

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KAT YÜKSEKLİĞİ VE KİRİŞ AÇIKLIĞININ YAPI
PERFORMANSINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMET YALÇINKAYA

DANIŞMAN
DOÇ. DR. NUSRET BOZKURT

OCAK 2023
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KAT YÜKSEKLİĞİ VE KİRİŞ AÇIKLIĞININ YAPI
PERFORMANSINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMET YALÇINKAYA
ORCID: 0000-0001-9755-332X

DANIŞMAN
DOÇ. DR. NUSRET BOZKURT

OCAK 2023
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisiyim. Hazırlamış olduğum **“Kat Yüksekliği ve Kiriş Açıklığının Yapı Performansına Etkilerinin Araştırılması”** başlıklı tezde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi; kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı; bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 26/01/2023

Samet YALÇINKAYA

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ YAZIM KILAVUZU UYGUNLUK BEYANI

“Kat Yüksekliği ve Kiriş Açıklığının Yapı Performansına Etkilerinin
Araştırılması” başlıklı yüksek lisans tezi Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim
Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır. 26/01/2023

Tezi Hazırlayan

Samet YALÇINKAYA

Danışman

Doç. Dr. Nusret BOZKURT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Hakan ÇOBAN

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ONAY SAYFASI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı öğrencisi Samet YALÇINKAYA tarafından hazırlanan “**Kat Yüksekliği ve Kiriş Açıklığının Yapı Performansına Etkilerinin Araştırılması**” adlı Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı, 26/01/2023 tarihinde yapılmış ve tezin oy birliği ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

JÜRİ:

İMZA

Danışman: Doç. Dr. Nusret BOZKURT

Bitlis Eren Üniversitesi

.....

Üye: Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU

Batman Üniversitesi

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Fatih AVCİL

Bitlis Eren Üniversitesi

.....

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararıyla jüri tarafından kabul edilmiş bu çalışmanın yüksek lisans tezi olarak kabulü onaylanmıştır.

..../01/2023

Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL
Enstitü Müdürü

T.C.
Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
KAT YÜKSEKLİĞİ VE KİRİŞ AÇIKLIĞININ YAPI PERFORMANSINA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
Yüksek Lisans Tezi
Samet YALÇINKAYA
Danışman: Doç. Dr. Nusret BOZKURT

Ocak 2023

ÖZET

Deprem, zamansız ve önlenemez bir biçimde gerçekleşen, yıkıcı etkisi yüksek olan bir doğal afettir. Depremi önceden tespit edilmesi günümüzdeki teknolojilere rağmen mümkün olmamaktadır. Bu da depreme dayanıklı yapı tasarımı terimini doğurmakla beraber bu tasarımın gerekli olduğu oldukça açıktır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının amacı hafif şiddetteki depremlerde yapıda meydana gelebilecek hasarların sınırlı düzeyde kalması, yıkıcı depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması koşuluyla kalıcı hasar durumunun önlenmesi ve sınırlandırılmasıdır.

Bu tez çalışması kapsamında zemin sınıfı, kat yüksekliği ve kiriş açıklığı değişken parametreler olarak seçilmiştir. 5, 10 ve 15 katlı binalar A ve E sınıfı olmak üzere iki zeminde tasarlanmıştır. Değişken parametrelerden biri olan kat yüksekliği 3 m, 3.5 m ve 4 m olacak şekilde yönetmeliği uygun olacak şekilde tercih edilmiştir. Kiriş açıklığı ise 3 m, 5 m ve 7 m olacak şekilde yine yönetmeliğe uygun olarak tercih edilmiştir. Tüm modeller paket programda sismik analize tabi tutularak elde edilen sonuçlar değerlendirilerek karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kat yüksekliği, kiriş açıklığı, deprem performansı

Republic of Türkiye
Bitlis Eren University Graduate School
Department of Civil Engineering
INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF FLOOR HEIGHT AND BEAM
SPACE ON BUILDING PERFORMANCE
Master's Thesis
Samet YALÇINKAYA
Supervisor: Nusret BOZKURT

January 2023

ABSTRACT

An earthquake is an unpredictable and unavoidable natural disaster with a high destructive effect that cannot be detected in advance despite today's technologies. The purpose of earthquake-resistant building design is to limit the damage that may occur in the structure in the case of minor earthquakes and to prevent and limit the permanent damage in the case of destructive earthquakes, provided that the safety of human lives is guaranteed.

In this study, ground class, floor height, and column spacing were chosen as variable parameters. The buildings with 5, 10 and 15 floors were designed on two grounds, class A and E. The floor height, which is one of the variable parameters, was set to 3 m, 3.5 m ve 4 m. The column spacing was set to 3 m, 5 m and 7 m, also according to the regulation. All models were subjected to seismic analysis in the package program, and the results were evaluated and compared.

Keywords: Storey height, beam spacing, earthquake performance

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübesiyle yardımlarını esirgemeyen, özgün fikirleriyle çalışmama yön veren danışman hocam **Doç. Dr. Nusret BOZKURT**'a teşekkürlerimi sunarım. Kıymetli katkılarıyla tez çalışmamın şekillenmesine katkıda bulunan değerli jüri üyelerim **Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU** ve **Dr. Öğr. Üyesi Fatih AVCİL**'e çok teşekkür ederim.

Bu süreçte desteklerini esirgemeyen annem **Gurbet YALÇINKAYA** ve babam **Safiyeddin YALÇINKAYA**'ya, kardeşlerim **Ruşen YALÇINKAYA ALTIN**'a ve **Kadir YALÇINKAYA**'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecim boyunca varlıkları ile motivasyon kaynağı olan ve desteklerini esirgemeyen meslektaşlarım **Nursima SAYIN**'a, **Erden Ozan KARACA**'ya ve **Ahmet Alperen SAYIN**'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
KISALTMALAR.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Deprem.....	2
1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri.....	6
1.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 1 (DD–1).....	7
1.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 2 (DD–2).....	7
1.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 3 (DD–3).....	7
1.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 4 (DD–4).....	7
1.3. Kat Yüksekliği, Kat Adedi ve Kiriş Açıklığı.....	8
1.4. Zemin Sınıfları.....	9
1.5. Bina Performans Düzeyleri.....	12
1.5.1. Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi.....	14
1.5.2. Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi.....	14
1.5.3. Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi.....	15
1.5.4. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi.....	15
1.6. Taşıyıcı Sistem Özellikleri ve Deprem Davranışına Etkileri.....	19
1.6.1. Geometri.....	19
1.6.2. Süreklilik.....	19
1.6.3. Süneklik.....	20
1.6.4. Rijitlik.....	20
1.7. Deprem Performansı Hesaplama Yöntemleri.....	20
1.7.1. Doğrusal Olmayan (Nonlinear) Yöntemler.....	21
1.7.1.1. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	21
1.8. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar.....	22
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37

4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKÇA.....	62



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyada meydana gelen depremler.....	2
Çizelge 1.2. Ülkemizde meydana gelen depremler.....	4
Çizelge 1.3. Deprem yer hareketi düzeyleri.....	8
Çizelge 1.4. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları, 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	10
Çizelge 1.5. TBDY 2018'e göre yerel zemin sınıfları.....	10
Çizelge 1.6. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	17
Çizelge 1.7. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları.....	18
Çizelge 1.8. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).....	18
Çizelge 1.9. $BYS \geq 2$ olan normal binalar için performans tasarım hedefleri.....	19
Çizelge 2.1. Tasarlanan modeller ve özellikleri.....	25
Çizelge 3.1. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin tepe noktasının X yönündeki deplasman değerleri (m) ve deprem etkisinden sonraki hasar durumları.....	37
Çizelge 3.2. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin tepe noktasının X yönündeki deplasman değerleri (m) ve deprem etkisinden sonraki hasar durumları.....	46
Çizelge 3.3. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan kuvvet (kN) değerleri.....	56
Çizelge 3.4. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan kuvvet (kN) değerleri.....	57
Çizelge 3.5. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan moment (kN.m) değerleri.....	59
Çizelge 3.6. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan moment (kN.m) değerleri.....	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye deprem tehlike haritası.....	3
Şekil 1.2. Yıllara göre meydana gelen deprem istatistikleri (AFAD).....	5
Şekil 1.3. TBDY 2018'e göre yatay tasarım spektrum eğrisi.....	11
Şekil 1.4. Farklı zemin tiplerine ait ivme spektrumları.....	12
Şekil 1.5. TBDY 2018'e göre kesit hasar bölgeleri.....	14
Şekil 1.6. Bina performans düzeylerine göre tasarlanan yapının deprem etkisi altındaki davranışı.....	16
Şekil 2.1. 5, 10 ve 15 katlı tüm modellerin üç boyutlu görünüşleri.....	28
Şekil 2.2. 3x3 m kiriş açıklığı.....	32
Şekil 2.3. 5x5 m kiriş açıklığı.....	33
Şekil 2.4. 7x7 m kiriş açıklığı.....	33
Şekil 2.5. Çelik ve betonun doğrusal olmayan malzeme modeli.....	34
Şekil 2.6. Kolon boyutları.....	34
Şekil 2.7. Kiriş boyutları.....	35
Şekil 2.8. A sınıfı zemin için DD-1 deprem ivme kaydı.....	35
Şekil 2.9. E sınıfı zemin için DD-1 deprem ivme kaydı.....	36
Şekil 2.10. Hasar sınır durumlarını belirten renkler.....	36
Şekil 3.1. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin deplasman değerlerinden elde edilen grafik.....	38
Şekil 3.2. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin hasar durumları.....	40
Şekil 3.3. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin kat ötelenmesi değerlerinden elde edilen grafik.....	47
Şekil 3.4. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin hasar durumları.....	49

