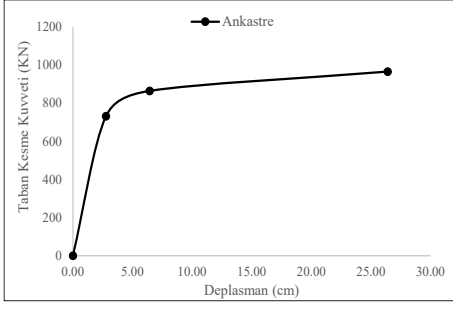


(b)

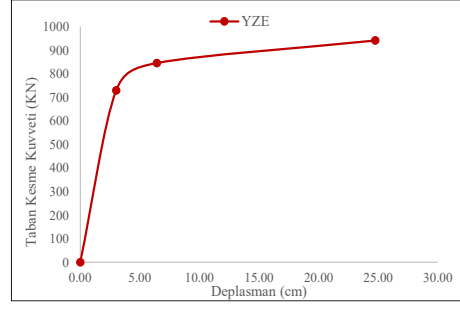


(c)

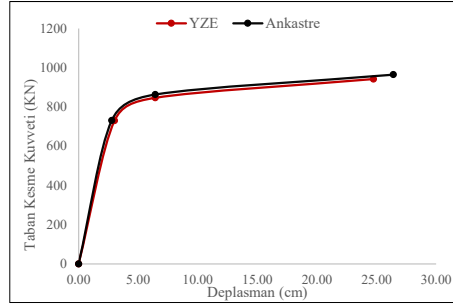
EK-14. 4 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

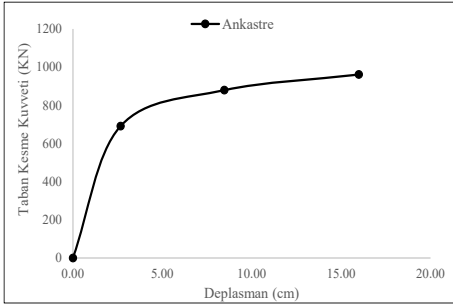


(b)

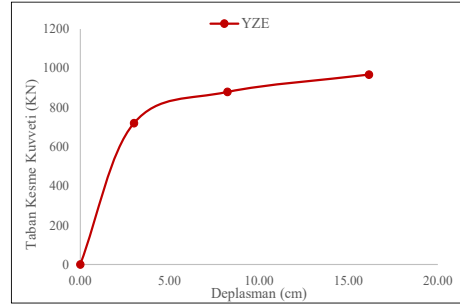


(c)

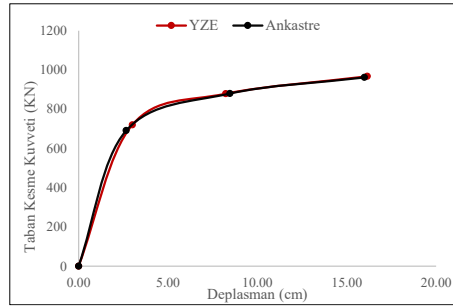
EK-15. 4 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

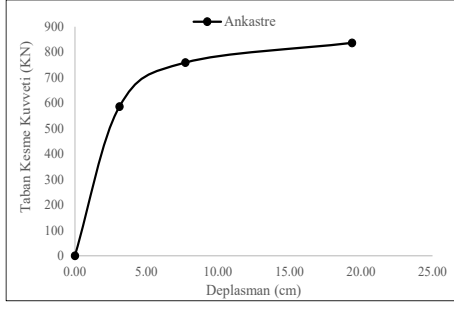


(b)

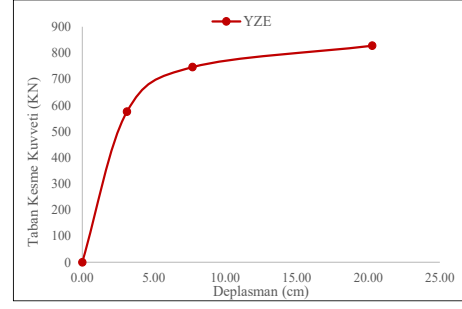


(c)

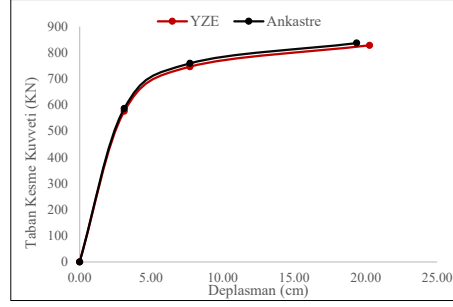
EK-16. 4 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

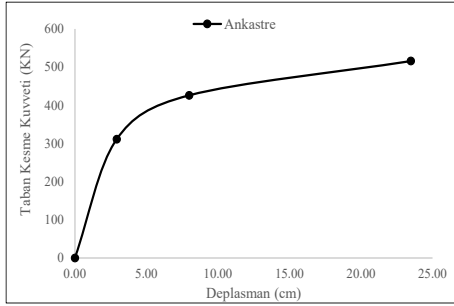


(b)

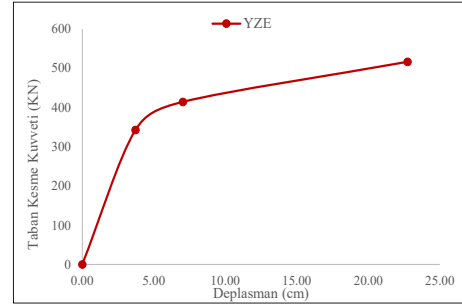


(c)

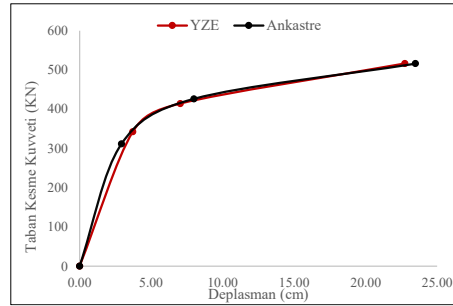
EK-17. 4 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

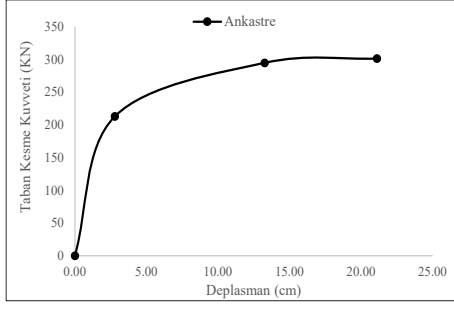


(b)

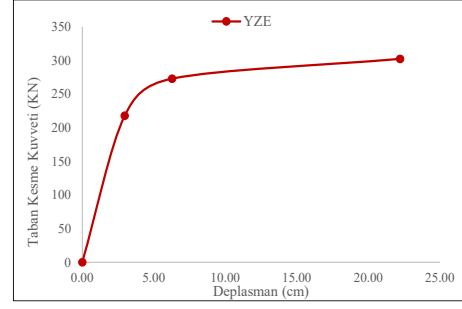


(c)

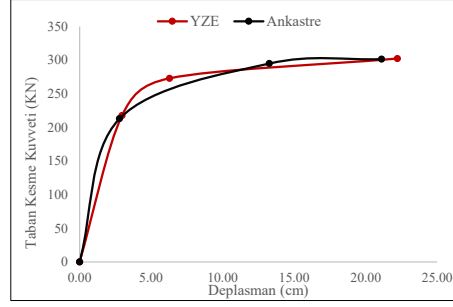
EK-18. 4 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

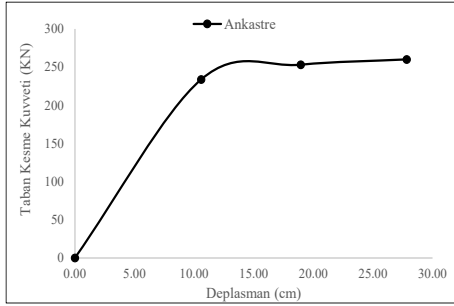


(b)

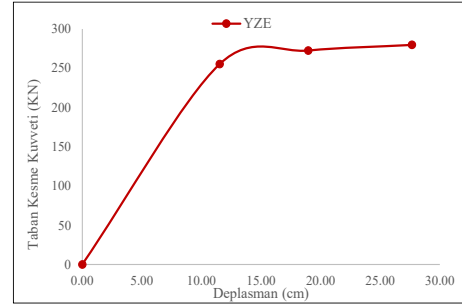


(c)

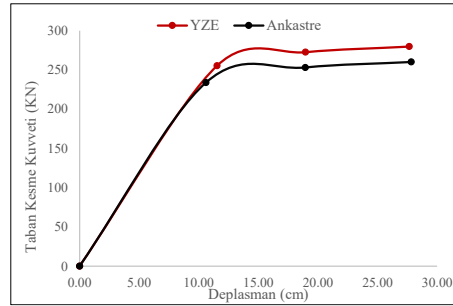
EK-19. 4 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

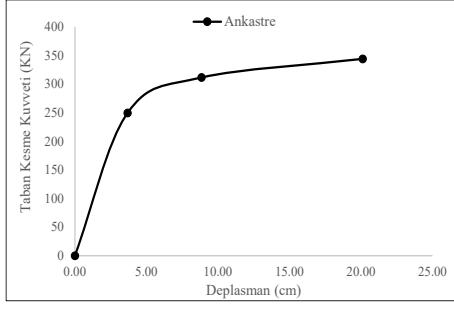


(b)

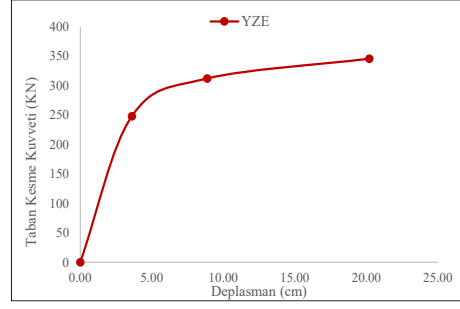


(c)

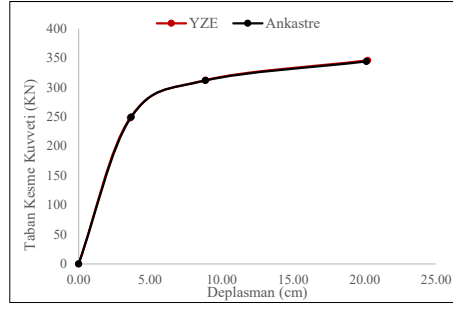
EK-20. 4 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

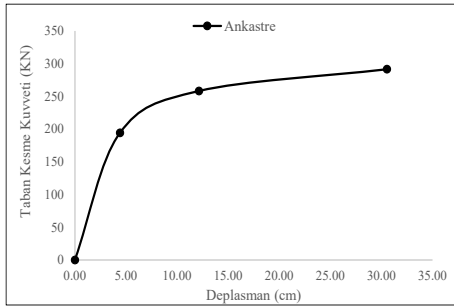


(b)

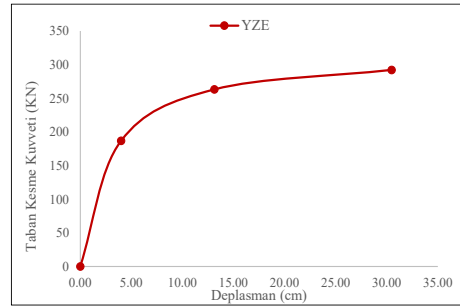


(c)

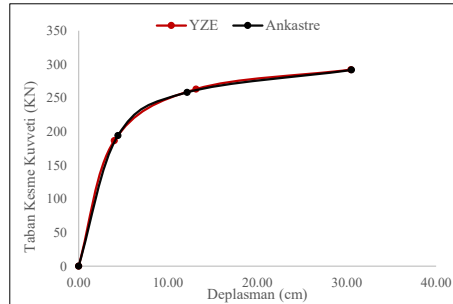
EK-21. 5 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

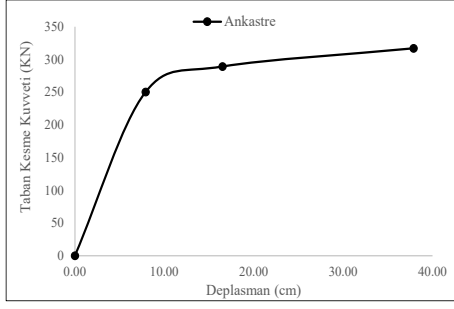


(b)

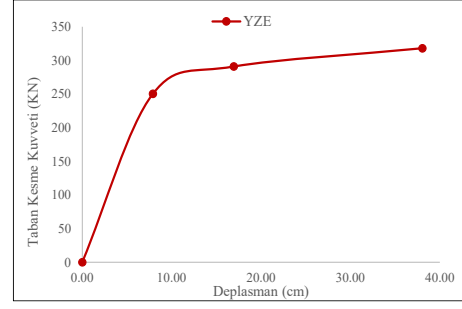


(c)

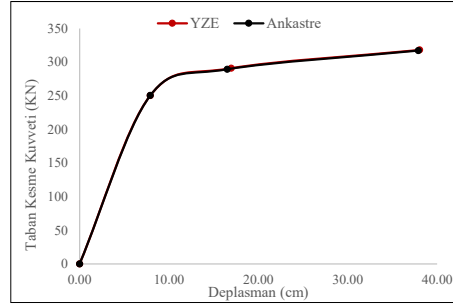
EK-22. 5 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

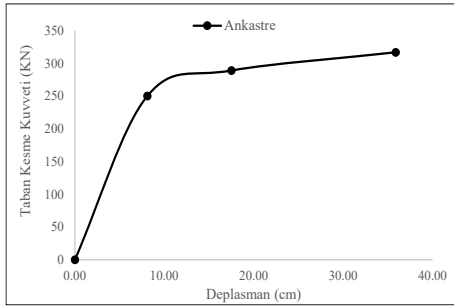


(b)

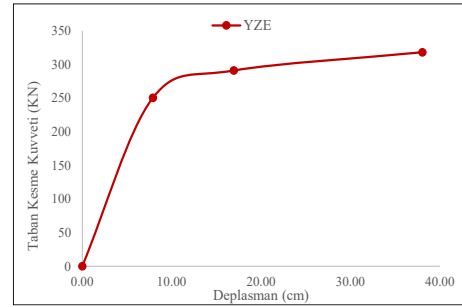


(c)

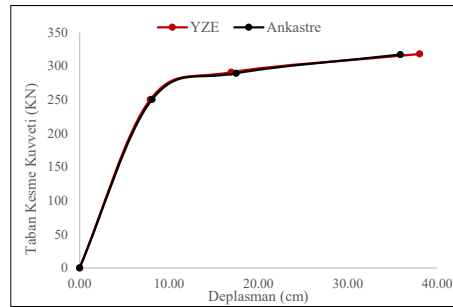
EK-23. 5 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

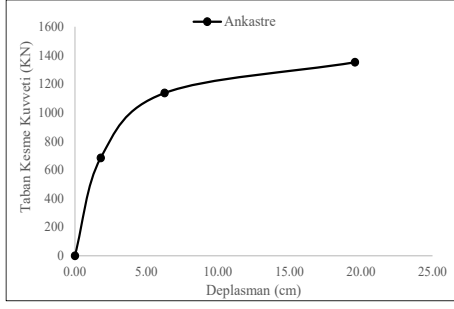


(b)

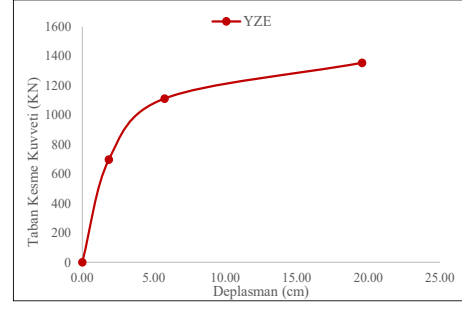


(c)

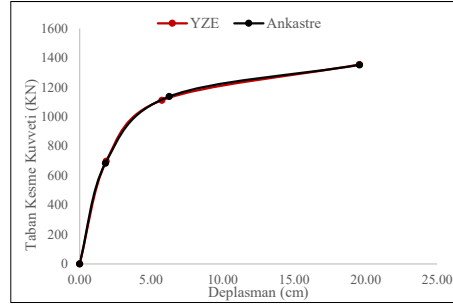
EK-24. 5 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

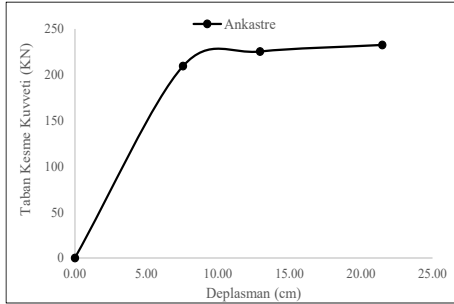


(b)

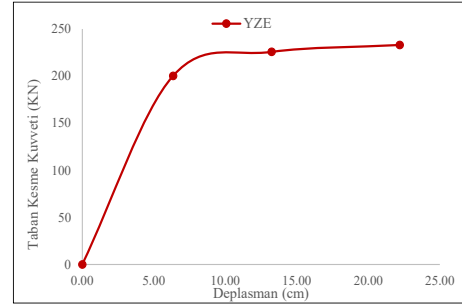


(c)

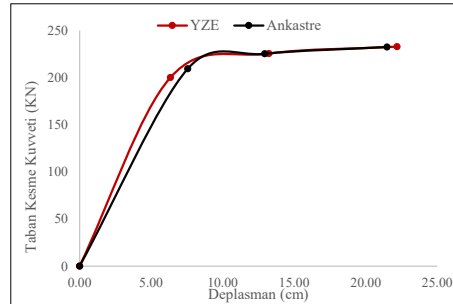
EK-25. 5 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

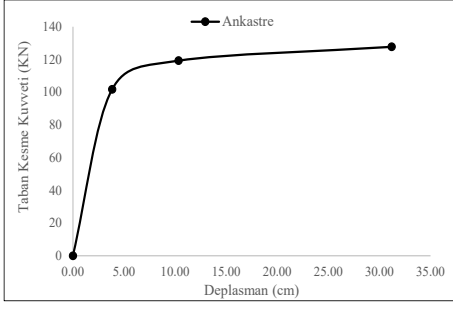


(b)

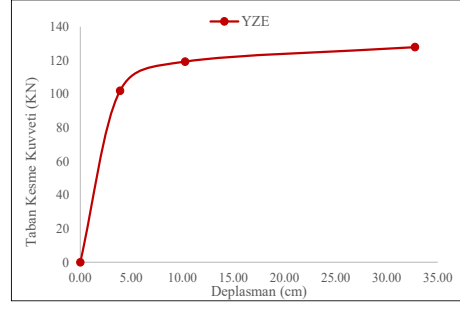


(c)

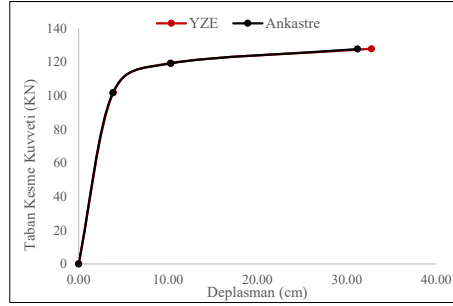
EK-26. 5 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

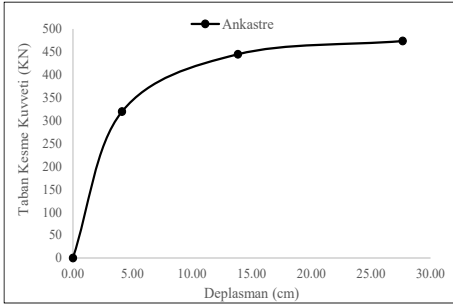


(b)

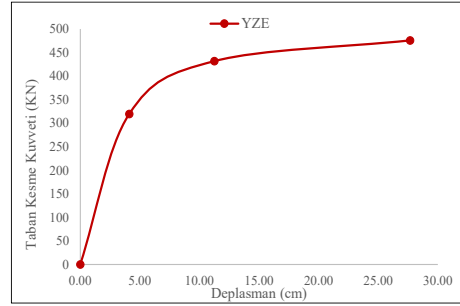


(c)

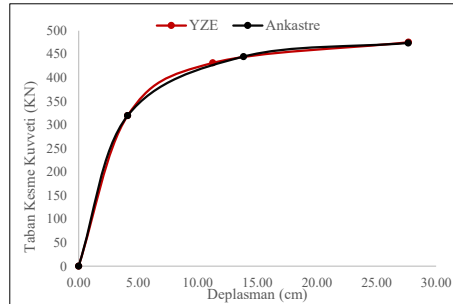
EK-27. 5 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

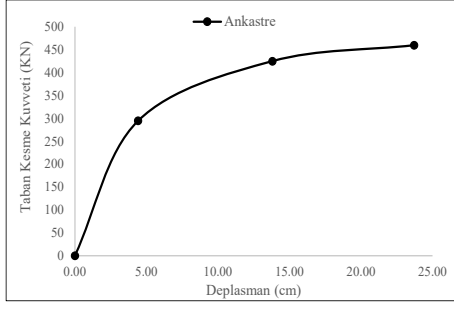


(b)

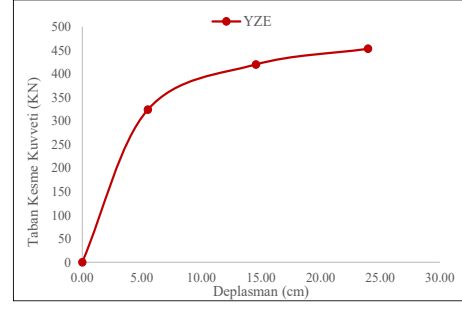


(c)

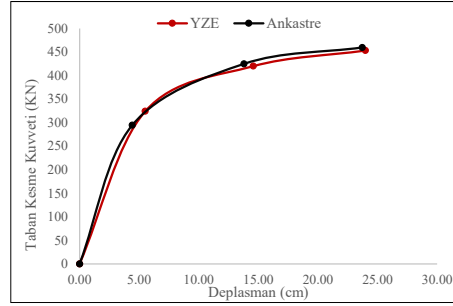
EK-28. 5 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

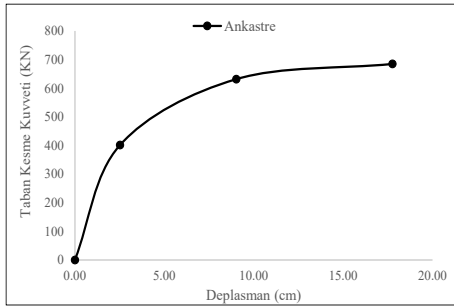


(b)

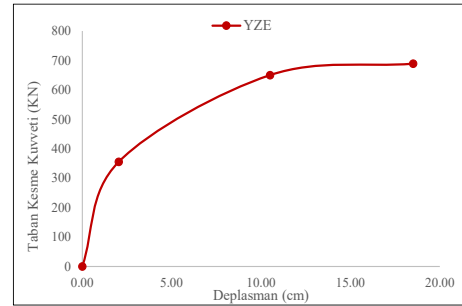


(c)

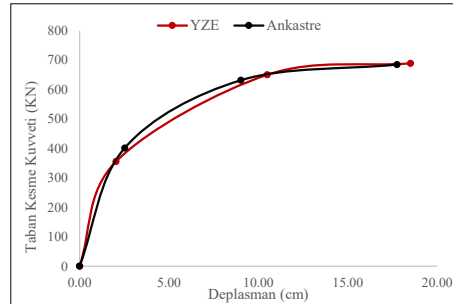
EK-29. 5 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

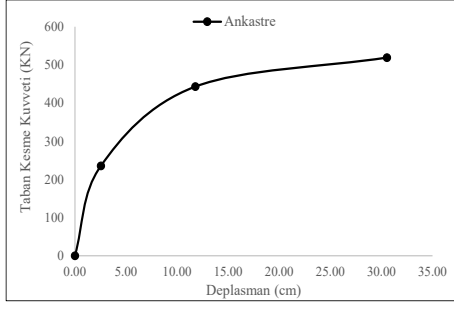


(b)

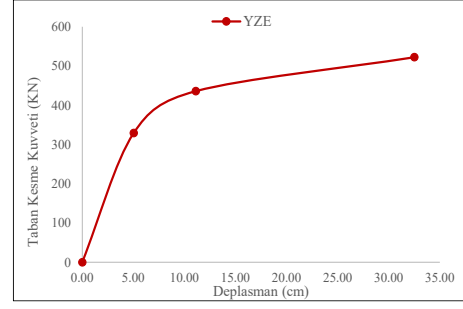


(c)

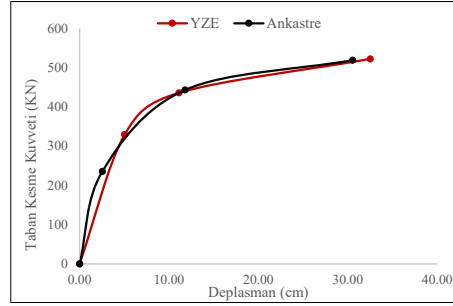
EK-30. 5 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

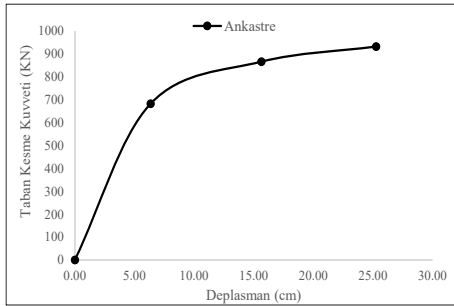


(b)

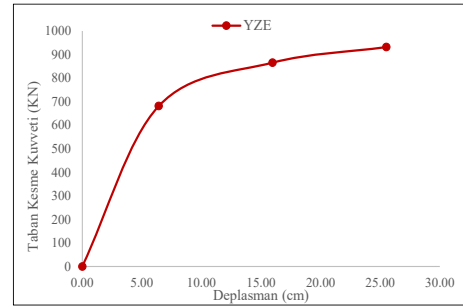


(c)

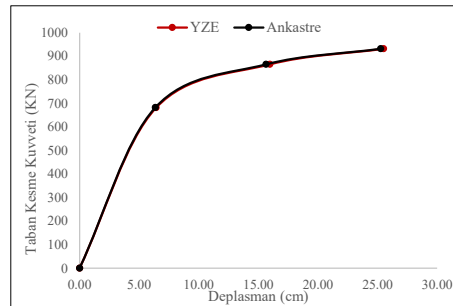
EK-31. 6 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

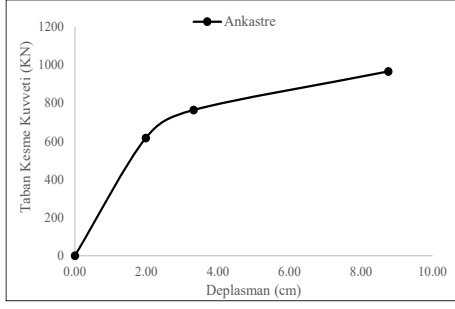


(b)

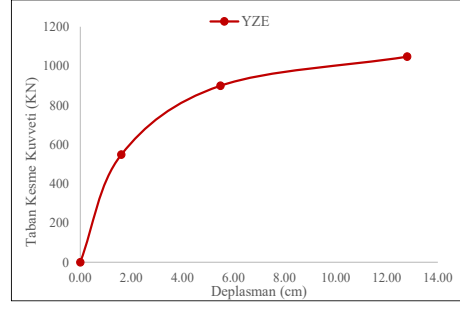


(c)

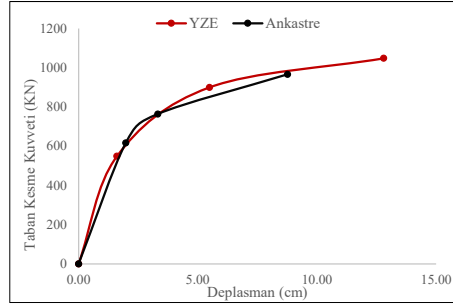
EK-32. 6 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

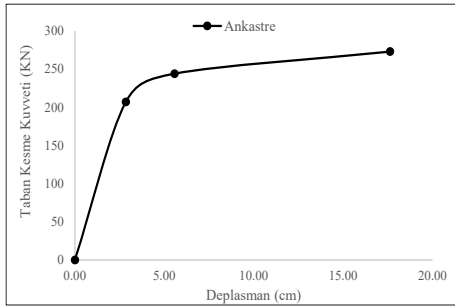


(b)

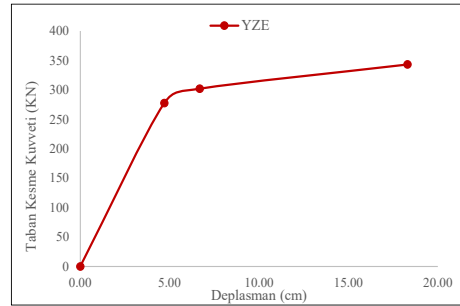


(c)

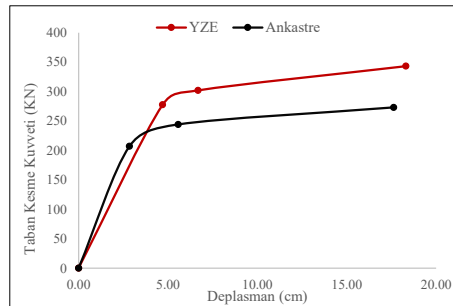
EK-33. 6 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

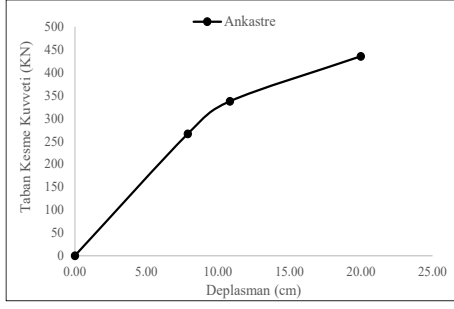


(b)

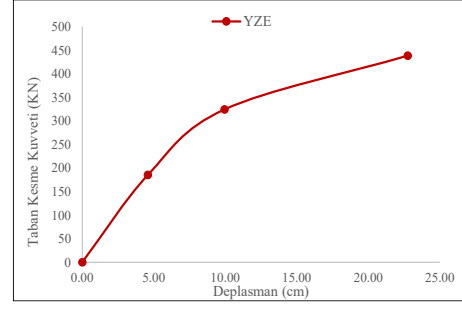


(c)

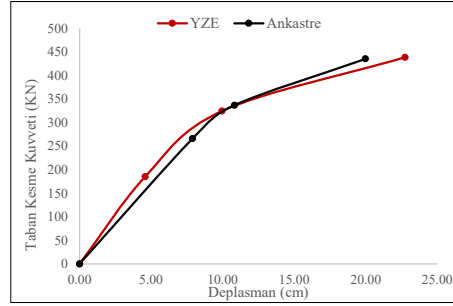
EK-34. 6 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

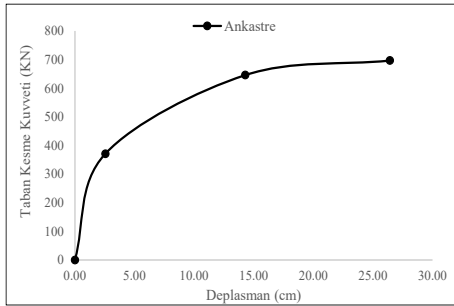


(b)

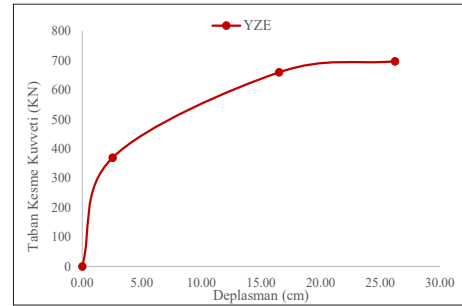


(c)