KISALTMALAR

TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
DD-1	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi –1
DD-2	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi –2
DD-3	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi –3
DD-4	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi –4
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfları
ZA	: Sağlam, sert kaya zeminler
ZE	: Gevşek kum, çakıl veya yumuşak killi zeminler
5K	: 5 kat
10K	: 10 kat
15K	: 15 kat
3A	: 3 m açıklık
5A	: 5 m açıklık
7A	: 7 m açıklık
SINHASKLN	: Sınırlı hasar – kolon
BELHASKLN	: Belirgin hasar – kolon
İLRHASKLN	: İleri hasar – kolon
SINHASKRS	: Sınırlı hasar – kiriş
BELHASKRS	: Belirgin hasar – kiriş
İLRHASKRS	: İleri hasar – kiriş
Max	: En büyük değer
Min	: En küçük değer
kN	: Kilonewton
cm	: Santimetre
m	: Metre

1. GİRİŞ

Deprem, yerini ve zamanını net olarak tespit edemediğimiz ve çoğu zaman oldukça hazırlıksız yakalandığımız, ortaya koyduğu yıkıcı etkilerin yanı sıra sebep olduğu can kayıpları ile oldukça önemli bir doğal afet olmaktadır. Her ne kadar depremin önceden tespit edilememesi ve önlenememesinin can kaybına ve yıkıcı etkilere yol açtığı düşünülse de meydana gelen can ve mal kayıpları insanlar tarafından inşa edilmiş yapıların deprem etkisi altındaki davranışına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Depremin sebep olduğu can kayıplarının temel sebebinin yapıların tasarım ve inşaat aşamalarından kaynaklandığı bilinen bir gerçektir. Bu doğrultuda ortaya çıkan depreme dayanıklı yapı tasarımı, özellikle yönetmelik ve denetlemelerle desteklendiğinde depremin sebep olacağı can ve mal kayıplarının önüne geçmek için oldukça önemli olmaktadır.

Bu bağlamda 2018 yılında yayınlan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'nin yerini almıştır. Yapılacak olan ve halihazırda devam eden yapıların denetiminin artırılması için standartlar konulmuş ve yapı denetim uygulamaları arttırılmıştır. Bu da yine depreme dayanıklı yapı tasarımıyla ortaya çıkan projelerin kaliteli ve beklenen dayanıklılıkla inşa edilmesini sağlamaktadır.

Depremin yapı üzerinde bıraktığı etki birçok farklı parametreye göre değişiklik göstermektedir. Yapının inşa edildiği zemin sınıfından başlayarak yapıda değişiklik gösterecek mesafeler ve kullanılan malzeme miktarı ve kalitesi gibi parametreler deprem etkisini önemli ölçüde değiştirmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında da yapılarda değişiklik gösterebilecek parametrelerin deprem etkisi altında yapıda meydana getirebileceği etki ve değişiklikleri tespit etmek amacıyla kontrol modeli tasarlanmıştır. Tasarlanan kontrol modeli üzerinde kat yüksekliği, giriş açıklığı, kat yüksekliği ve zemin sınıfı gibi yapıya etki eden parametreler değiştirilerek asıl modeller tasarlanmış ve sismik analizleri tamamlanmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilerek sunulmuştur.

1.1. Deprem

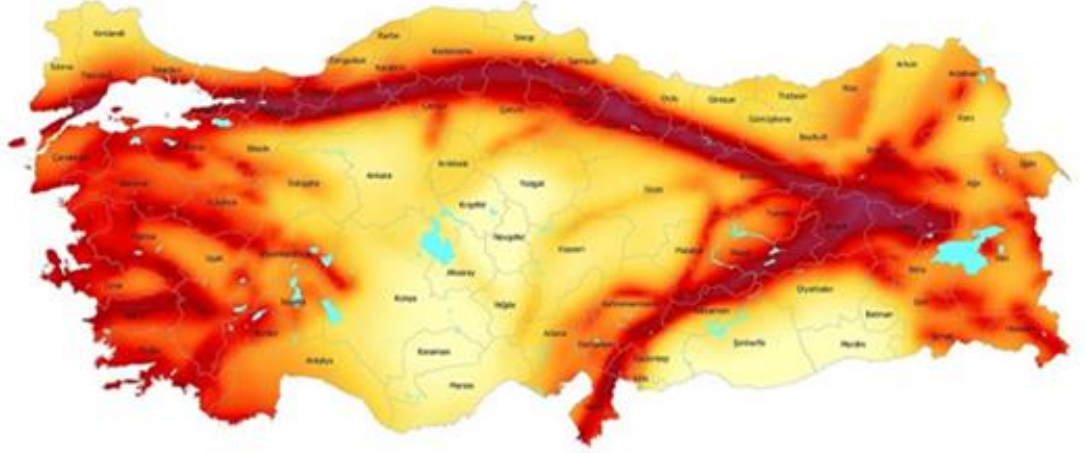
Deprem, yer kabuğunda ani olarak gerçekleşen kırılmaların oluşturduğu titreşimlerin yeryüzünü sarsmasıyla meydana gelen bir afettir [1]. Bu titreşim hareketi

insanlar tarafından inşa edilmiş tüm yapıların mesnetlerinde yer değiştirmeye yol açarak dinamik bir etki ortaya koymaktadır [1,2]. Günümüz teknolojilerinin hemen her alanda hızla gelişme göstermesi ve yapılan çalışmalar [3-5] depremin önceden tespit edilmesi konusunda umut beslemeye sebep olsa da depremin tüm bu teknolojilere rağmen önceden tespit edilmesi mümkün görünmemektedir. Önceden tespit edilerek can kaybının önüne geçilen deprem sayısı bir elin parmaklarını geçmemekle beraber, önceden yapılan birçok deprem tahminin gerçeğe yakın dahi olmadığı oldukça açıktır [1]. Çizelge 1.1’de dünyada meydana gelen büyük depremlerin tarih ve şiddetleri sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Dünyada meydana gelen depremler [6]

Ülke	Tarih	Deprem Şiddeti
Şili	22 Mayıs 1960	9.5
Alaska	28 Mart 1964	9.2
Endonezya	26 Aralık 2004	9.1
Japonya	11 Mart 2011	9.0
Rusya	4 Kasım 1952	9.0
Şili	27 Şubat 2010	8.8
Ekvador	31 Ocak 1906	8.8
Alaska	4 Şubat 1965	8.7
Tibet	15 Ağustos 1950	8.6
Endonezya	28 Mart 2005	8.6

TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI



Şekil 1.1. Türkiye deprem tehlike haritası [7]

Ülkemizin coğrafi konumu itibariyle aktif fay hatları üzerinde bulunması deprem konusunda oldukça dezavantajlı bir durum oluşturmaktadır. Şekil 1.1’de Türkiye deprem haritası gösterilmiştir. Yıllar içerisinde meydana gelmiş büyük ve yıkıcı depremlerde meydana gelen can ve mal kayıpları da bu durumu ispatlar niteliktedir. Aktif fay hatları üzerinde bulunan ülkemizde her gün deprem meydana gelmektedir. Her ne kadar insanların hissedemeyeceği kadar büyük depremler olmasa da hassas ölçüm aletlerinin kayıt altına aldığı onlarca deprem meydana gelmektedir. Çizelge 1.2’de ülkemizde meydana gelen büyük depremler sunulmuştur.

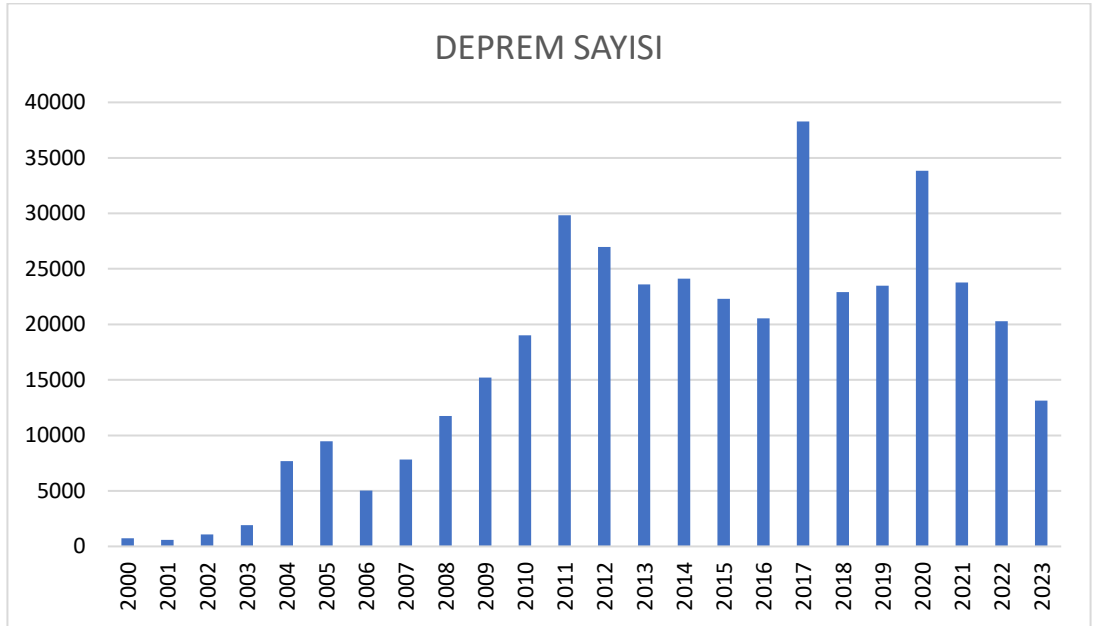
Çizelge 1.2. Ülkemizde meydana gelen depremler [8]

Şehir	Tarih	Büyükklük
Erzincan	27 Aralık 1939	7.9
Van (Çaldıran)	24 Kasım 1976	7.5
Kocaeli (Gölcük)	17 Ağustos 1999	7.4
Düzce	12 Kasım 1999	7.2
Van	23 Ekim 2011	7.2
Bingöl	1 Mayıs 2003	6.4
İzmir	30 Ekim 2020	6.6

Elazığ	24 Ocak 2020	6.8
Kahramanmaraş (Pazarcık)	6 Şubat 2023	7,7
Kahramanmaraş (Elbistan)	6 Şubat 2023	7,6

AFAD'ın sürdürdüğü istatistiksel çalışmalara göre son on yılda ülkemizde bir yıl içerisinde meydana gelen deprem sayısı 20.000'in altına düşmemiştir. Özellikle 2017 yılında yaklaşık 40.000 depremin gerçekleşmiş olması oldukça dikkat çekmektedir. 2020 yılında da benzer şekilde deprem sayısında artış görülmesinde, aynı yıl içerisinde Elazığ ve İzmir'de meydana gelen büyük depremlerin de etkili olduğu aşıkardır. Yakın zamanda tamamlanan 2022 yılında 20.277 deprem kayda geçmiştir.