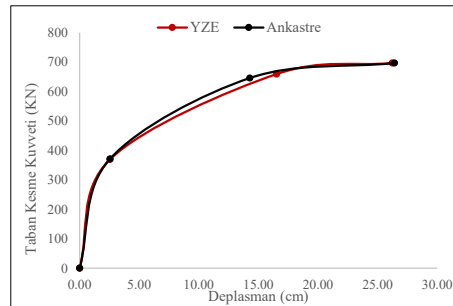
EK-35. 6 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

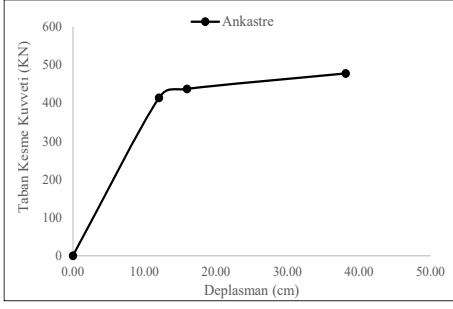


(b)

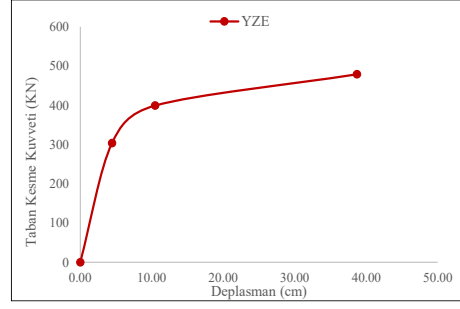


(c)

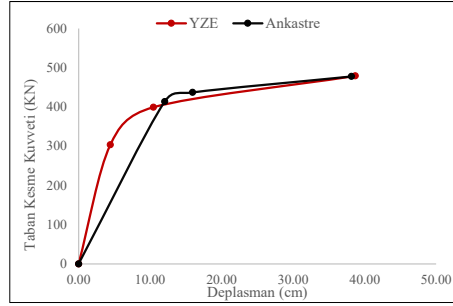
EK-36. 6 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

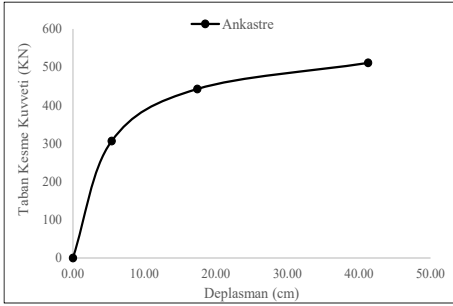


(b)

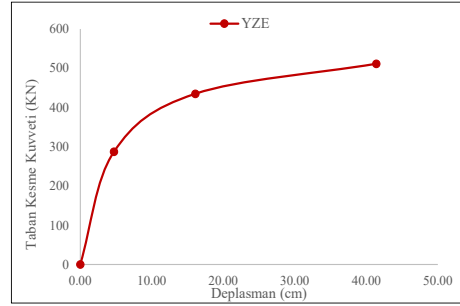


(c)

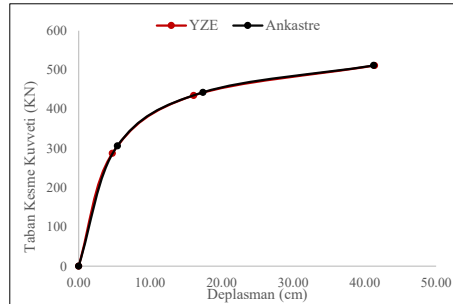
EK-37. 6 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

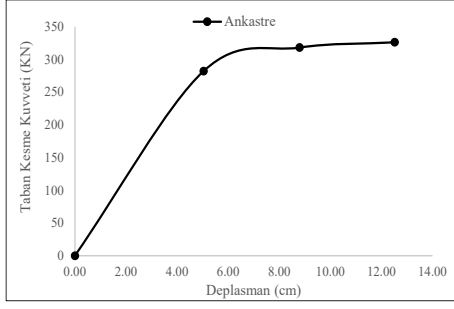


(b)

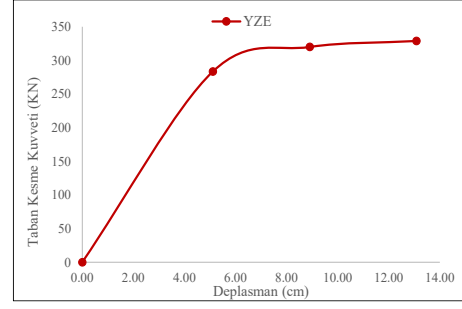


(c)

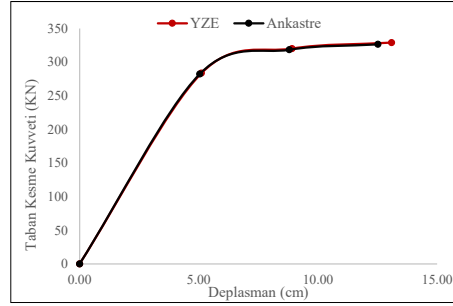
EK-38. 6 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

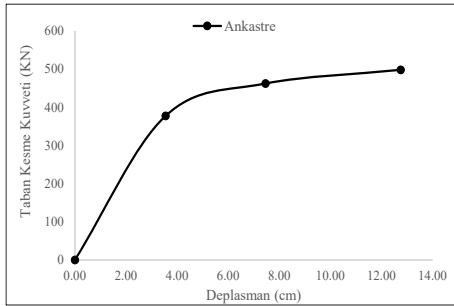


(b)

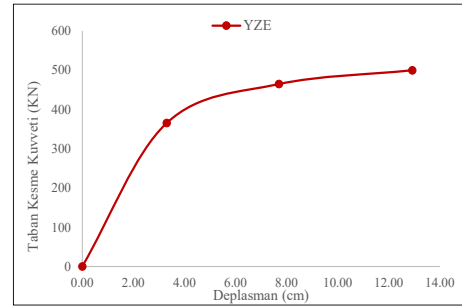


(c)

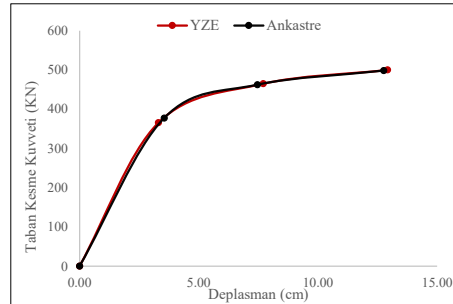
EK-39. 6 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

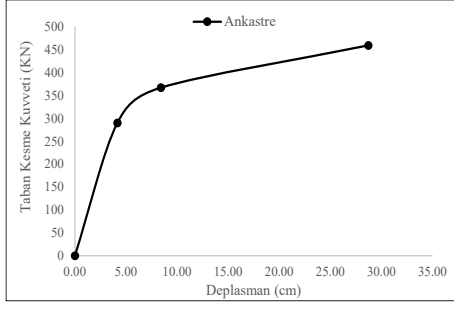


(b)

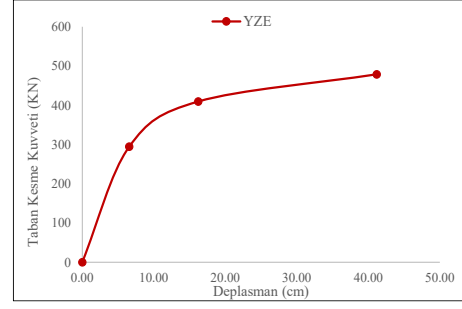


(c)

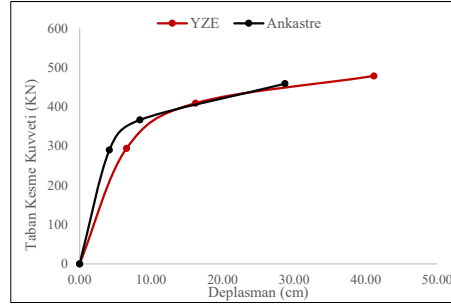
EK-40. 6 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

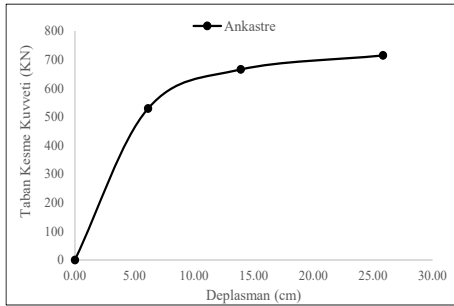


(b)

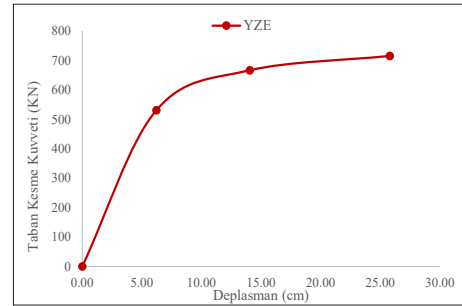


(c)

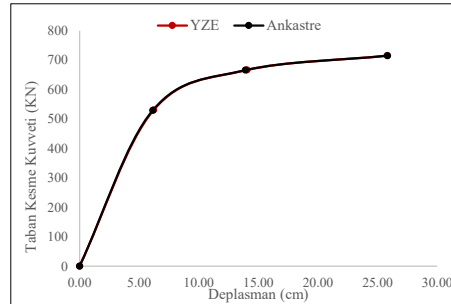
EK-41. 7 Katlı 1 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

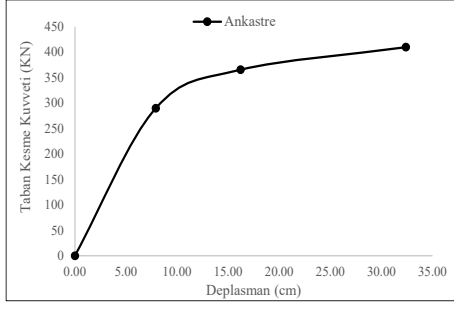


(b)

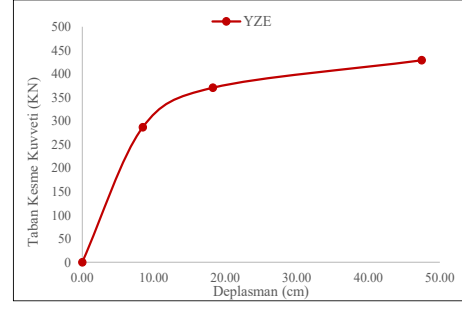


(c)

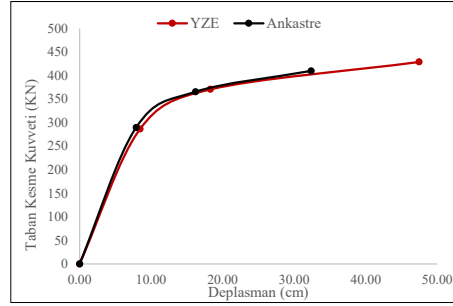
EK-42. 7 Katlı 2 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

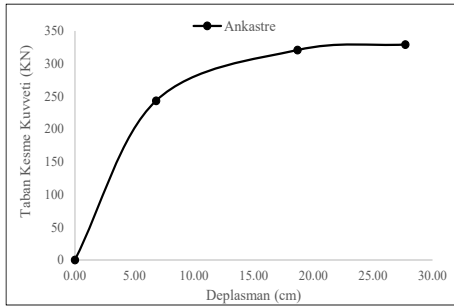


(b)

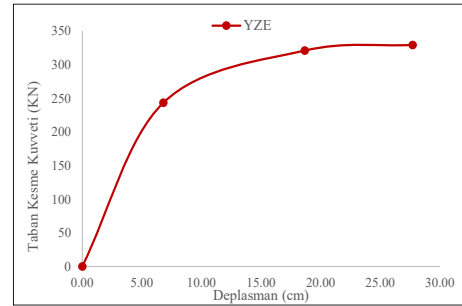


(c)

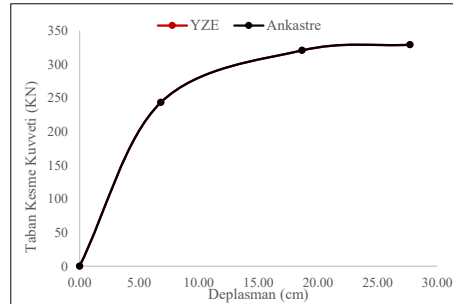
EK-43. 7 Katlı 3 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

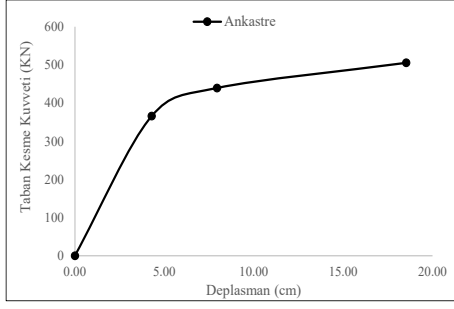


(b)

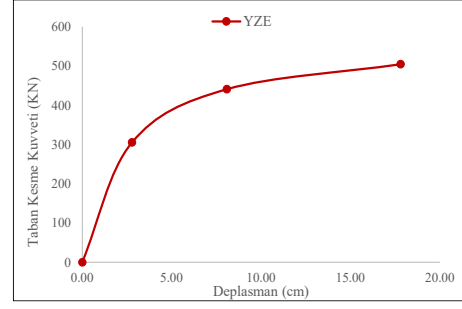


(c)

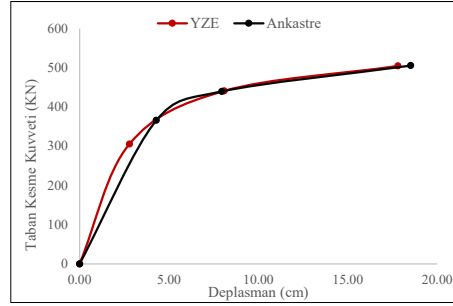
EK-44. 7 Katlı 4 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

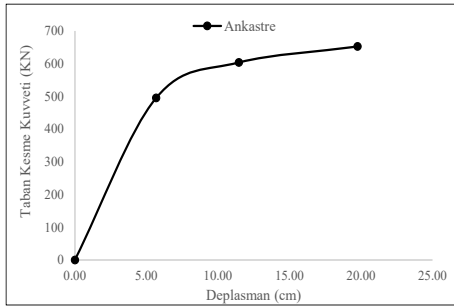


(b)

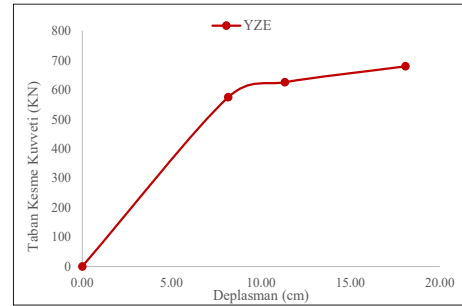


(c)

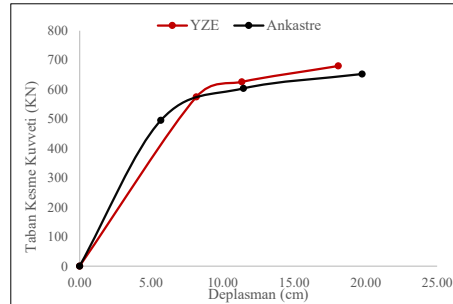
EK-45. 7 Katlı 5 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

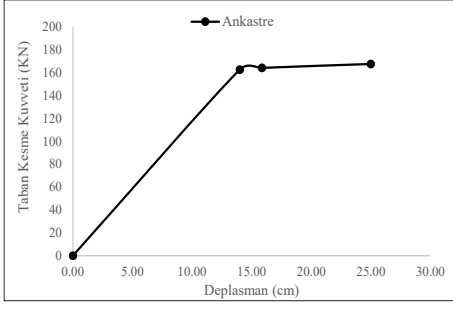


(b)

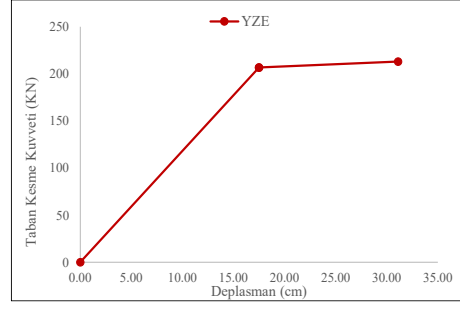


(c)

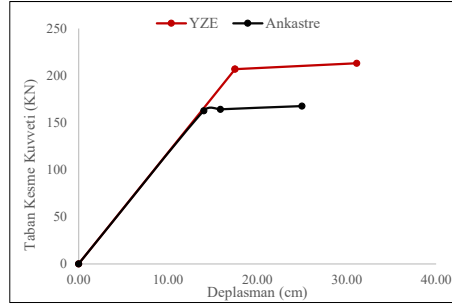
EK-46. 7 Katlı 6 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

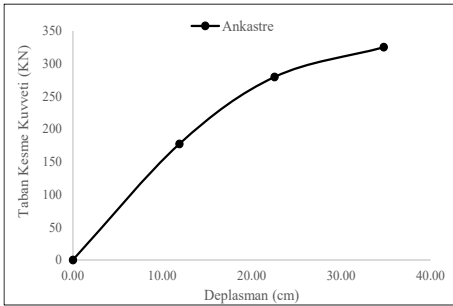


(b)

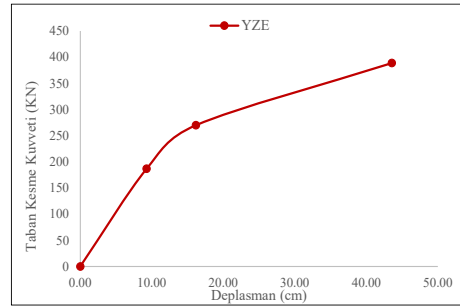


(c)

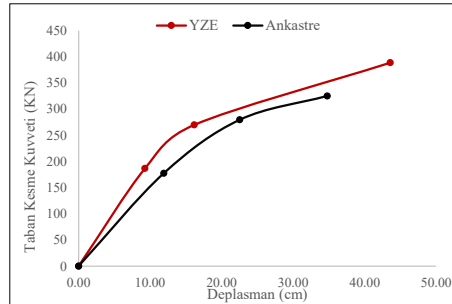
EK-47. 7 Katlı 7 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

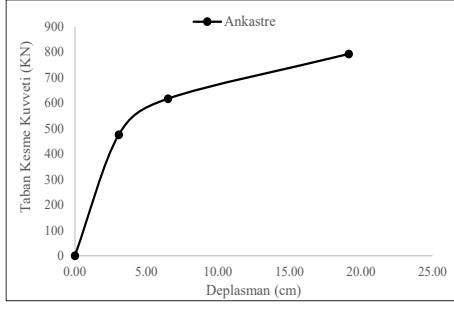


(b)

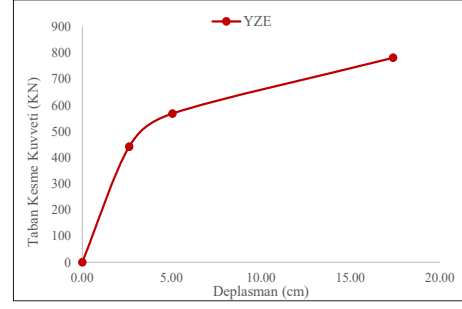


(c)

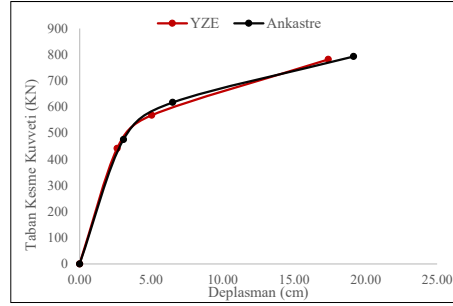
EK-48. 7 Katlı 8 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

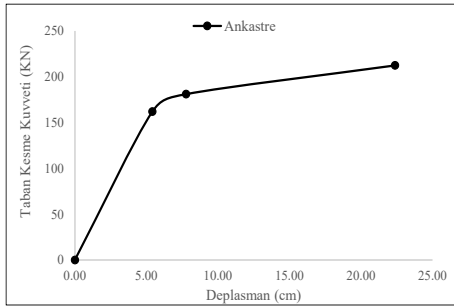


(b)

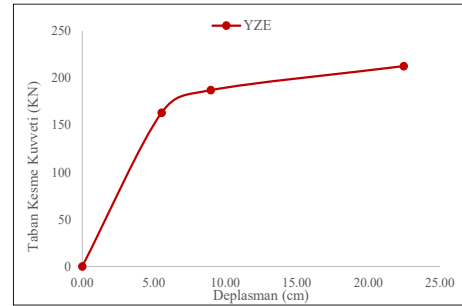


(c)

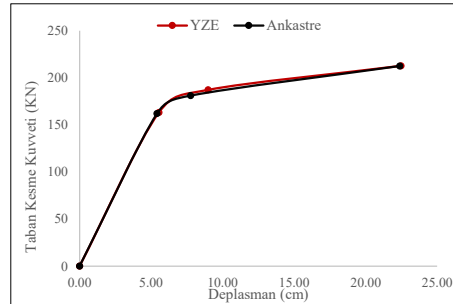
EK-49. 7 Katlı 9 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

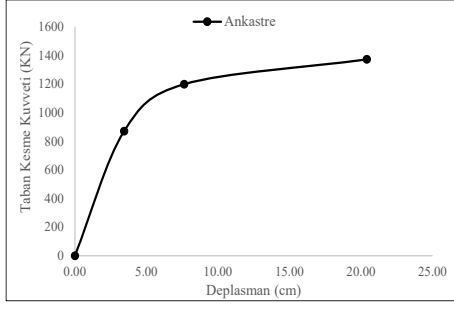


(b)

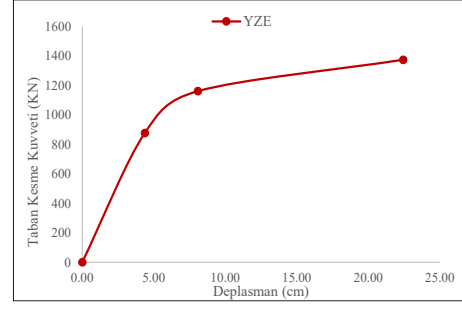


(c)

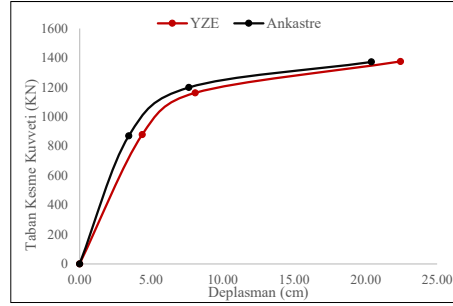
EK-50. 7 Katlı 10 numaralı eski binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

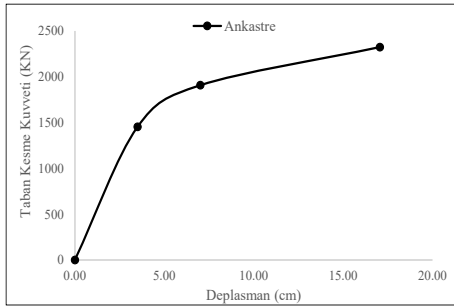


(b)

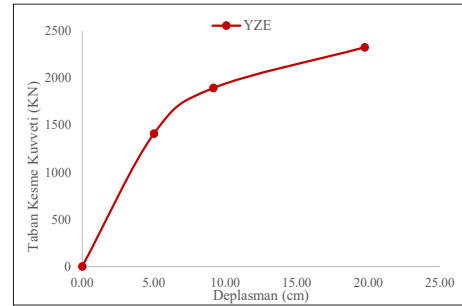


(c)

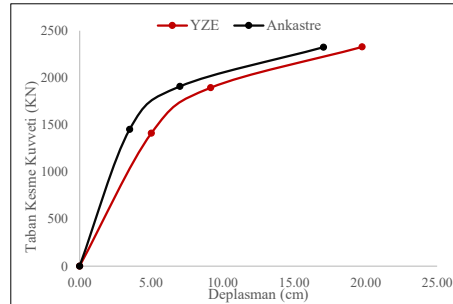
EK-51. 3 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

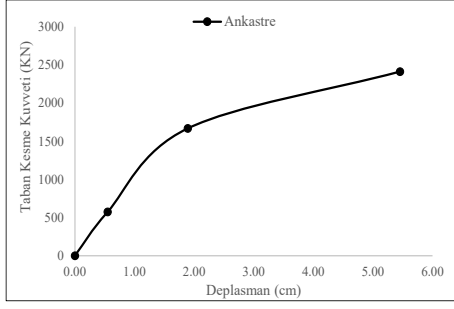


(b)

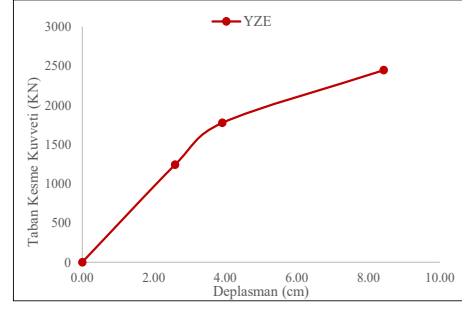


(c)

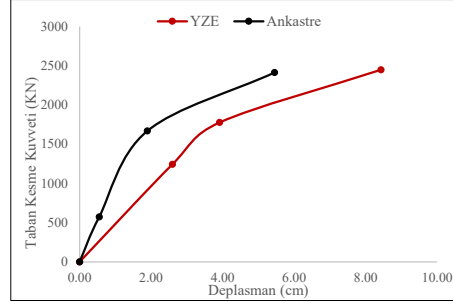
EK-52. 3 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

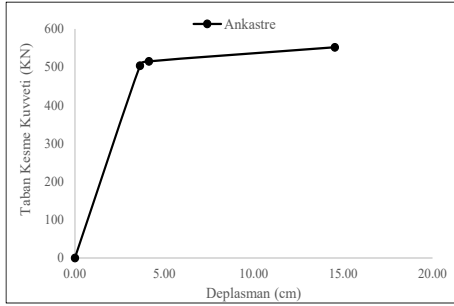


(b)

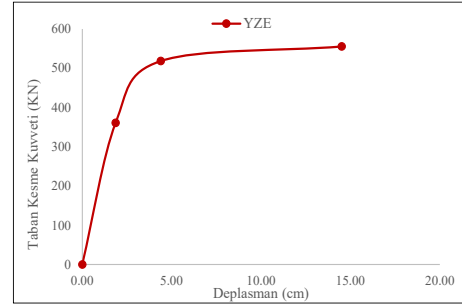


(c)

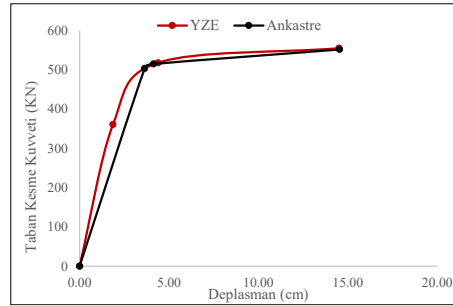
EK-53. 3 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

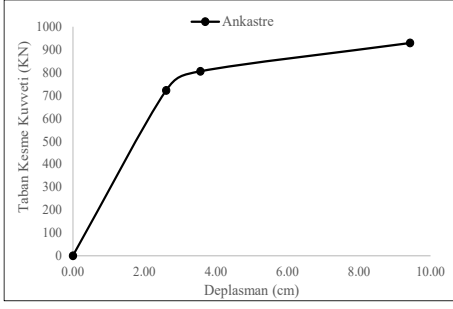


(b)

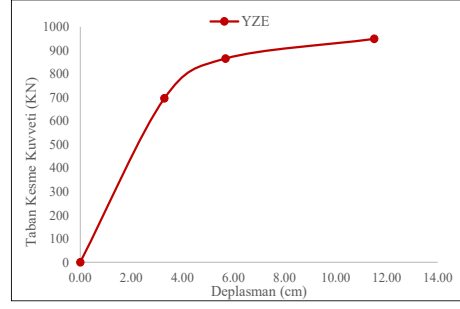


(c)

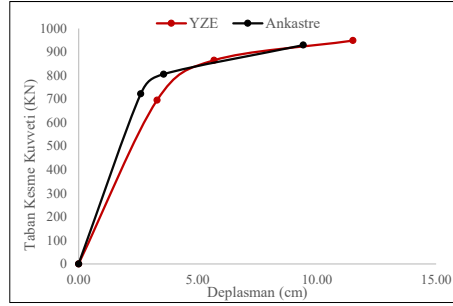
EK-54. 3 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

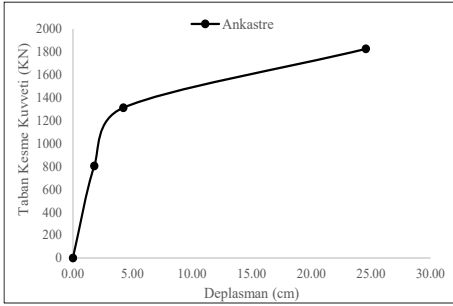


(b)

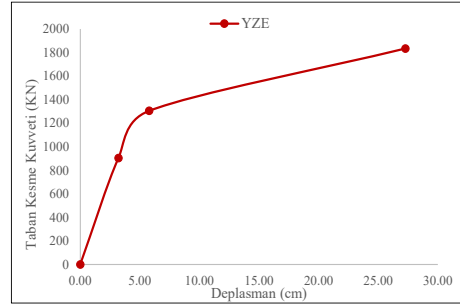


(c)

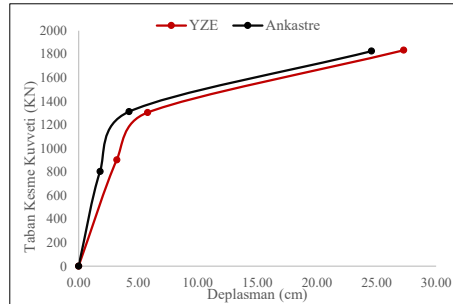
EK-55. 3 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

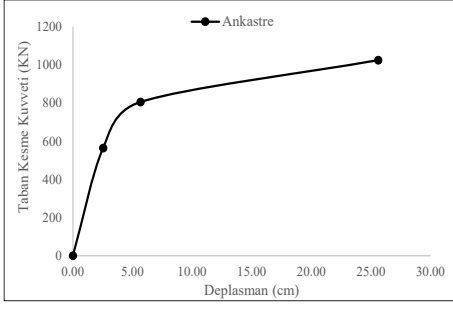


(b)

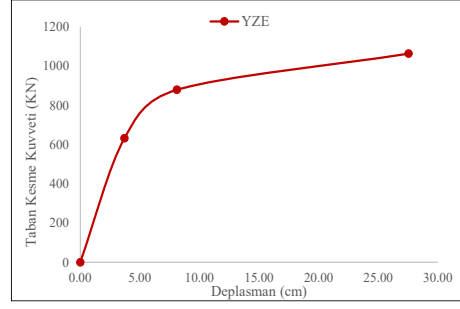


(c)

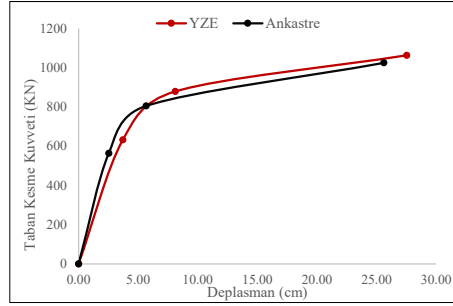
EK-56. 3 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

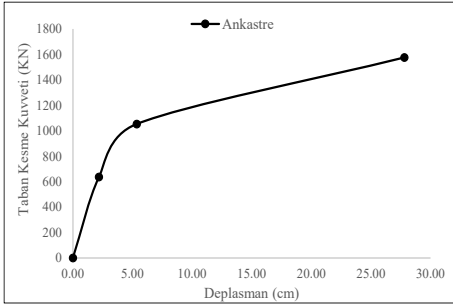


(b)