Yine 6 Şubat 2023 tarihinde karşı karşıya kaldığımız iki büyük deprem felaketinin sebep olduğu can ve mal kayıpları henüz net olarak belirlenmese de depremin yıkıcı etkisi ile sebep olduğu büyük kayıplarla bir kez daha karşı karşıya kalmış olduğumuz açıktır. Meydana gelen bu iki büyük depremin ardından devam eden artçı depremlerin sayısı oldukça fazla olmakla birlikte sadece Şubat ayı içerisinde 10.016 deprem kayda alınmış ve artçı depremlerin halen devam ettiği bilinmektedir. AFAD'ın güncel deprem istatistiklerinden elde edilen verilerle düzenlenmiş grafik Şekil 1.2'de sunulmuştur [9].



Şekil 1.2. Yıllara göre meydana gelen deprem istatistikleri (AFAD)

Deprem her ne kadar saniyeler içerisinde gerçekleşerek ani ve kısa süreli bir afet olarak görünse de ortaya koyabileceği yıkıcı etkiler ile uzun yıllar boyunca etkisini yitirmeyecek sonuçlar doğurabilmektedir. Deprem can ve mal kayıplarına sebebiyet vermesi aslında depremden çok insanlar tarafından inşa edilen yapılardan kaynaklandığı bilinen bir gerçektir. Bu gerçeği değiştirmek kuşkusuz yine insanla mümkün olacaktır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı, özellikle son yıllarda oldukça konuşulan ve yapılaşmanın her geçen gün daha da hızlanarak arttığı bu dünyada önemli bir gereklilik olarak ön plana çıkmaktadır. Deprem etkisi ile insan faktörünün kesiştiği en önemli nokta olan depreme dayanıklı yapı tasarımı, çeşitli standart, yönetmelik ve yapı denetim uygulamalarıyla kontrollü olarak ilerlediğinde hem can kayıpları ve depremin yıkıcı etkileri minimize edilmiş olunacak hem de daha dayanıklı yapılar inşa etmek mümkün olacaktır.

Deprem, yapılara yatay ve düşey yönde etki eden bir kuvvet olması neticesi ile yapıların tasarımında ve aynı zamanda uygulama kısmında oluşma ihtimali olan kusurların oluşmaması için hassasiyet göstermenin önemini ortaya koymaktadır [1]. Bu sebeple deprem kuvvetleri depreme dayanıklı yapı tasarlama aşamasında en önemli parametrelerden biri olmaktadır.

Son yıllarda meydana gelen yıkıcı deprem sayısındaki artış, değişen yönetmelikler ve artan yapı denetim uygulamaları depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunu tüm zamanların en gözde konusu haline gelmiştir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı ile yapıların depreme karşı beklenen can güvenliği performansını karşılamasının yanı sıra yapıların ekonomiden taviz vermeyerek daha kaliteli ve uzun ömürlü inşa edilmesi sağlanmaktadır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel amacı yapının ömrü boyunca etkisinde kaldığı tüm kuvvetlere karşı yeteri kadar dayanım göstermesini sağlamaktır [1,4].

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana iki adımı vardır. Bunlardan ilki taşıyıcı sistemin doğru ve iyi düzenlenmesi ile yeteri miktarda kaliteli malzeme kullanılarak özenle inşa edilmesidir. İkincisi ise deprem etkisi altında taşıyıcı sistemde oluşması beklenen kesit etkilerinin yeterli yaklaşıkla hesaplanarak karşılanmasıdır [1]. Özetle depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde yapı elemanlarının herhangi bir şekilde hasar meydana gelmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapı elemanlarında oluşabilecek hasarların sınırlı yani onarılabilir seviyede kalması,

yıkıcı depremlerde ise can güvenliğinin sağlanmasıyla beraber kalıcı hasar durumunun önlenmesi ya da sınırlandırılması olarak tanımlanabilir [10-12].

Depreme dayanıklı yapı tasarımını halihazırda kullanılabilir kılmak için depremin ve depremin oluşturacağı etkilerin anlaşılması gerekmektedir. Depremin zemin aracılığı ile yapı temeline ve yapıya yatay olarak uygulanan etkileri öngörülerek, yapının deprem esnasında maruz kalacağı yükler ışığında yapı tasarımı gerçekleştirilmelidir [13]. Yapıların daha önceden hiçbir yatay kuvvet etkisinde kalmadığı göz önüne alındığında yatay yüklerin ani ve şiddetli olarak etki etmesi tedbir alınması veya yüklemeye etki edilmesinin önüne geçmektedir. Bu sebeple depreme dayanıklı yapı tasarımında bu yatay kuvvetlerin öngörülerek tasarıma yansıtılması gerekmektedir [10].

1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Deprem, büyüklüğü ortaya koyduğu enerji boşalması ile büyüklüğü belirlenen korkutucu bir doğal afettir. Büyük depremler ciddi hasarlar ortaya koyarken daha seyrek meydana gelen depremlerdir. Daha sık meydana gelen depremler ise küçük depremler olmakla beraber hasar meydana getirmezler [10].

Belirli bir bölgedeki deprem meydana gelme olasılığı olarak ifade edilen deprem yer hareketi düzeyi TBDY 2018’de 4 farklı şekilde tanımlanmıştır [1,2]. Bu yer hareketi düzeyleri tanımlanırken; referans zemin özellikleri için %5’lik sönüm oranı ile spektrum katsayıları belirlenir. Bu spektrum katsayıları konum, meydana gelen depremler, fay hatları, ve tektonik bölgelere göre gruplandırılarak oluşturulmuştur [1,14].

1.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 1 (DD–1)

DD–1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır [7].

1.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 2 (DD–2)

DD–2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır [7].

1.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 3 (DD–3)

DD–3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir [7].

1.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi – 4 (DD–4)

DD–4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır [7].

Deprem yer hareketi düzeyleri tanımlarından faydalanılarak oluşturulan Çizelge 1.3. aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 1.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	50 Yılda Aşılma Olasılığı (%)	Tekrarlama Periyodu (yıl)	Deprem Yer Hareketi Niteliği
DD–1	%2	2475	Çok Seyrek
DD–2	%10	475	Seyrek
DD–3	%50	72	Sık
DD–4	%68	43	Çok Sık

1.3. Kat Yüksekliği, Kat Adedi ve Kiriş Açıklığı

Yapılara etki eden düşey yüklerin yanı sıra deprem ve rüzgar gibi yatay yüklerin etkisinin de oldukça önemli olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Bu yatay yüklerin yapı üzerindeki etkileri yapı yüksekliği ile orantılı olarak artmakla beraber, yapı yüksekliğinin sadece kat sayısı ile değil kat yüksekliği ile de ilişkili olduğu açıktır [15]. Özellikle yapı yüksekliğinin artması ve deprem etkisiyle beraber betonarme yapılardaki kolon ve kirişlerde artan zorlanmalar eğilme momentine maruziyeti arttırmaktadır. Bu da ikinci mertebeden momentleri arttırarak yapı yüksekliği boyunca yer değiştirmelerin yüksek mertebelere ulaşmasına yol açmaktadır [15].

Kat adedi, deprem esnasında meydana gelen hasarlara sebep olabilecek bir yapısal faktördür. Yapılan önceki çalışmalar ışığında kat adedinin artmasıyla yapıda oluşan deprem hasarının doğrusal olduğu ortaya konmuştur. Kat adedinin artmasıyla beraber yapının yüksekliğinin artması, yapının kütlesi ve dolayısı ile yapıya etki eden deprem yükünün artması anlamına gelmektedir. Bu etki göz önüne alınmadan gereken önlemler alınmadıysa yapıda meydana gelebilecek hasarların da artması kaçınılmaz bir gerçektir [16].

Ülkemizin aktif fay hatları üzerinde yer alması sebebiyle şehirlerinin çoğunluğunda genellikle az katlı yapılar mevcuttur. Ayrıca yapı ile zemin arasındaki doğal titreşim periyodunun çakışması ile rezonans etkilerinin ortaya çıkacağı bilindiğinden bu da dikkat edilmesi gereken önemli bir husus olmaktadır [17].

Yapıya gelen yatay ve düşey yükler sistem elemanları tarafından ayrı ayrı taşınır. Yapıda kirişler yatay taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanırken yapıya gelen kesme kuvveti ve eğilme momentini karşılayan yapı elemanlarıdır. Kirişlerin boyutları bu taşıma kapasitesini arttırmaktadır. Bu sebeple kiriş açıklığının artması, kiriş yüksekliğinin de artırılmasıyla ekonomik olmasa da güvenli yapı tasarım imkanı sağlamaktadır [18].

1.4. Zemin Sınıfları

Taşıyıcı sistemin sistematik olarak aktardığı yükler kolonlar aracılığı ile temele aktarılırken, temel vasıtasıyla da zemine aktarılır. Zemin içerisinde birçok belirsizlik barındırdığı için temelin iyi tasarlanmış olması oldukça önemlidir. Burada oluşabilecek bir problem taşıyıcı sistemin önemli bir bölümünde veya tamamında hasara sebep olabilir [19,20]. Bu sebeple inşaat yapılacak olan zeminin etüdünün yapılarak özelliklerinin bilinmesi ve tasarımın etüt raporları sonucunda yapılması daha sağlıklı olacaktır. Yani bir yapının deprem etkisi altındaki dayanımı taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlı olduğu kadar üzerinde bulunduğu zeminin özelliklerine de bağlıdır [20,21].