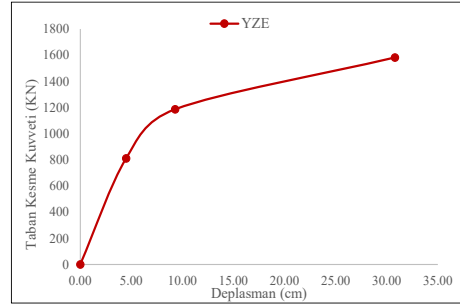


(c)

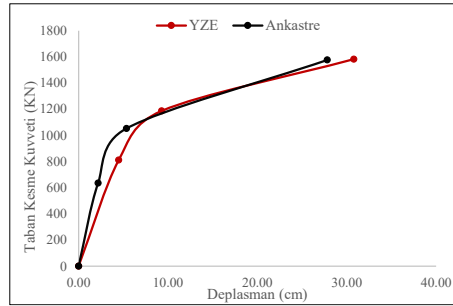
EK-57. 3 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

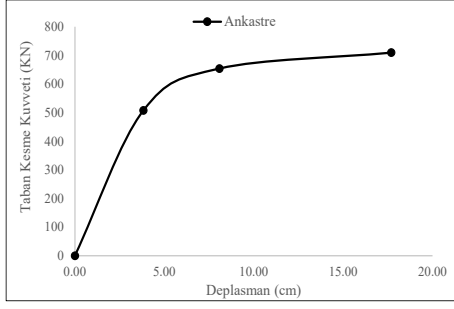


(b)

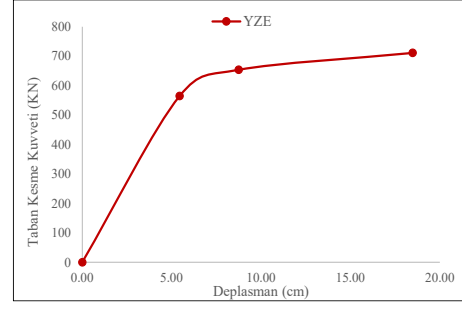


(c)

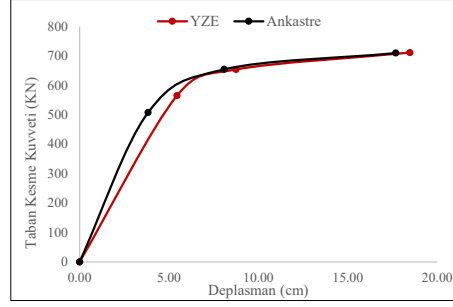
EK-58. 3 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

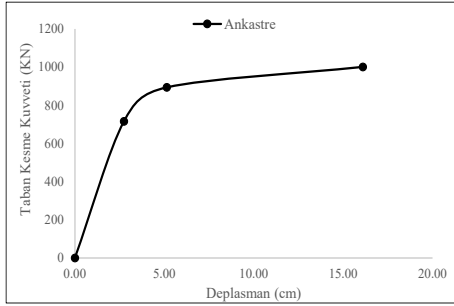


(b)

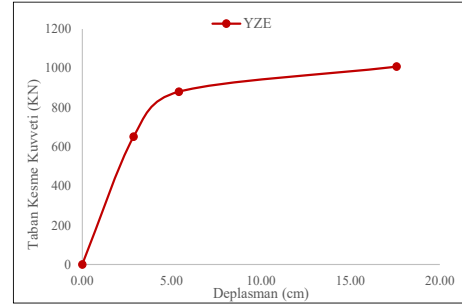


(c)

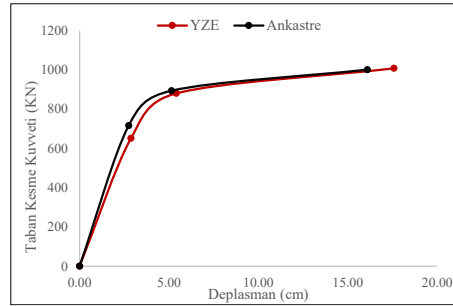
EK-59. 3 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

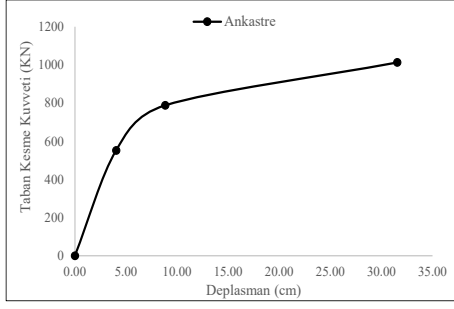


(b)

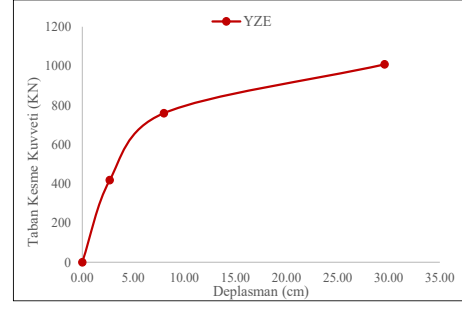


(c)

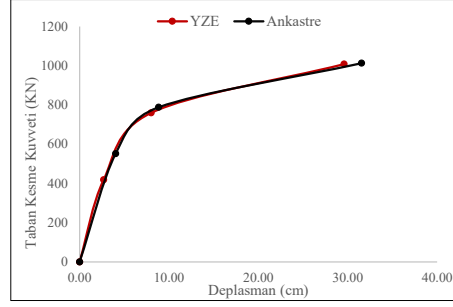
EK-60. 3 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

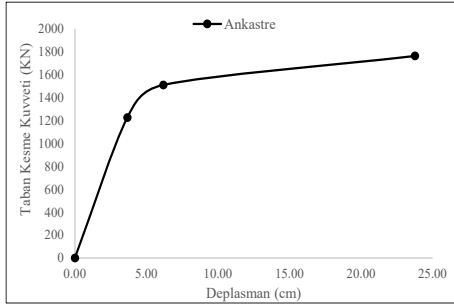


(b)

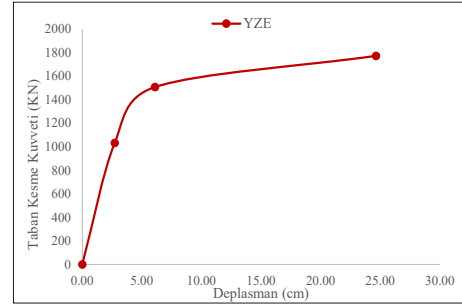


(c)

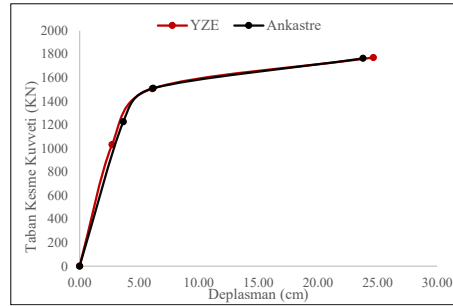
EK-61. 4 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

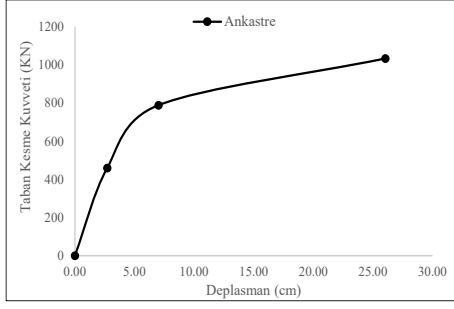


(b)

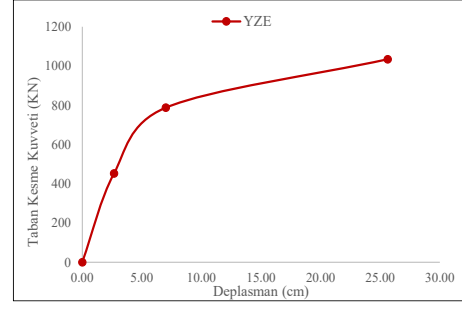


(c)

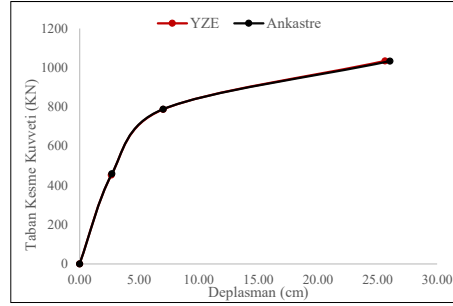
EK-62. 4 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

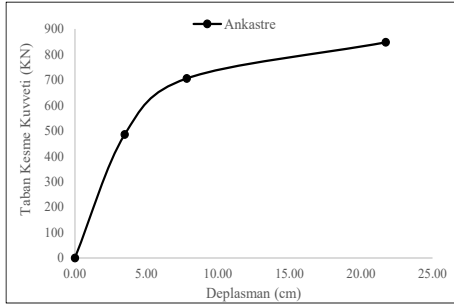


(b)

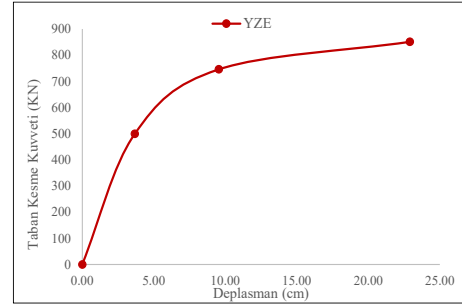


(c)

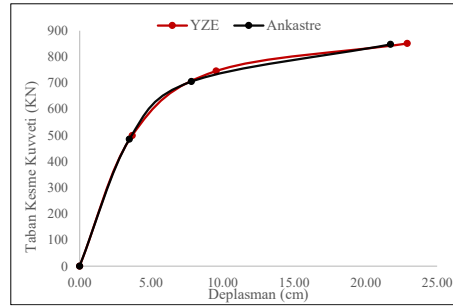
EK-63. 4 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

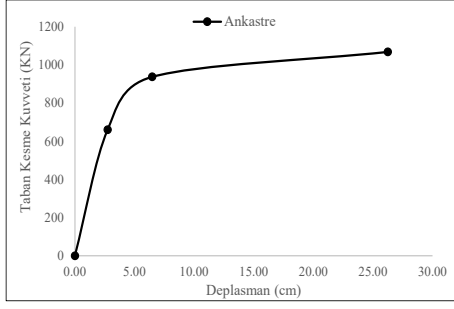


(b)

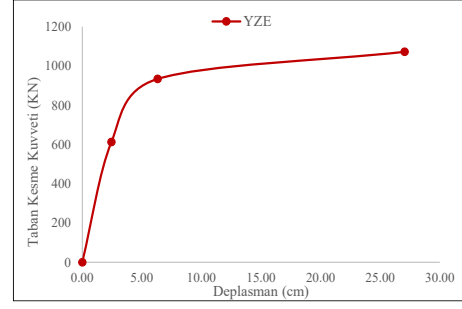


(c)

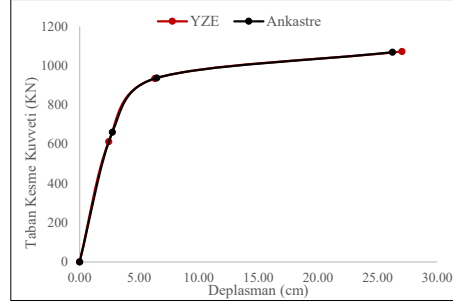
EK-64. 4 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

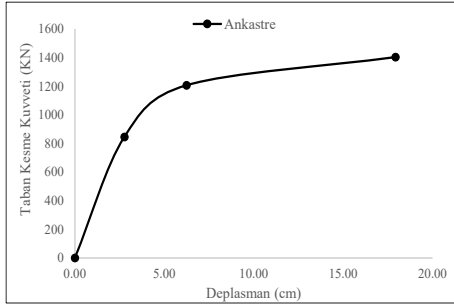


(b)

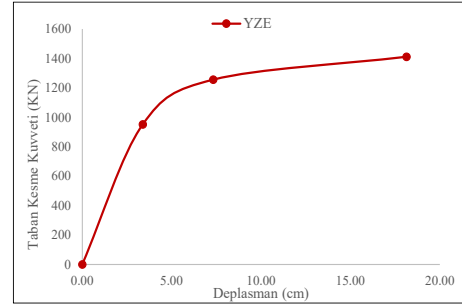


(c)

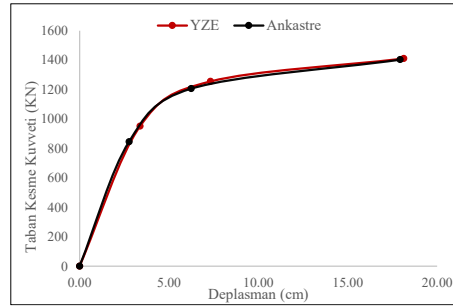
EK-65. 4 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

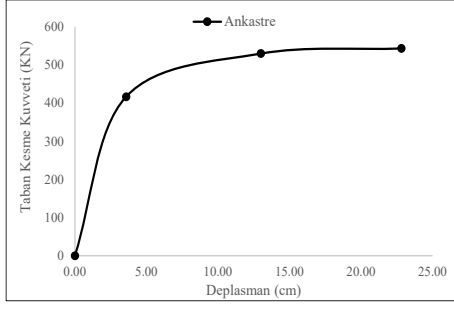


(b)

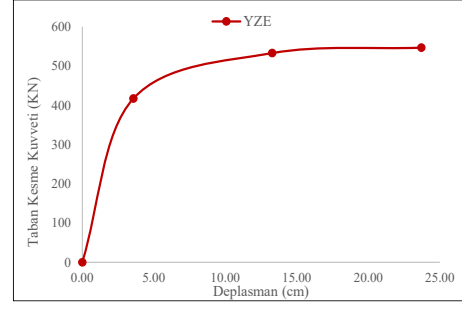


(c)

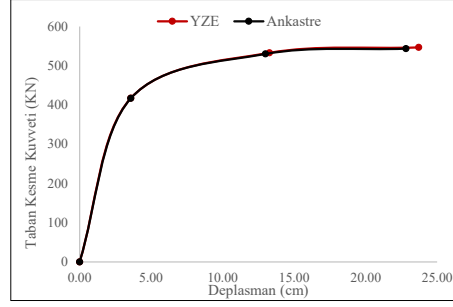
EK-66. 4 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

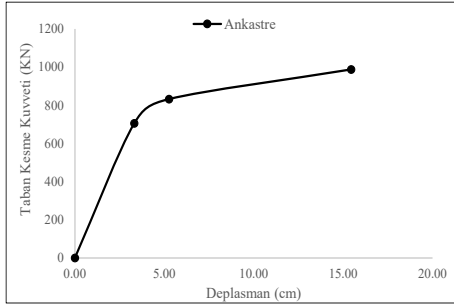


(b)

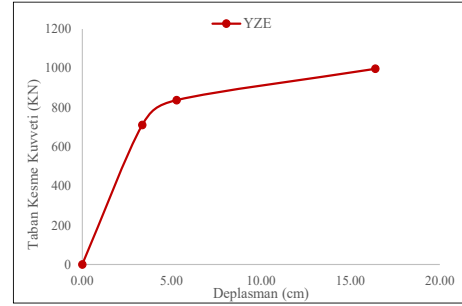


(c)

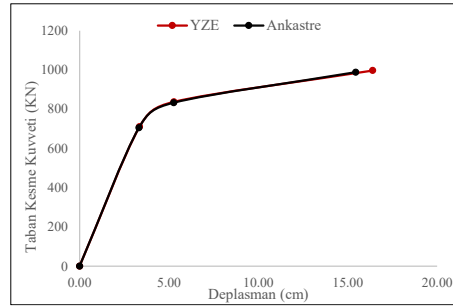
EK-67. 4 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

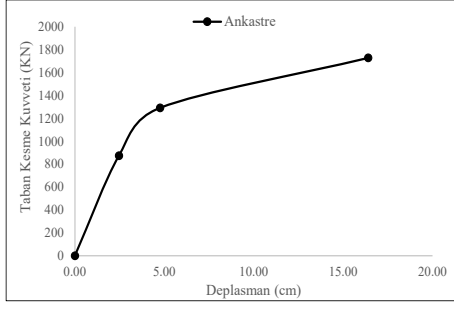


(b)

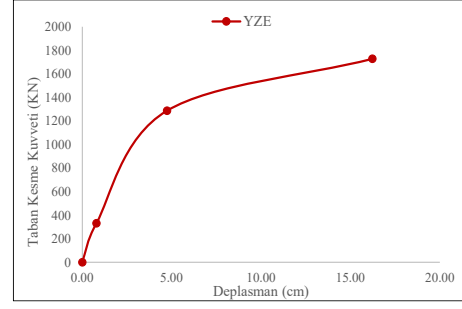


(c)

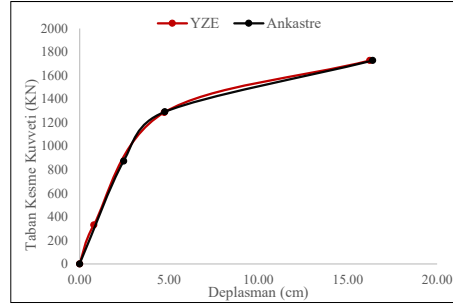
EK-68. 4 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

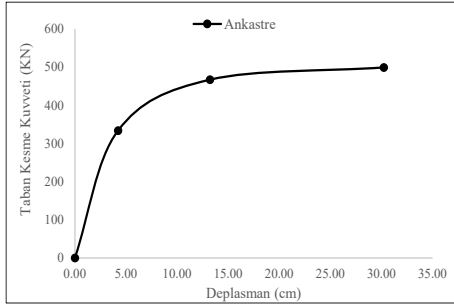


(b)

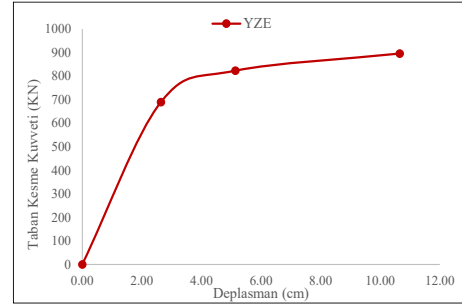


(c)

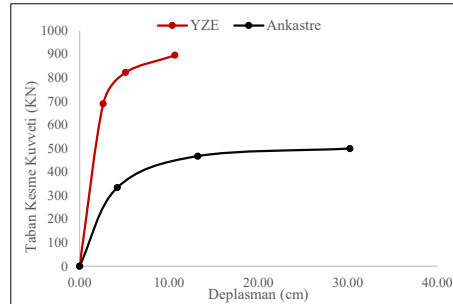
EK-69. 4 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

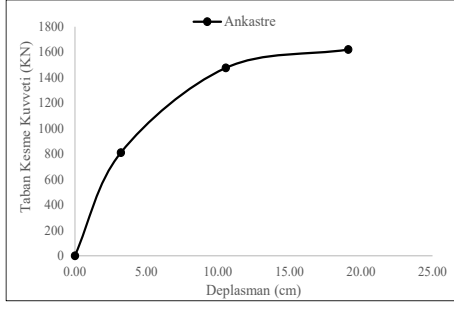


(b)

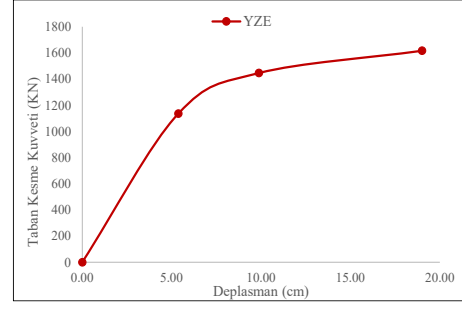


(c)

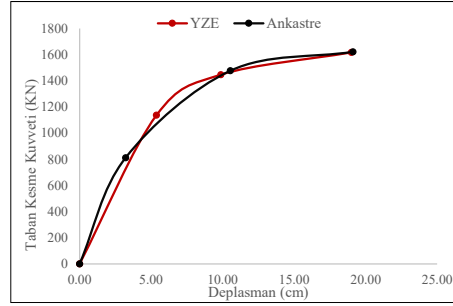
EK-70. 4 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

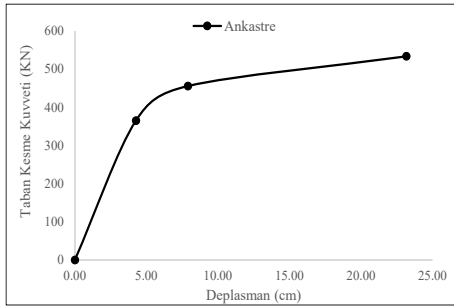


(b)

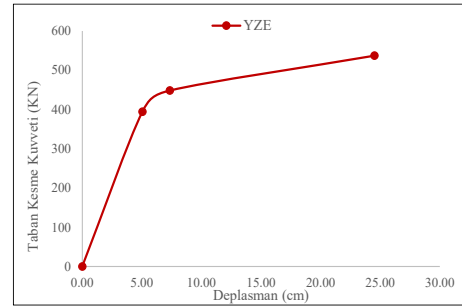


(c)

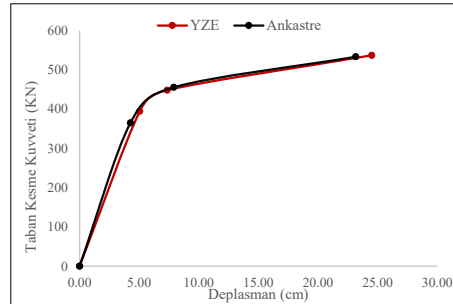
EK-71. 5 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

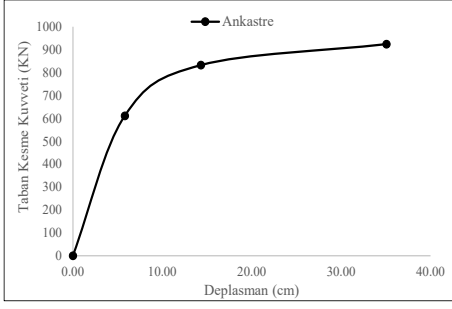


(b)

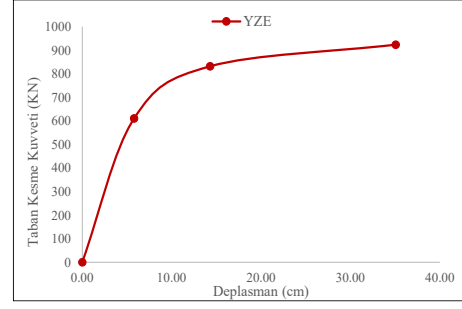


(c)

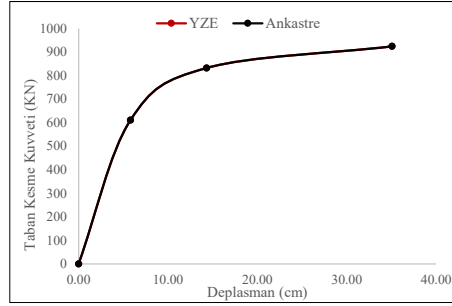
EK-72. 5 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

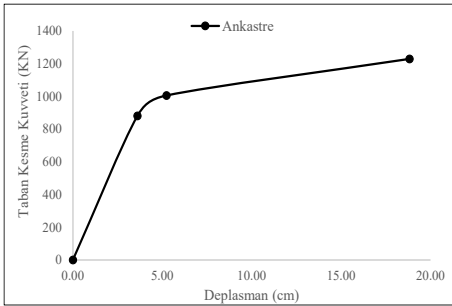


(b)

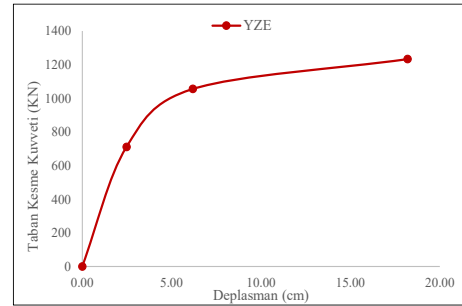


(c)

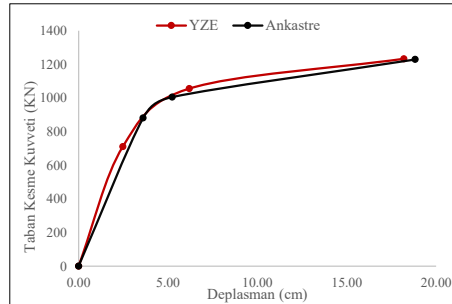
EK-73. 5 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

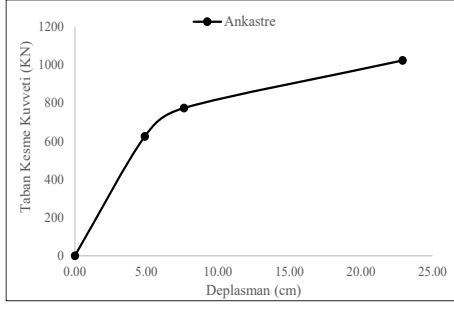


(b)

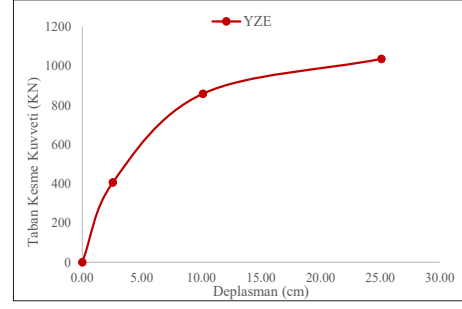


(c)

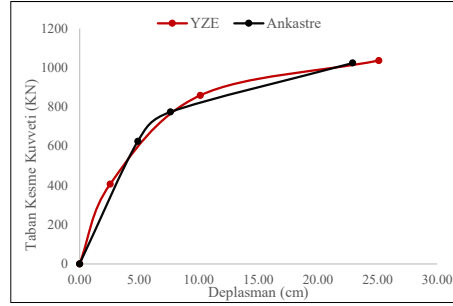
EK-74. 5 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastr (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

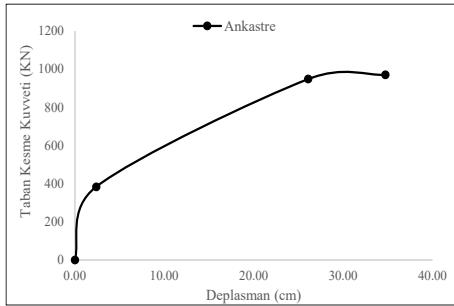


(b)

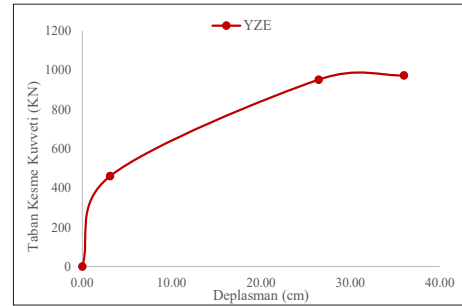


(c)

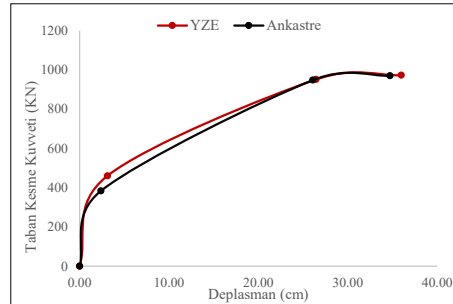
EK-75. 5 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

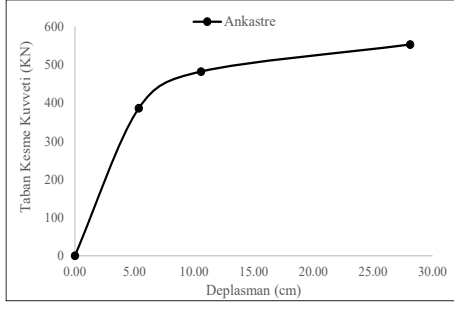


(b)

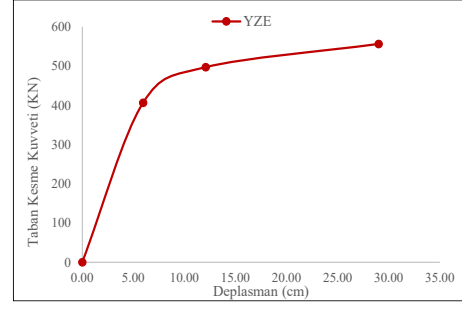


(c)

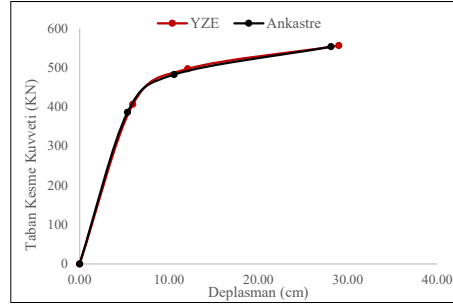
EK-76. 5 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

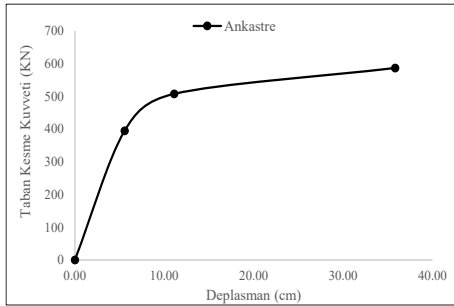


(b)

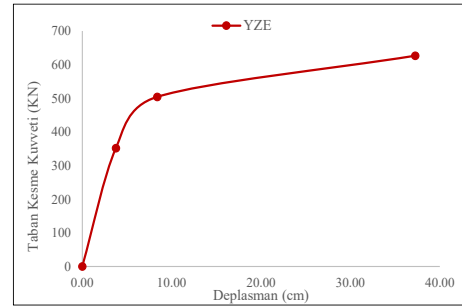


(c)

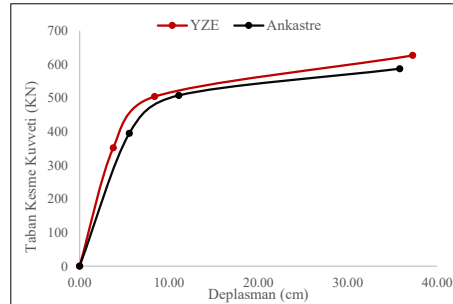
EK-77. 5 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

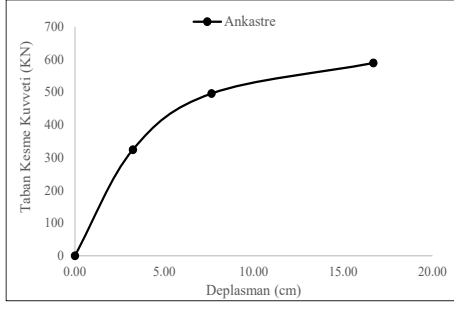


(b)

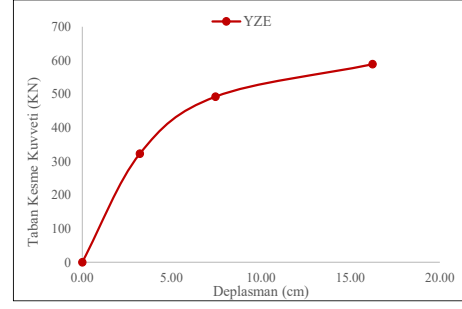


(c)

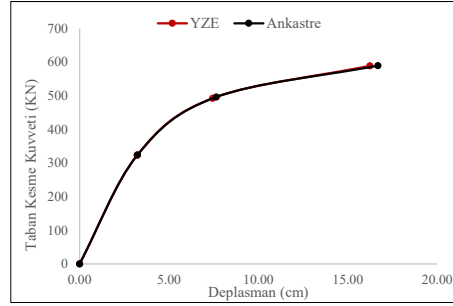
EK-78. 5 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