Zemin ve yapı her ne kadar ayrı ayrı incelense de ortak bir sistemin iki önemli parçasıdır. Yapının varlığı ile zemin üzerinde etki oluşturmasıyla beraber, zeminin de sahip olduğu özellikler ile yapıya etkisi söz konusu olmaktadır. Bu yapı–zemin etkileşimi göz önüne alınarak gerçek davranışın öngörülmesi için ikisi beraber çözümlenmelidir [20,21]. Yapının deprem etkisi altındaki davranışı taşıyıcı sistem, deprem kaynağı, zemin özellikleri ve temel özellikleri ile doğrudan bağlantılıdır [21].

Temel ile birleşerek yapının tüm yüklerinin aktarıldığı zemin, deprem etkisi altında deprem dalgalarının temele, dolayısıyla yapıya iletildiği önemli bir elemandır [21]. Zemin deprem etkisinin genlik ve periyot değerlerini değiştirerek temele aktarır. Bu durum zeminin özelliklerine göre avantaj ya da dezavantaj oluşturabilir. Ayrıca yine zemin özelliklerine bağlı olarak deprem esnasında yapının taşıyıcı sistem mesnetlerinde farklı oturmalar gözlenebilir [1]. Bu yüzden inşaat yapılacak alanlarda zeminin de iyi ölçüde tanınması ve etüdünün yapılmış olması gerekir. TBDY 2018’de zemin araştırmalarının kapsamı ve detayları belirtilmiş olmakla beraber kısa periyot ve 1.0 periyot için TBDY 2018’den alınan yerel zemin etki katsayıları Çizelge 1.4’te sunulmuştur. Ayrıca yine TBDY 2018’den alınan zemin parametrelerine göre yerel zemin sınıflarının belirlenmesi için hazırlanan tablo Çizelge 1.5’te sunulmuştur.

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

a)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

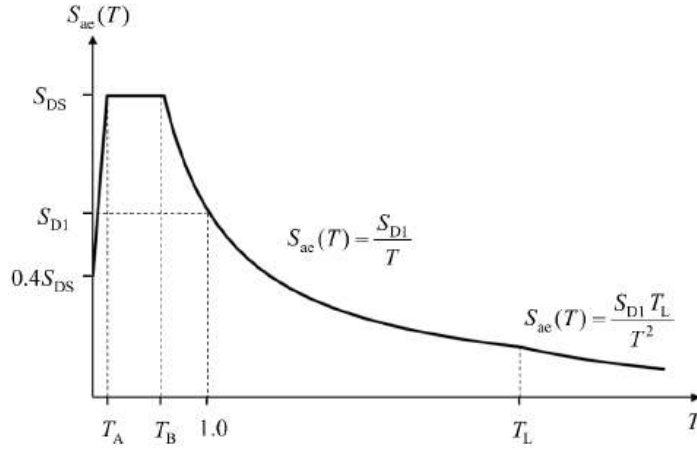
b)

Çizelge 1.4. a) Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları b) 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları [7]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Çizelge 1.5. TBDY 2018’e göre yerel zemin sınıfları [7]

Her bir bölge için ayrı ayrı elde edilen tasarım spektrum eğrileri Şekil 1.3’de gösterilen grafikten faydalanılarak belirlenmektedir [22].



$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

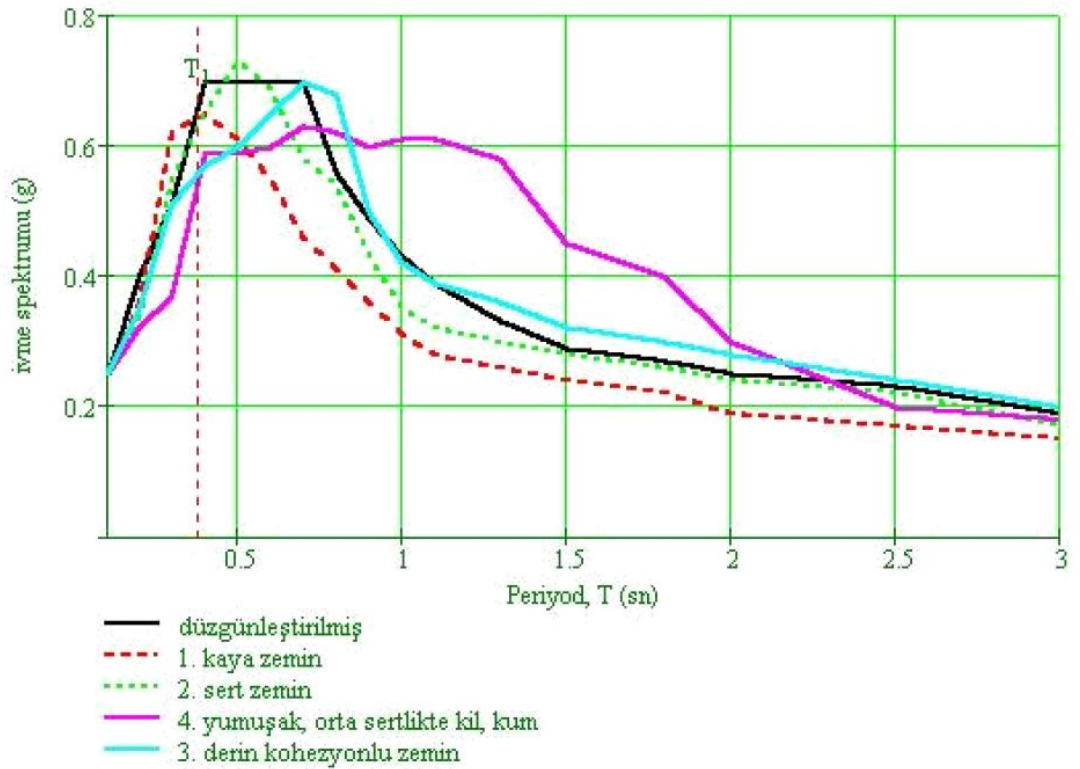
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Şekil 1.3. TBDY 2018’e göre yatay tasarım spektrum eğrisi [7]

Yapıya etki edecek deprem kuvvetleri zemin sınıfı, bölgede meydana gelebilecek deprem ivmesi ve yapı türüne bağlı olarak farklılık göstermektedir [23]. Deprem ve zemin ilişkisi göz önüne alındığında zemin durumuna göre deprem ivmelerinin yapıya iletimi de farklılık göstermektedir. Elastisite modülü düşük olan zeminlerde inşa edilen yapılarda deprem etkilerinin daha fazla görüldüğü saptanmıştır. Aynı deprem etkisi altında farklı zemin şartları incelendiğinde; deprem hareketinin sağlam zeminlere kıyasla zayıf zeminlerde daha yavaş ilerlediği gözlemlenmiştir. Yine aynı şekilde ivme kayıtları incelendiğinde; deprem dalgasının sağlam zeminde daha büyük ve artan bir hızla ilerlediği görülmektedir. Buradan yola çıkarak; sağlam zeminde bulunan yapıların depremde çok daha güvenli olduğu algısı yaratsa da, aslında depremin maksimum ivmesinin fazla, dolayısıyla şiddetinin fazla olduğu ortaya konmuştur [21]. Şekil 1.4'te farklı zemin tiplerine ait ivme spektrumları gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Farklı zemin tiplerine ait ivme spektrumları [21]

1.5. Bina Performans Düzeyleri

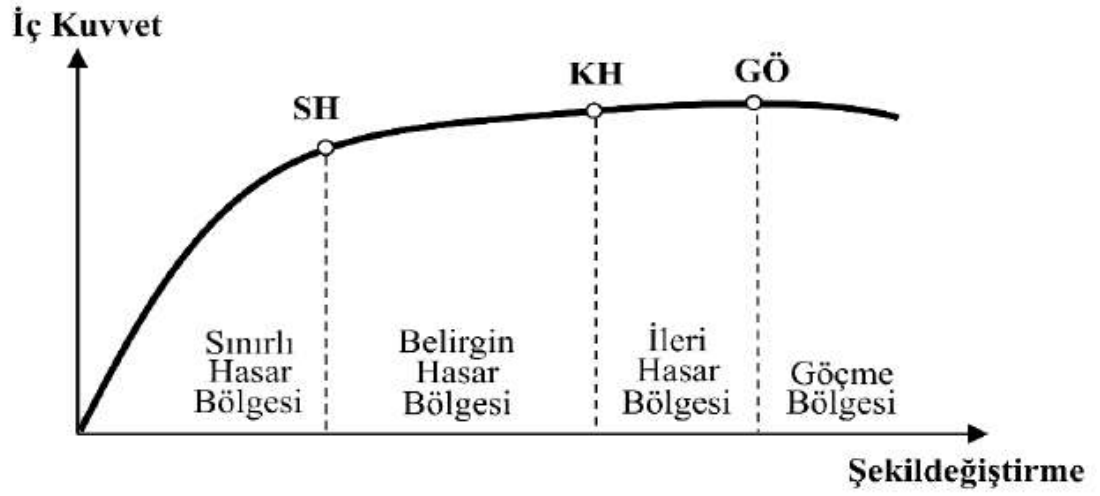
Betonarme yapıların tasarımında ve inşa edilmesinde inşaat mühendislerine düşen en önemli görev can güvenliğini sağlamaktır. Bu konuda inşaat mühendisine düşen en önemli sorumluluk yapının taşıyıcı sisteminin en iyi şekilde düzenlenmesi, yapı elemanlarının güvenlik şartlarını sağlayacak şekilde boyutlandırılması, kullanılacak

malzemelerin kaliteli ve amacına uygun olacak şekilde seçilmesi, ortaya çıkabilecek tüm ihtimallerin önceden tahmin edilerek çözüm önerilerinin üretilmesi ve tüm bunların planlı bir şekilde uygulanmasını sağlamaktır. Tüm bunlar sağlandığında ve yapının taşıyıcı sisteminin özellikleri göz önüne alınarak yapının yük altındaki davranışı, sistemin sürekliliği, bütünlüğü ve sünekliğini sağlamak için önceden alınmış tedbirler, önceden olması planlanmayan aşırı yüklemeler etkisinde yapının daha sınırlı hasarlarla ömrünü sürdürmesine olanak sağlayacaktır [11,19,24].