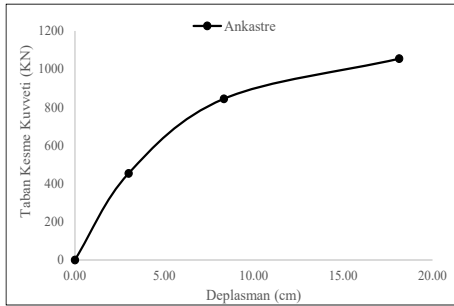


(b)

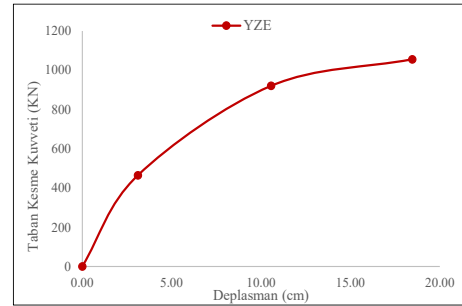


(c)

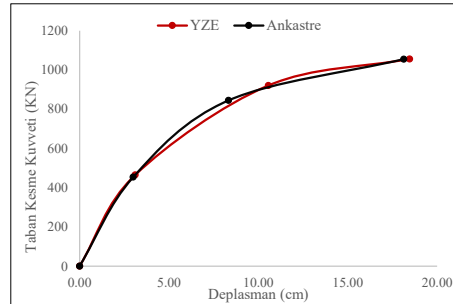
EK-79. 5 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

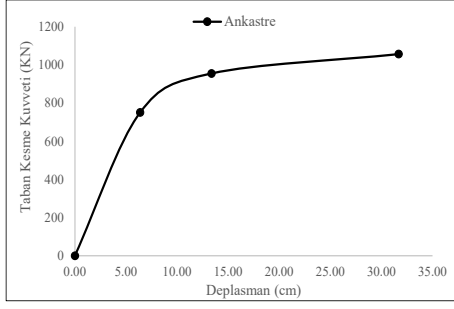


(b)

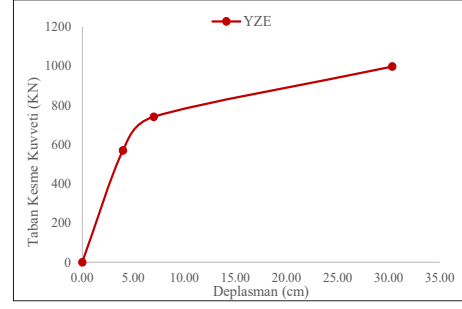


(c)

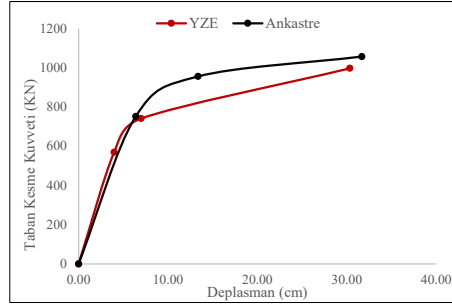
EK-80. 5 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

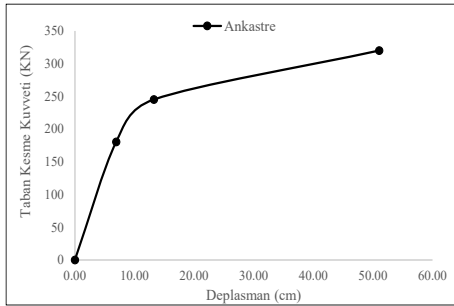


(b)

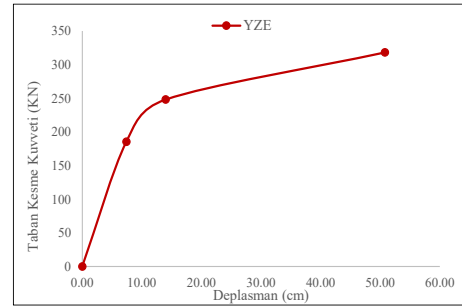


(c)

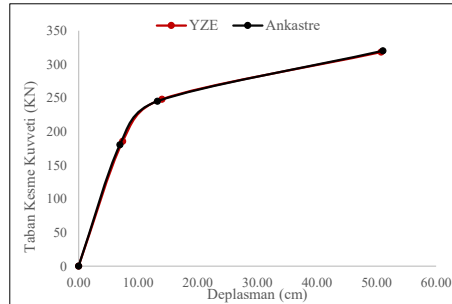
EK-81. 6 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

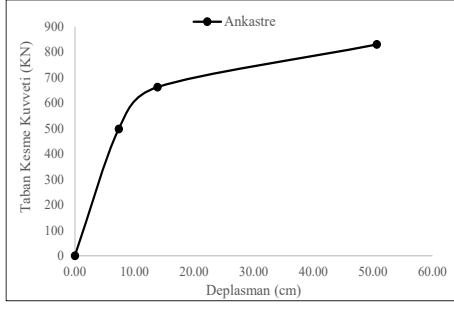


(b)

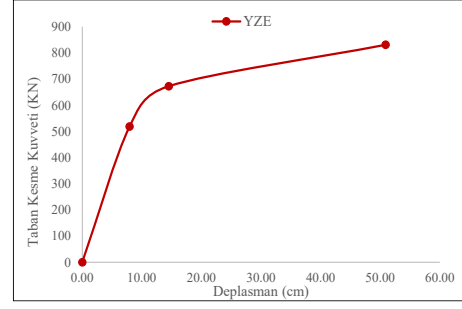


(c)

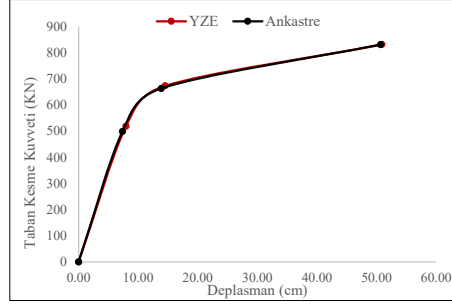
EK-82. 6 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

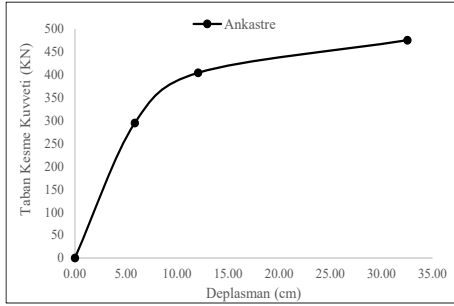


(b)

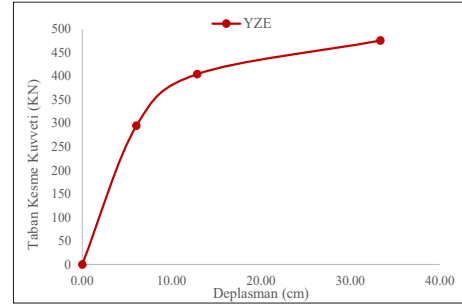


(c)

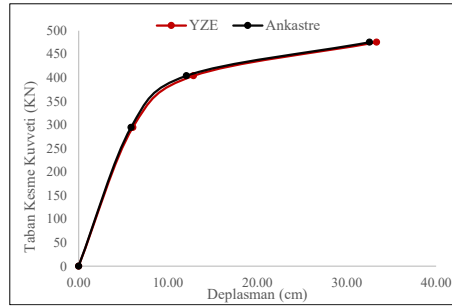
EK-83. 6 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

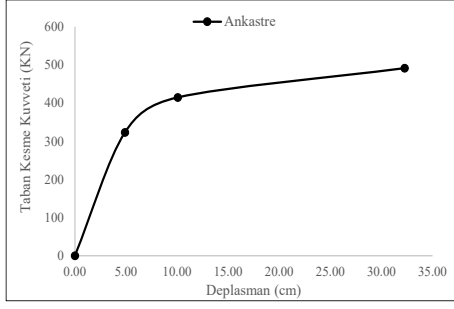


(b)

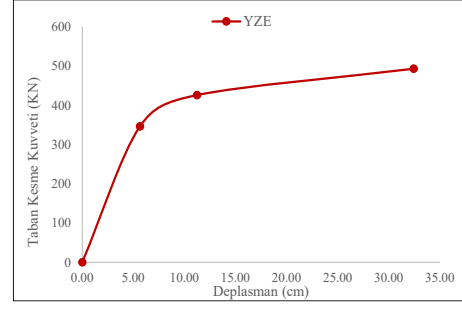


(c)

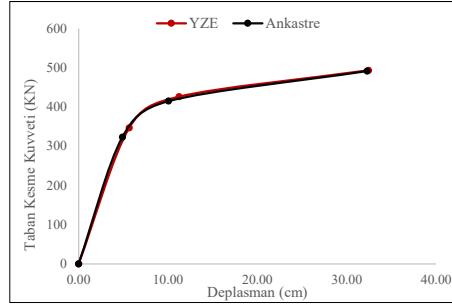
EK-84. 6 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

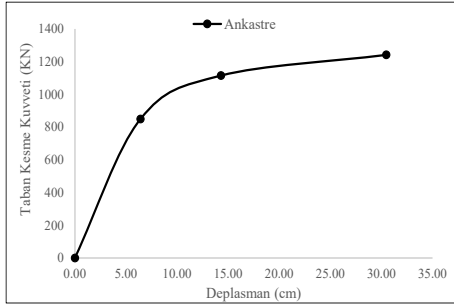


(b)

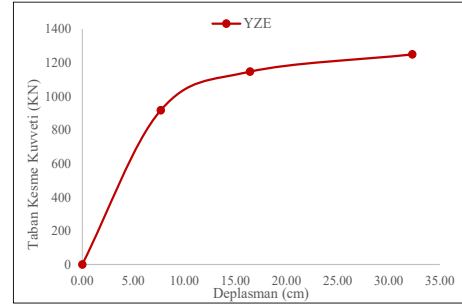


(c)

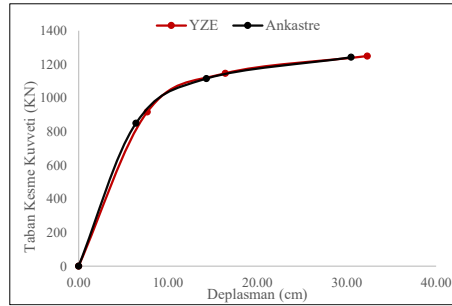
EK-85. 6 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

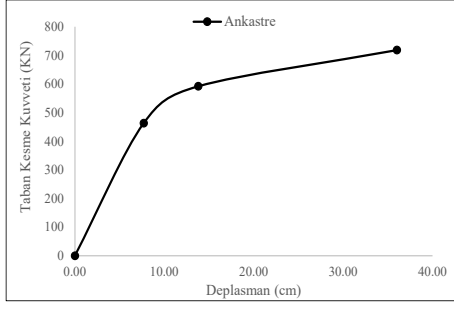


(b)

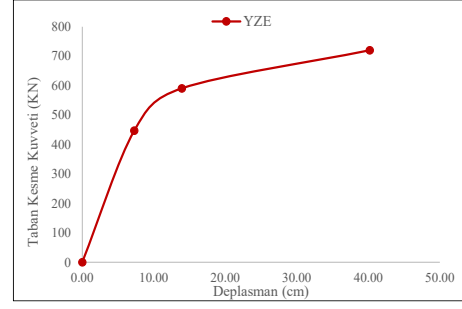


(c)

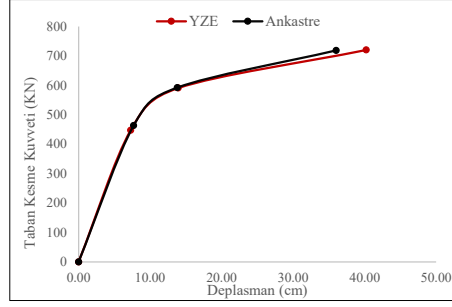
EK-86. 6 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

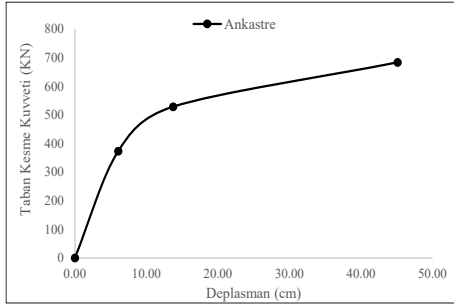


(b)

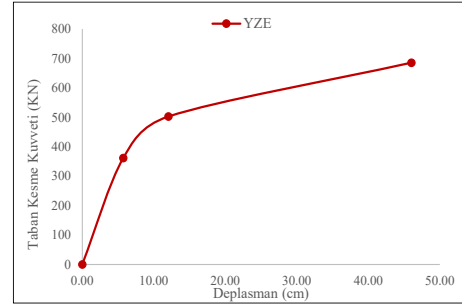


(c)

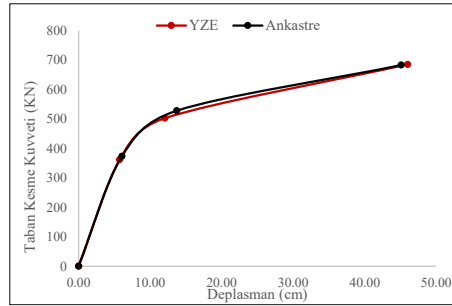
EK-87. 6 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

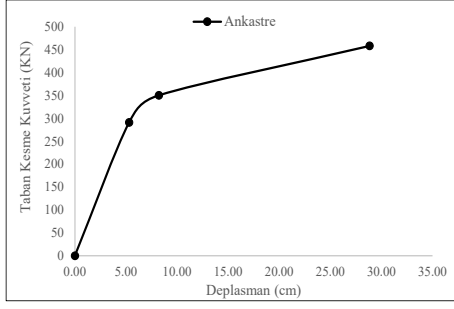


(b)

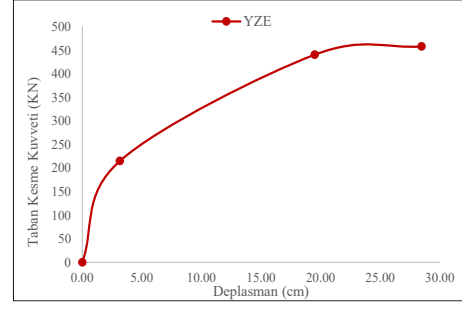


(c)

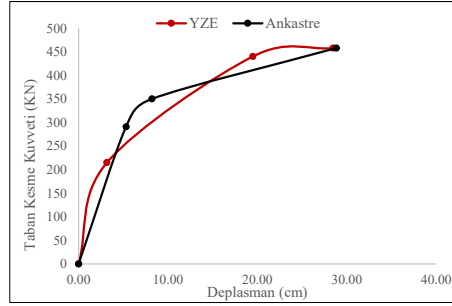
EK-88. 6 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

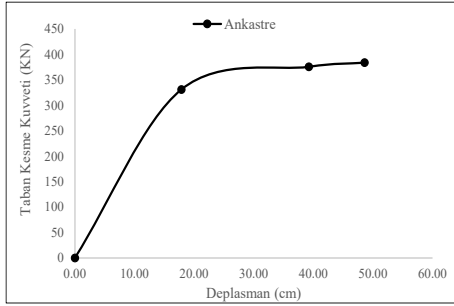


(b)

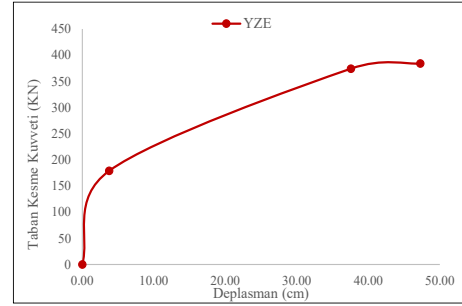


(c)

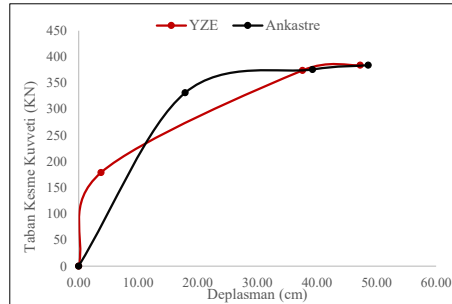
EK-89. 6 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

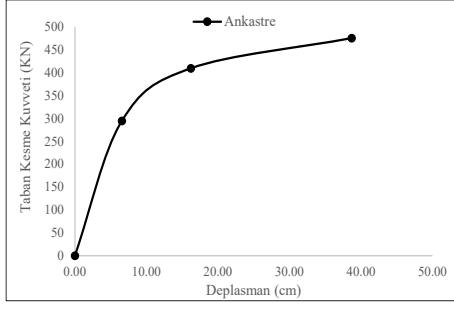


(b)

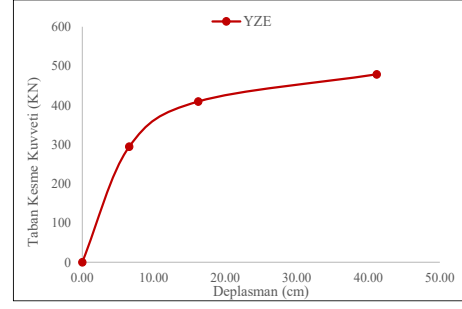


(c)

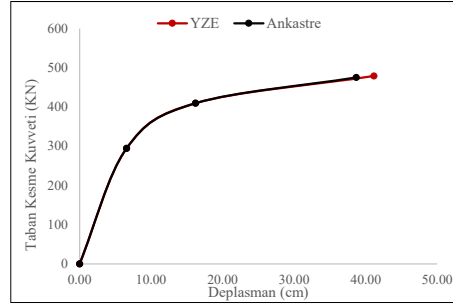
EK-90. 6 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

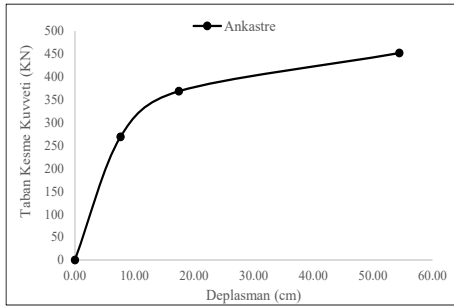


(b)

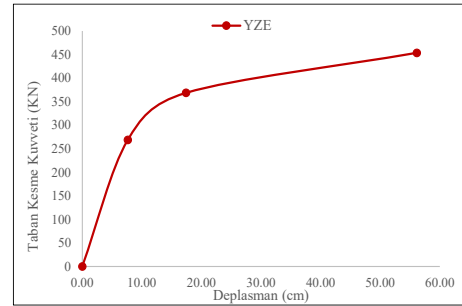


(c)

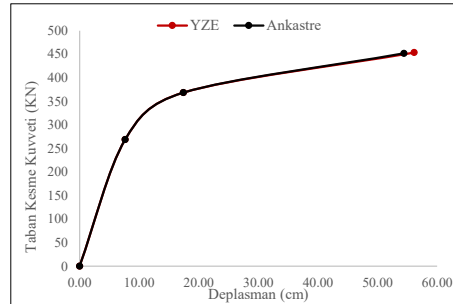
EK-91. 7 Katlı 1 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

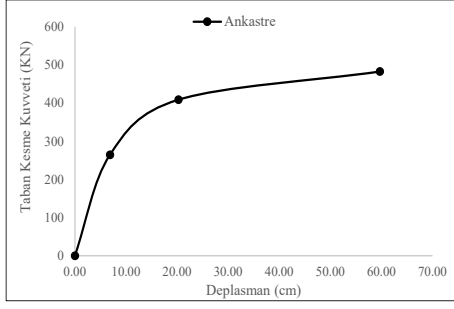


(b)

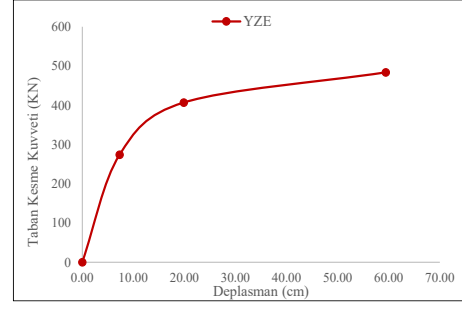


(c)

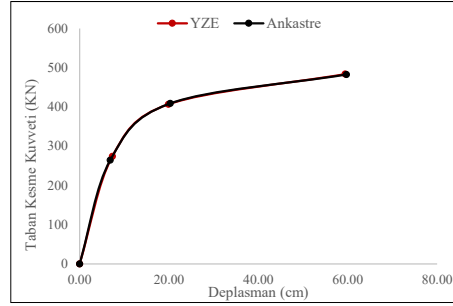
EK-92. 7 Katlı 2 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

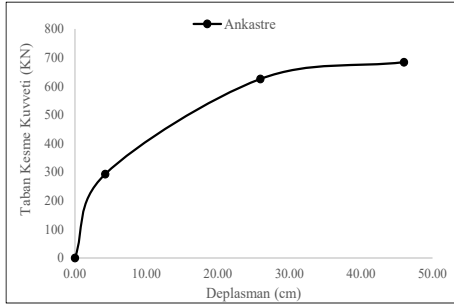


(b)

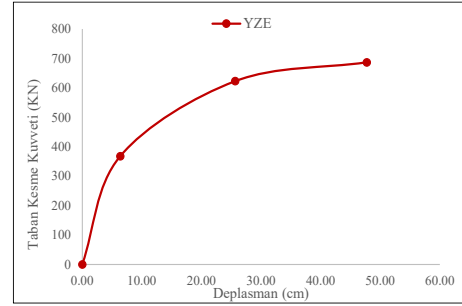


(c)

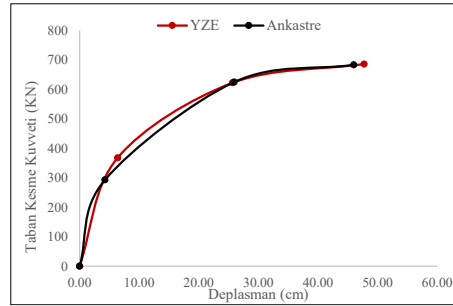
EK-93. 7 Katlı 3 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

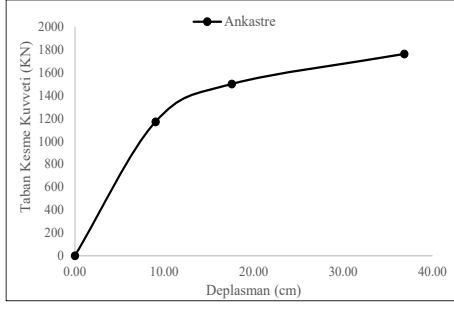


(b)

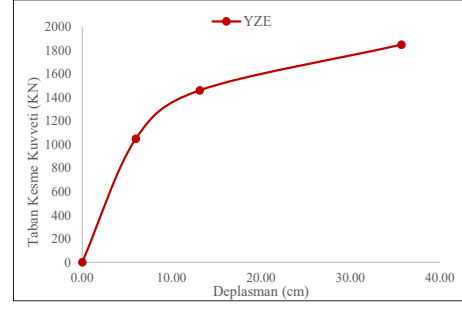


(c)

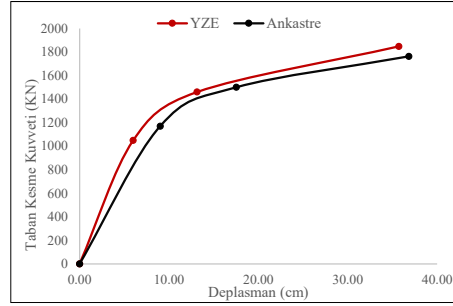
EK-94. 7 Katlı 4 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

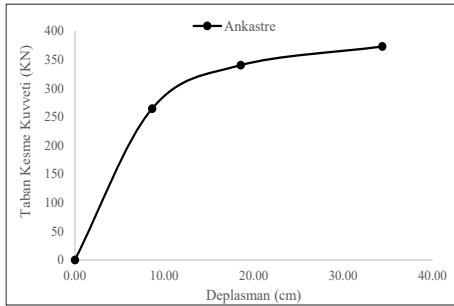


(b)

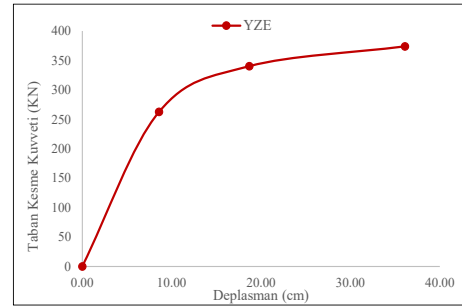


(c)

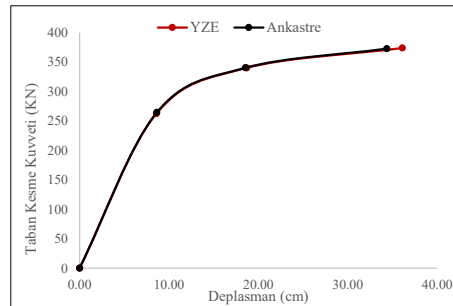
EK-95. 7 Katlı 5 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

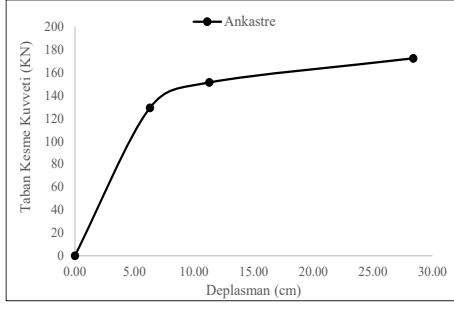


(b)

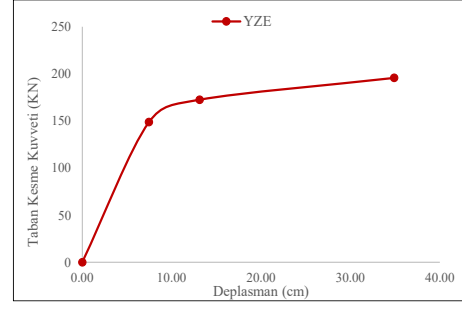


(c)

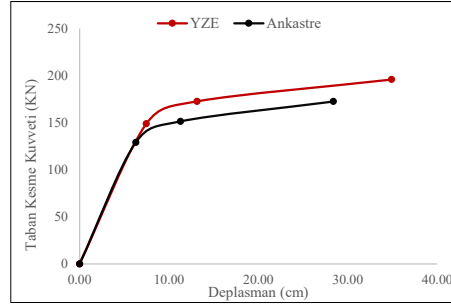
EK-96. 7 Katlı 6 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

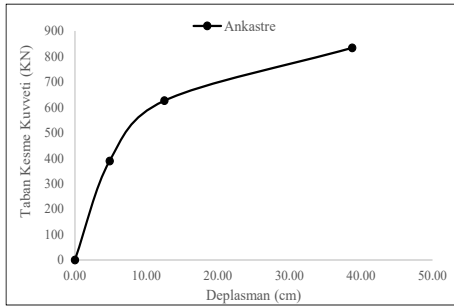


(b)

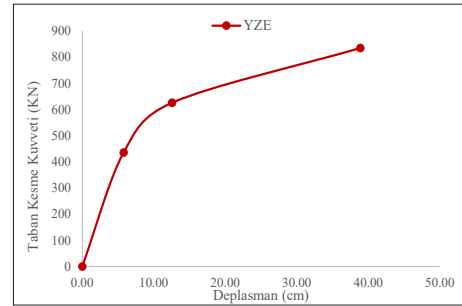


(c)

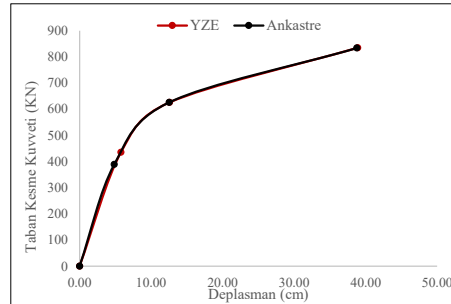
EK-97. 7 Katlı 7 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

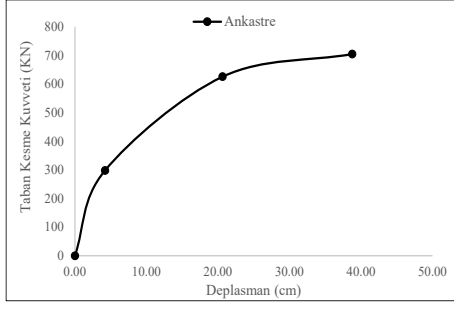


(b)

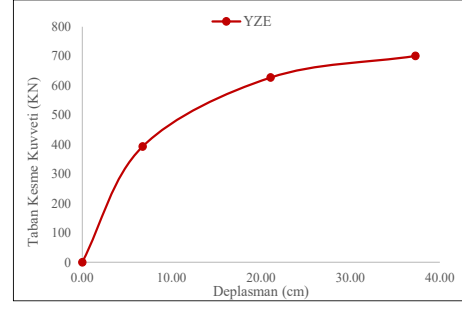


(c)

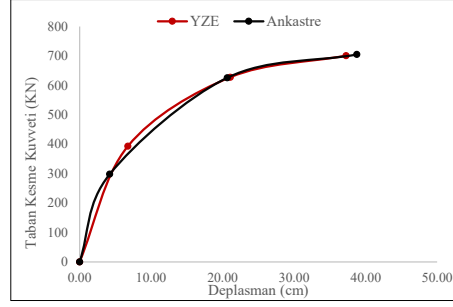
EK-98. 7 Katlı 8 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)

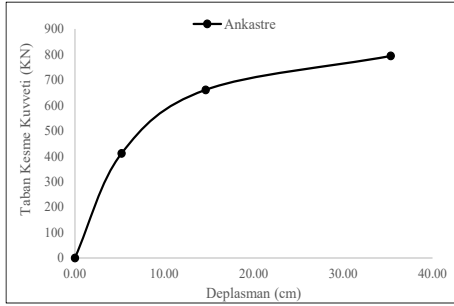


(b)

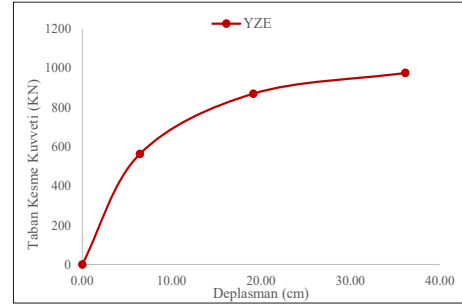


(c)

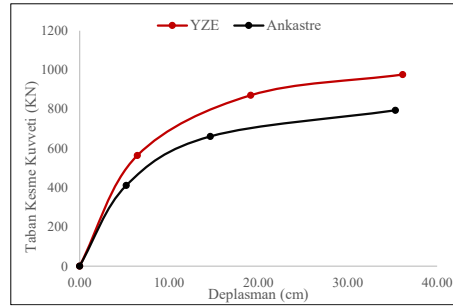
EK-99. 7 Katlı 9 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri



(a)



(b)



(c)

EK-100. 7 Katlı 10 numaralı yeni binanın ankastre (a), yapı zemin etkileşimi (b) ve karşılaştırmalı (c) kapasite eğrileri

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı:	Mizbah OMUR
Uyruğu:	T.C.
Orcid Numarası:	0009-0007-0563-8731

EĞİTİM BİLGİLERİ	
Lisans	
Üniversite:	Bursa Uludağ Üniversitesi
Fakülte:	Mühendislik Fakültesi
Bölümü:	İnşaat Mühendisliği
Mezuniyet Yılı:	2022
Yüksek Lisans	
Üniversite:	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	İnşaat Mühendisliği
Mezuniyet Yılı:	2026

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler
Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler <ol style="list-style-type: none">1. Oz, I., & Omur, M. (2025). Evaluating the seismic fragility and code compliance of turkish reinforced concrete buildings after the 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquake. Applied Sciences, 15(10), 5554. Appl. Sci. 2025, 15(10), 5554; https://doi.org/10.3390/app15105554