Performans kavramı son yıllarda depreme dayanıklı yapı tasarımı ile popülerleşen bir terimdir. Performansa dayalı tasarımda amaç yapıların depreme karşı göstereceği sismik performanslarının belirlenebildiği güvenli inşa süreçlerini sağlamaktır [10,25,26]. Deprem öncesinde yapıda meydana gelebilecek olumsuz tüm parametrelerin bilinmesi ve bu parametrelerin ortaya koyacağı durumlar için özel önlemlerin tercih edilmesi depreme karşı savunma mekanizmasında olumlu etkiler oluşturacaktır [27-30].

Deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin belirlenmesi için kullanılan bu tasarım yöntemi, deprem esnasında yapıda oluşabilecek hasar durumu ile de yakından ilgilidir. Deprem etkisindeki yapıda birden fazla hasar seviyesinin oluşması beklenmekle beraber deprem etkisi altında kabul edilebilir maksimum hasar durumlarının belirlenmesi şeklinde tahmin edilen performans düzeyinin seçilmesi ile saptanmaktadır [10]. Özetle bina performans değerlendirmesi, deprem esnasında yapısal ve yapısal olmayan elemanların kapasitelerinin üzerinde deformasyon göstermesi durumunda meydana gelen hasar durumlarının sınıflandırılmasıdır [26,28,31].

Celep [19], TBDY 2018’de geçen depreme dayanıklı yapı tasarımında meydana gelen hasarlara ilişkin; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın sınırlı düzeyde kalması, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın kontrollü düzeyde olması ve taşıyıcı sistemin hasar gören kısmının ekonomik olarak güçlendirilebilir olması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması ile kalıcı yapısal hasarların sınırlandırılarak toptan göçmenin önlenmesinin öngörüldüğünü ifade etmiştir. Bu öngörünün sayılara dökülmesi ile performans düzeyleri ortaya konmuştur. Bu doğrultuda, belirli bir deprem etkisi altındaki yapıdan beklenen hasar sınır durumları performans düzeyi olarak tanımlanmıştır [14,30,32]. TBDY 2018’de 4 farklı Bina Performans Düzeyi tanımlanmıştır. Performans düzeylerine göre belirlenmiş kesit hasar bölgelerini gösteren grafik Şekil 1.5’de sunulmuştur.



Şekil 1.5. TBDY 2018'e göre kesit hasar bölgeleri [7]

1.5.1. Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir [7]. Kesintisiz kullanım durumunda yapıda küçük şekil değiştirmelere izin verilebilir ancak taşıyıcı sistem elemanlarından kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması beklenirken, kirişlerde meydana gelebilecek hasarın belli bir üst hasar seviyesine geçmesi istenmemektedir [10,24].

1.5.2. Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, yani doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir [7]. Yapının bulunduğu bölgede meydana gelen sık ve küçük depremlerin yapı üzerinde herhangi bir olumsuz etki yapmaması, taşıyıcı sistemde onarım gerektirecek hasar bırakmaması beklenir. Bu da deprem esnasında meydana gelecek şekil ve yer değiştirmelerin sınırlı düzeyde tutulması ve yapı elemanlarında deprem etkisi altında oluşacak gerilmelerin elastik bölgede kalması ile sağlanabilmektedir [19,24].

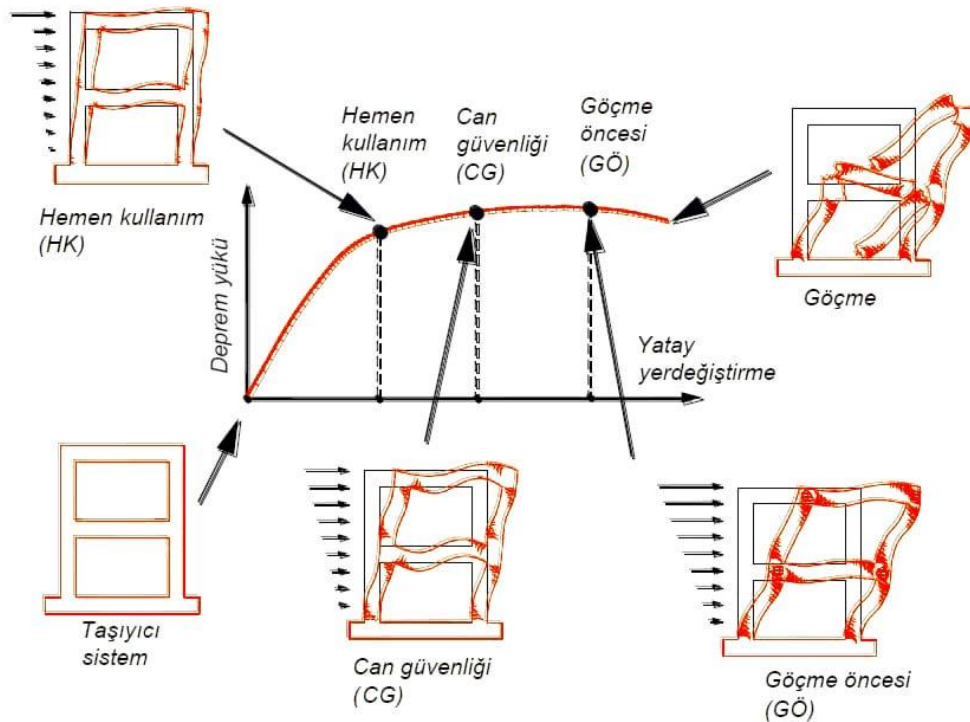
1.5.3. Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir [7]. Kontrollü hasar performans düzeyinde can güvenliği sağlanmış

olmakla beraber, onarım gerektiren geniş çatlakların oluşma ihtimali söz konusudur. Meydana gelen hasarlar ekonomik olarak onarılıp güçlendirilecek durum ile onarım ve güçlendirmesi ekonomik olmayan durum arasındadır. TBDY 2018’de konut türündeki yapılar için tasarım depreminde bu performans düzeyinin sağlanması hedeflenmektedir [19,24].

1.5.4. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir [7]. Tasarım depreminde kontrollü hasar performans düzeyi baz alınarak tasarlanan yapının, bulunduğu bölgede meydana gelme ihtimali en düşük olan en büyük deprem etkisinde göçmenin önlenmesi performans düzeyi olarak belirlenmiştir. Böyle bir durumda yapı içerisindeki can güvenliği sağlanarak tamamen göçme durumunun önlenmesi bu sınır durumunu betimlemektedir [19,24]. Bina performans düzeylerine göre tasarlanan yapının deprem etkisi altındaki davranışı Şekil 1.6’da şematize edilmiştir.



Şekil 1.6. Bina performans düzeylerine göre tasarlanan yapının deprem etkisi altındaki davranışı [33]

TBDY 2018’de deprem tasarım sınıflarının belirlenmesinde esas olarak kullanılan Bina Kullanım Sınıfları (BKS), binaların kullanım amacına göre belirlenmiştir. İlgili tablo Çizelge 1.6’da sunulmuştur.

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

Çizelge 1.6. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları [7]

TBDY 2018’de Bina Kullanım Sınıfı’na (BKS) bağlı olarak DD–2 deprem seviyesi için Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) tanımlanmıştır. Deprem Tasarım Sınıfları tablosu Çizelge 1.7’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre BKS=3 olması durumunda; konut, işyeri, otel ve bina türü endüstri yapılarını tanımlanmaktadır [7]. DTS aynı zamanda bina yükseklik sınıfına bağlı olarak bir değişim göstermekte olup Çizelge 1.8’de gösterilmiştir.

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Çizelge 1.7. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları [7]

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

Çizelge 1.8. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) [7]

TBDY 2018’de bina yükseklik sınıfının 2 ve üzeri değer aldığı binalar normal bina olarak tanımlanmıştır. Deprem tasarım sınıfına bağlı olarak yapılarda hedeflenecek tasarım seviyeleri Çizelge 1.9’da sunulmuştur.

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Çizelge 1.9. BYS≥2 olan normal binalar için performans tasarım hedefleri [7]

1.6. Taşıyıcı Sistem Özellikleri ve Deprem Davranışına Etkileri

1.6.1. Geometri

Depreme dayanıklı yapı tasarımında başlıca dikkat edilmesi gereken unsur yapının simetrik ve basit olmasıdır. Basit, simetrik ve düzenli yapıların inşası daha kolay olmakla beraber hata payı da daha düşüktür. Ayrıca bu yapıların deprem esnasındaki davranışının tahmin edilebilirliğinin yüksek olması ve uygun çözümlerlerin yapılması daha kolay olmaktadır. Karmaşık ve düzensiz yapıların modellenmesi ve oluşabilecek burulma etkilerini çözümlmek daha fazla efor ve maliyet gerektirir [4,5].

1.6.2. Süreklilik

Yapının davranışını etkileyen önemli faktörlerden biri de taşıyıcı sistem elemanlarının düzgün ve sürekli olarak tasarlanmasıdır. Kolon ve kirişlerin planda düzgün ve sürekli dağıtılması düşey doğrultudaki yük aktarımı sorununun ve sistemdeki aşırı zorlanmaların önüne geçecektir. Süreklilik ile taşıyıcı sistemdeki tüm elemanların koordine bir şekilde çalışması sağlanırken, taşıma kapasitesi de arttırılmış olur. Deprem esnasında plastik mafsalları sayısının artmasıyla taşıyıcı sistemin enerjiyi sönmleyen kısımlarında da artış gözlenecektir [5,12].

Yönetmelikler ile de sınırlandırılan süreklilik konusu özellikle düşey taşıyıcı sistem elemanlarının temelden çatıya doğru gidildikçe boyut ve konumlarında herhangi bir değişikliğinin olmaması durumudur. Düzenli ve sürekli yapıların pratikte uygulama kolaylığı ve ekonomik oluşu da bu gerekliliği uygulanabilir kılmaktadır [13].

1.6.3. Süneklik

Süneklik, yapı elemanlarının dayanımında önemli bir azalma meydana gelmeden deformasyon gösterebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır [1,5]. Yani bir yapının

sünek olması, deprem esnasında ortaya çıkan enerjinin oldukça büyük bir kısmının elastik sınırın ötesinde ve dayanımından büyük kayıplara yol açmadan sönümleyebilme yeteneğidir [5,12,35,36].

Yapıların sünek olarak tasarlanması deprem esnasında meydana gelen yüklerin plastik mafsallarla karşılanarak yükün sönümlenmesini ve oluşan deformasyon isteğinin önlenmesini sağlar. Oluşan plastik mafsallar geniş şekil değiştirmelere müsaade ederek deprem enerjisinin büyük çoğunluğunu sönümleyip, hasar alarak ancak yıkılmadan depremden çıkma olasılığını artırır [13,28,36].

1.6.4. Rijitlik

Deprem etkisi altındaki yapılarda süneklik ile beraber yeterli rijitliğin sağlanması da tasarımda dikkat edilmesi gereken başlıca ilkelerdendir. Yapı ne kadar rijit ise meydana gelecek deplasman da o nispette az olacaktır. Yapıda oluşacak ikinci mertebe momentlerini en aza indirmek, sık meydana gelen depremlerde oluşabilecek hasarları minimuma indirmek için rijitliğin sağlanması oldukça önemli olmaktadır [5,12,37].

Yapıda taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı elemanlara kıyasla daha az elastik özelliktedir ve bu yüzden gevrek bir davranış sergiler. Rijitliğin artması, katların birbirine göre ötelenmesini sınırlandırır. Bu da özellikle taşıyıcı olmayan elemanların hasar durumlarını kontrol altına almayı sağlar [10,12]. Betonarme bir yapıda rijitlik için düşey taşıyıcı elemanların konum ve boyutları önem arz etmektedir. Ayrıca yine kullanılan malzemelerin özellikleri (elastisite modülü), elemanların enkesit boyutları ve uç noktalardaki mesnetlenme biçimleri de rijitlik hesabında etkili olan faktörlerdir [34,37].

1.7. Deprem Performansı Hesaplama Yöntemleri

Deprem performansı, deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasar durumu ile alakalıdır. Yeni tasarlanan ya da mevcut yapılar için aynı performans tanımları kullanılır [4,12,38]. Yapılar için deprem performansı hesaplama yöntemleri doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler olarak ikiye ayrılmış ve aşağıda başlıklandırılmıştır.

Deprem performansı hesaplama yöntemleri:

- 1) Doğrusal (Lineer) Elastik Yöntemler
 - a) Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
 - b) Mod Birleştirme Yöntemi
 - c) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi
- 2) Doğrusal Olmayan (Nonlinear) Yöntemler

- a) Artımsal Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik İtme – Pushover Analizi)
- b) Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
- c) Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

1.7.1. Doğrusal Olmayan (Nonlinear) Yöntemler

Doğrusal olmayan analizin amacı; elastik tasarımda değişiklik gösteren rijitlik ve plastik dönme tespitiyle beraber gerçekleşmesi mümkün olan bir deprem esnasında kesitlerde değişen kapasitelerin tespitinin sağlanmasıdır [24,39,40]. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin doğrusal analiz yöntemlerine göre daha az hatalı olduğu düşünülmekle beraber az katlı binalar, burkulma destekli çerçeveler, özel kafes kirişli moment dayanımlı çerçevelerin çökmesi ve mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi gibi yoğun doğrusal olmayan sistemlerin çözömlenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerdir [26,42-45].

1.7.1.1. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi, tasarımı yapılacak yapı için seçilen deprem yer hareketinin uyumlu hale getirilmesi için ölçeklendirilmesiyle oluşturulan deprem etkisinin, yapının taşıyıcı sisteminin hareket denklemlerine adım adım integrasyonu ile gerçekleştirilir [31,32,48]. Yani taşıyıcı sistemin hareket denklemlerinin zaman artımı ile adım adım doğrudan integrasyonu zaman tanım alanında çözümleme yöntemidir [1,26,35,49]. Çözüm esnasında doğrusal olmayan davranış gözlemlendiği için sistemin rijitliğindeki değişim göz önüne alınmaktadır. Analiz esnasındaki her bir artımda sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem etkisine karşı meydana gelen maksimum değerleri hesaplanmaktadır [1,13,14]. Zaman tanım alanında analizde kullanılacak ivme kayıtları; kaydedilmiş gerçek deprem ivme kayıtları kullanılarak veya kaynak ve dalga yayılım özellikleri benzeştirilmiş yer hareketleri tasarım ivme spektrumu ile uyumlu olacak şekilde yapay olarak üretilip kullanılabilir [43,50-52].

1.8. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Karahan [53] yürüttüğü tez çalışmasında, 4, 6 ve 8 katlı 5x5 m açıklıklı modeller tasarlayarak birinci kat yüksekliğini 3 m, 4 m ve 5 m olacak şekilde değişken seçmiş, duvarlı ve duvarsız modeller tasarlamıştır. Kat sayısına göre farklı kolon ve kiriş boyutları kullanmış ve kolonlara ait donatı oranı %1,2 ve %1,3 arasında tercih edilmiştir. Artımsal

eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak binaların deprem güvenliği belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında birinci kat yüksekliğinin artması, kat rijitliğini azaltarak kat ötelenmesinin artmasına sebep olmaktadır. Bu durum duvarsız binalarda daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır.

Işık vd. [54] çalışmalarında 4 farklı kat adedi (5, 6, 7, ve 8 kat) kullanarak, kiriş açıklığını 4 m, 5 m ve 6 m olacak şekilde değişken tercih etmişlerdir. Statik itme analizine tabi tutulan modellerden elde edilen veriler ışığında; kiriş açıklığının yani dolayısıyla kat alanının artmasıyla yapının rijitliğinde azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Aynı doğrultuda kat adedinin artması da yine yapının rijitliğinin azalmasına yol açarak periyot değerini arttırmaktadır.

Özdemir vd. [16], yaptıkları çalışmada 9 farklı kat adedi (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11 kat) kullanmış ve 3'lü gruplar oluşturarak kolon ve kirişleri her gruptaki kat adedine uygun şekilde boyutlandırılmıştır. Kat yüksekliği 3 m olacak şekilde sabit tutulmuş ve tüm modellere statik itme analizi yapılmıştır. Kolon boyutlarının değiştiği katlarda X yönünde taban kesme kuvveti ve yer değiştirme miktarının arttığı gözlenmiştir. Y doğrultusunda ise taban kesme kuvveti azalırken tepe yer değiştirme değerinde artış olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, kat adedinin artması gereken durumlarda yapının rijitliğinin artmasına yönelik önlemler alınması gerektiği önerisinde bulunmuştur.

Öztürk [34], yaptığı tez çalışmasında 5 ve 7 katlı binalar modelleyerek kat yüksekliğini değişken parametre olarak almış ve 2.5 m, 2.75 m, 3.0 m, 3.25 m, ve 3.5 m olarak tercih etmiştir. Modellerine statik itme analizi uygulayarak elde ettiği sonuçları değerlendirmiştir. Elde ettiği veriler ışığında 5 ve 7 katlı modellerde kat yüksekliğinin artmasıyla yapıya gelen taban kesme kuvvetinin düşüş gösterdiğini ancak bu düşüşe ters orantılı olarak yapının deplasmanında artış olduğu gözlenmiştir.

Işık ve Karaşin [55], yaptıkları çalışmada 5, 6 ve 7 katlı yapı modeli tercih etmiş ve kiriş açıklığını 4 m, 4.5 m, 5 m, 5.5 m ve 6 m olacak şekilde çelik çerçeve modellemesi gerçekleştirmişlerdir. Oluşturulan modeller özdeğer ve itme analizlerine tabi tutularak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Eldeki veriler ışığında yapının kiriş açıklığı yani dolayısıyla oturma alanı ve kat sayısı artarken periyot, oturma ve hedef deplasman değerlerinde artış meydana geldiği gözlenmiştir. Buna karşılık rijitlik ve taban kesme kuvvetlerinde azalma söz konusu olmuştur.

Işık ve Özdemir [27], yaptıkları çalışmada 6 katlı bir betonarme binanın sadece 5. katının yükseklik değerini değiştirerek elde ettikleri farklı modelleri statik itme analizine tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri veriler ışığında bir yapı içerisinde farklı kat yükseklikleri bulunmasının yapı performansını olumsuz yönde etkileyebileceği, bu sebeple kat yüksekliklerinin aynı olması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Mazen Al-Alie [56], betonarme binalarda kat yüksekliği ile donatı miktarının ilişkilendirilebileceği üzerine yaptığı çalışmada 6 katlı betonarme konut incelemiştir. Çalışmada kolon boyutlarını ve donatı tipini sabit tutarak, donatı oranını da gereken donatı oranından yüksek olacak şekilde sabit olarak tasarlamıştır. Elde edilen veriler ışığında kat yüksekliği artışıyla donatı oranında meydana gelen artışın doğrusala çok yakın bir oranla ilişkili olduğunu tespit etmiştir.

Ateş ve Yeşil [57], çalışmalarında Düzce ilindeki farklı zemin sınıflarında yapı hasarı ve deprem performansı ilişkisini ele almışlardır. 4 farklı zemin tipinde tamamlanan analizler sonucunda zeminin rijitliği azaldıkça yapının deplasmanında artış gözlenmiştir. Deprem performansı karşılaştırmasında ise yine aynı şekilde rijitlik azaldıkça deprem performansında kötüleşme söz konusu olmuştur. Z1 zemin sınıfında hemen kullanım performans seviyesi sağlanırken, Z4 zemin sınıfında can güvenliği performans seviyesi sağlandığı görülmüştür.

Işık vd. [58], çalışmalarında zemin kat yüksekliğini 4 m, 5 m ve 6 m olacak şekilde olacak şekilde değiştirerek deprem performans değerlendirmesi yapmışlardır. Zemin kat yüksekliğinde meydana gelen artış tepe noktasının yer değiştirme değerinin de artmasına sebep olurken taban kesme kuvvetinde azalmaya yol açmıştır. Zemin kat yüksekliğinin farklı seçilmesiyle oluşan yumuşak kat negatifliği kat yüksekliklerinin aynı olacak şekilde tercih edilmesiyle önlenmektedir.

Sayın vd. [59], çalışmalarında zemin sınıfı ve perde konumunun yapıda meydana gelecek hasar durumunda oluşturduğu etkiyi incelemek için üç farklı perde konumuna sahip 7 katlı betonarme yapıyı 4 farklı zemin sınıfında tasarlamışlardır. Analizler sonucunda elde edilen veriler ışığında zemin sınıfına bağlı olarak perde konumunun dış akslardan iç akslara doğru kaydırılmasıyla yapı elemanlarının iç kuvvetlerinin ve hasar durumlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Şahin vd. [60], perdeli çerçeveli yapılarda zemin sınıfı ve kat adedine göre gereken perde oranının tespiti üzerine yaptıkları çalışmada Z1, Z2 ve Z3 zemin

sınıflarında 7 ve 9 katlı perdeli çerçeveli modeller tasarlamışlardır. 12 farklı modelden elde edilen analiz sonuçlarına göre kat sayısının maksimum deplasman üzerinde etkili olduğu, ötelenmelerin zemin sınıfı ve deprem bölgesine göre değiştiği tespit edilmiştir.

Bilgin vd. [61], yaptıkları çalışmada orta katlı yapıların deprem performansını incelemek için 4 ve 7 katlı modeller tasarlamış ve tüm modelleri statik itme analizine tabi tutmuşlardır. Elde edilen veriler ışığında mevcut yapı stoğu 3 ile 8 kat arasında değişen ülkemizde öngörülen performans seviyesine ulaşamamıştır. Düşük dayanım ve rijitlikten kaynaklandığı tahmin edilen bu durumun oluşturduğu negatif etkinin, yapıda meydana gelebilecek süneklik kusurlarının etkisini azaltan perde duvarların her iki yönde yeterli oranda kullanılmasıyla pozitif dönüşürülebileceği önerisinde bulunulmuştur.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamında öncelikle kontrol modelleri en temel şekilde SeismoStruct [62] adlı paket programda tasarlanmıştır. Daha sonra bu kontrol modelleri ışığında, kat sayısı, kat yüksekliği, kiriş açıklığı ve zemin sınıfı parametreleri hususunda planlanan değişiklikler model numarasına uygun olarak tasarlanmış ve tüm modeller tamamlanmıştır. Hazırlanan tüm modeller 15 saniye boyunca TBDY 2018'e uygun olarak Kocaeli deprem ivmesine maruz bırakılmış ve sismik analizleri tamamlanmıştır.

Çalışmada A ve E sınıfı olmak üzere iki farklı zemin sınıfı tercih edilmiştir. Beton sınıfı (C30/37) ve çelik sınıfı (S420) sabit tutularak 5, 10 ve 15 katlı yapı tasarımı yapılmıştır. Çalışmanın temelini oluşturan kat yüksekliği 3 m, 3.5 m ve 4 m olarak seçilmiş ve TBDY 2018'e göre uygun aralıkta seçilmiştir. Yine çalışmanın temelini oluşturan kiriş açıklığı 3 m, 5 m ve 7 m olarak TBDY 2018'e göre uygun aralıkta seçilmiştir. Tüm bu değişken parametreler doğrultusunda 54 tane model oluşturulmuş ve DD-1 deprem yer hareketi düzeyi deprem ivmesine maruz bırakılmıştır. Çizelge 2.1'de tasarlanan modellerin özellikleri isimleriyle birlikte açıklanmıştır.

Çizelge 2.1. Tasarlanan modeller ve özellikleri

NO	MODEL	ÖZELLİKLER
1	ZA - 5K - 3M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
2	ZA - 5K - 3M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
3	ZA - 5K - 3M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
4	ZA - 5K - 3.5M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
5	ZA - 5K - 3.5M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
6	ZA - 5K - 3.5M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
7	ZA - 5K - 4M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
8	ZA - 5K - 4M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
9	ZA - 5K - 4M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI

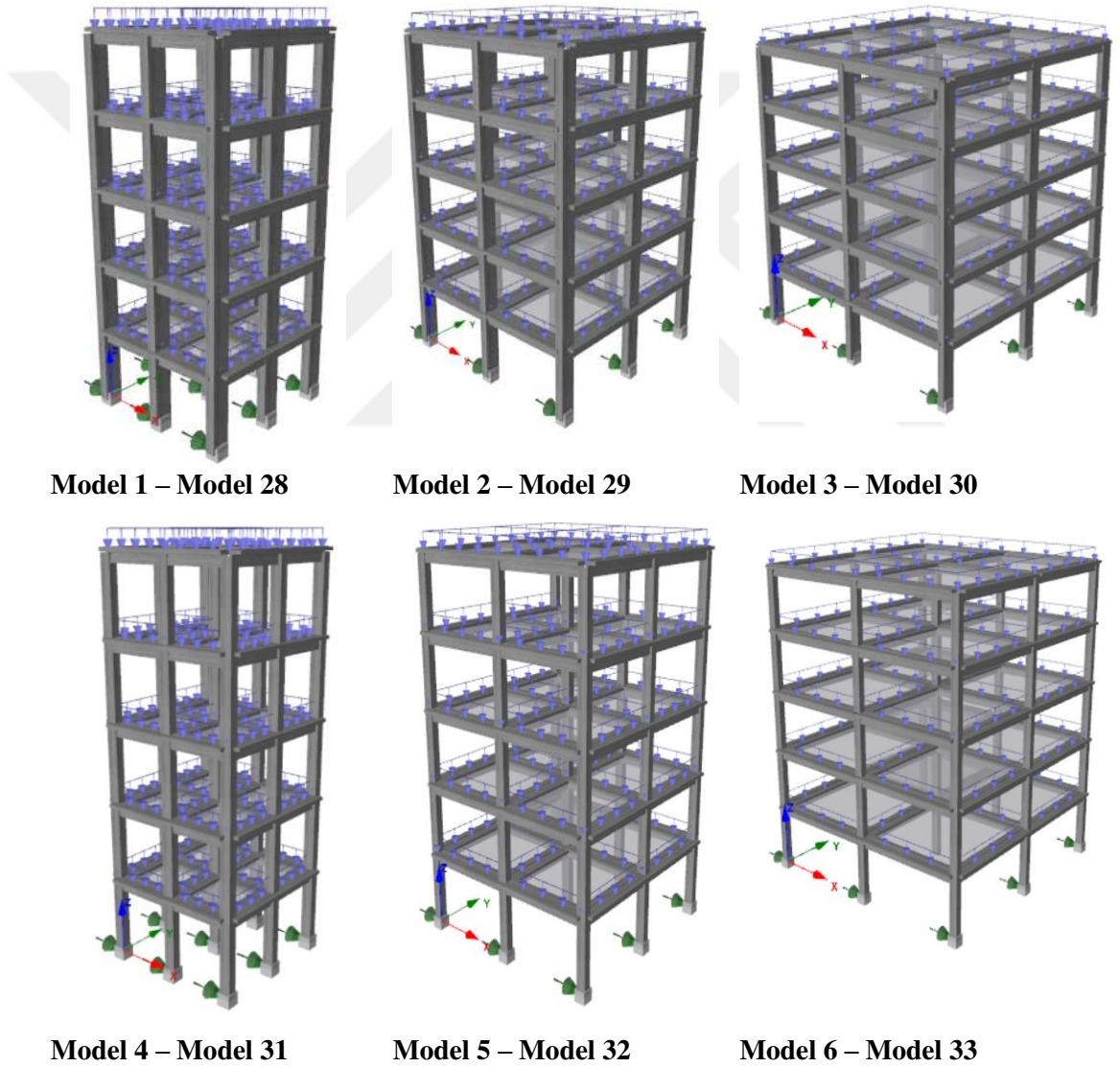
10	ZA - 10K - 3M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
11	ZA - 10K - 3M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
12	ZA - 10K - 3M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
13	ZA - 10K - 3.5M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
14	ZA - 10K - 3.5M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
15	ZA - 10K - 3.5M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
16	ZA - 10K - 4M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
17	ZA - 10K - 4M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
18	ZA - 10K - 4M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
19	ZA - 15K - 3M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
20	ZA - 15K - 3M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
21	ZA - 15K - 3M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
22	ZA - 15K - 3.5M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
23	ZA - 15K - 3.5M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
24	ZA - 15K - 3.5M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
25	ZA - 15K - 4M - 3A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
26	ZA - 15K - 4M - 5A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
27	ZA - 15K - 4M - 7A	A SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
28	ZE - 5K - 3M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
29	ZE - 5K - 3M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
30	ZE - 5K - 3M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI

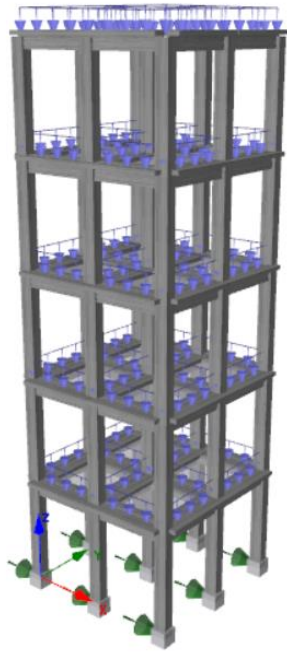
31	ZE - 5K - 3.5M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
32	ZE - 5K - 3.5M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
33	ZE - 5K - 3.5M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
34	ZE - 5K - 4M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
35	ZE - 5K - 4M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
36	ZE - 5K - 4M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 5 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
37	ZE - 10K - 3M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
38	ZE - 10K - 3M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
39	ZE - 10K - 3M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
40	ZE - 10K - 3.5M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
41	ZE - 10K - 3.5M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
42	ZE - 10K - 3.5M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
43	ZE - 10K - 4M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
44	ZE - 10K - 4M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
45	ZE - 10K - 4M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 10 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
46	ZE - 15K - 3M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
47	ZE - 15K - 3M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
48	ZE - 15K - 3M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
49	ZE - 15K - 3.5M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
50	ZE - 15K - 3.5M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
51	ZE - 15K - 3.5M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 3.5 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI

52	ZE - 15K - 4M - 3A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 3 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
53	ZE - 15K - 4M - 5A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 5 M KİRİŞ AÇIKLIĞI
54	ZE - 15K - 4M - 7A	E SINIFI ZEMİN - 15 KAT - 4 M KAT YÜKSEKLİĞİ - 7 M KİRİŞ AÇIKLIĞI

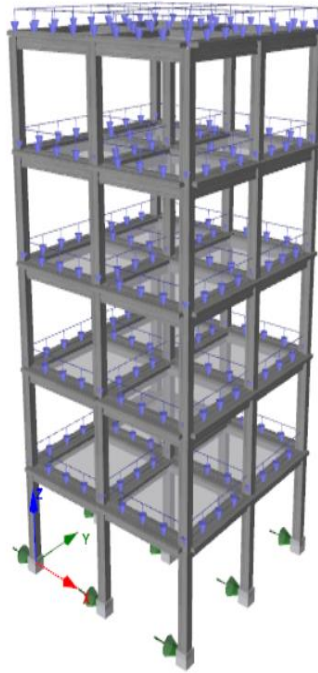
Tasarlanan 5, 10 ve 15 katlı tüm modellerin üç boyutlu görünüşleri Şekil 2.1’de sunulmuştur.

Şekil 2.1. 5, 10 ve 15 katlı tüm modellerin üç boyutlu görünüşleri

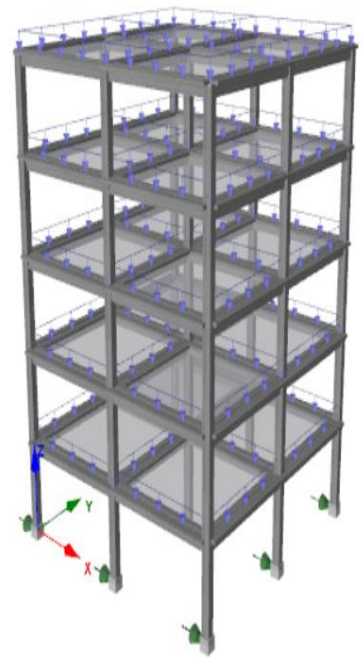




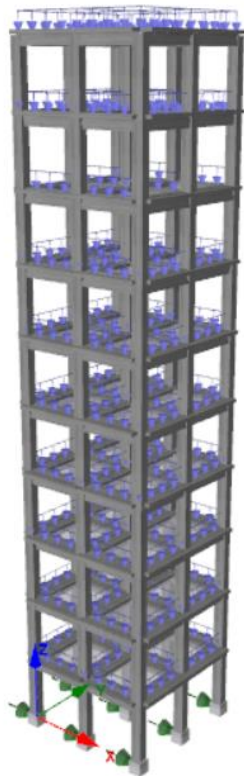
Model 7 – Model 34



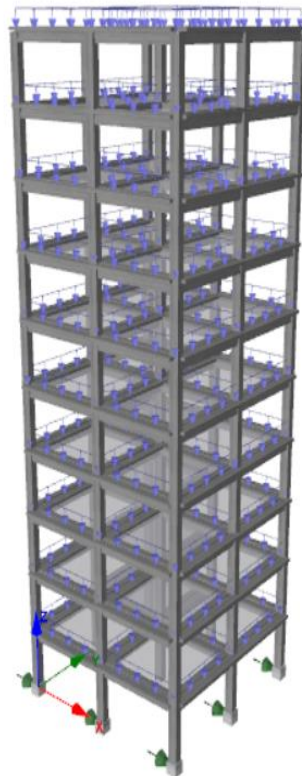
Model 8 – Model 35



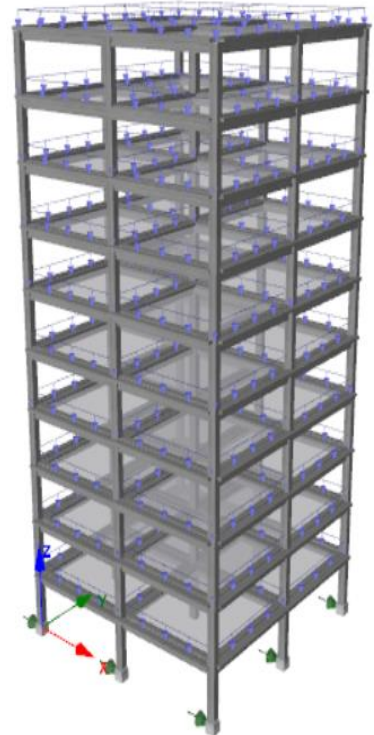
Model 9 – Model 36



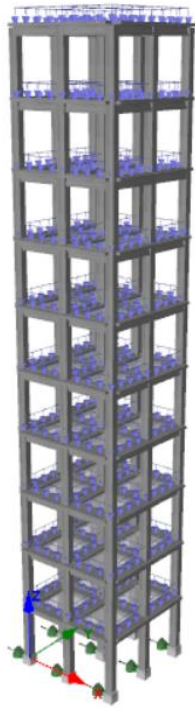
Model 10 – Model 37



Model 11 – Model 38



Model 12 – Model 39



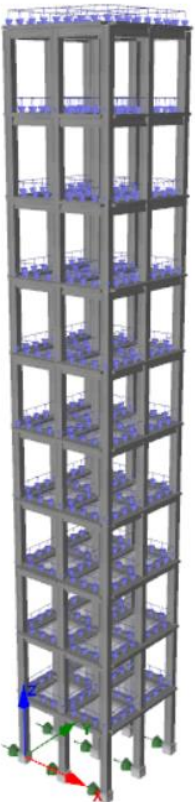
Model 13 – Model 40



Model 14 – Model 41



Model 15 – Model 42



Model 16 – Model 43



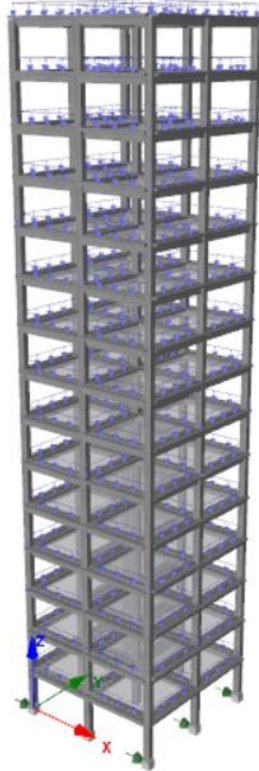
Model 17 – Model 44



Model 18 – Model 45



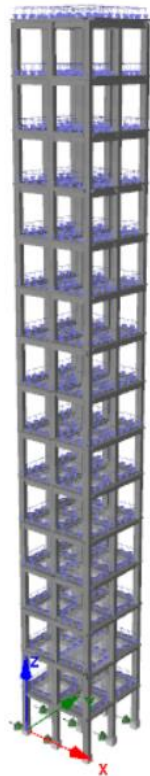
Model 19 – Model 46



Model 20 – Model 47



Model 21 – Model 48



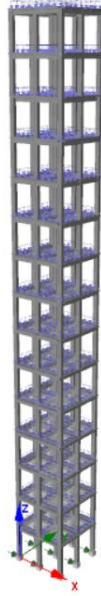
Model 22 – Model 49



Model 23 – Model 50



Model 24 – Model 51



Model 25 – Model 52

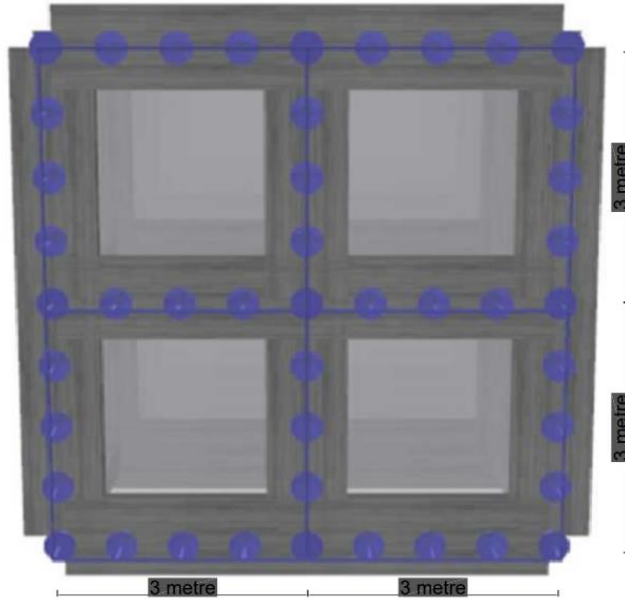


Model 26 – Model 53

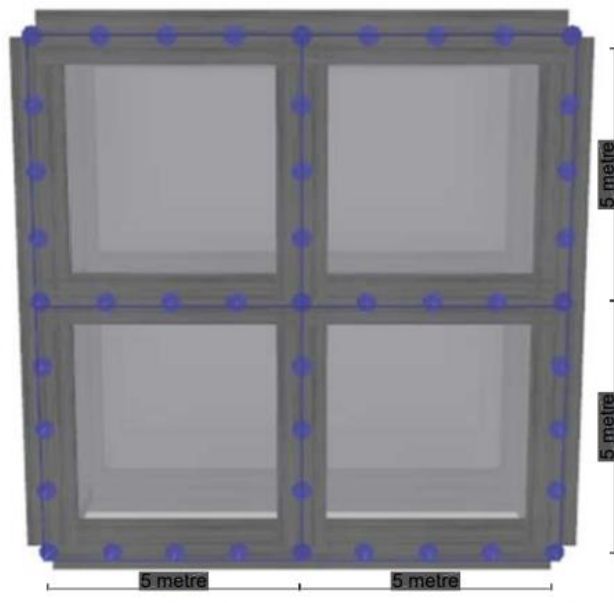


Model 27 – Model 54

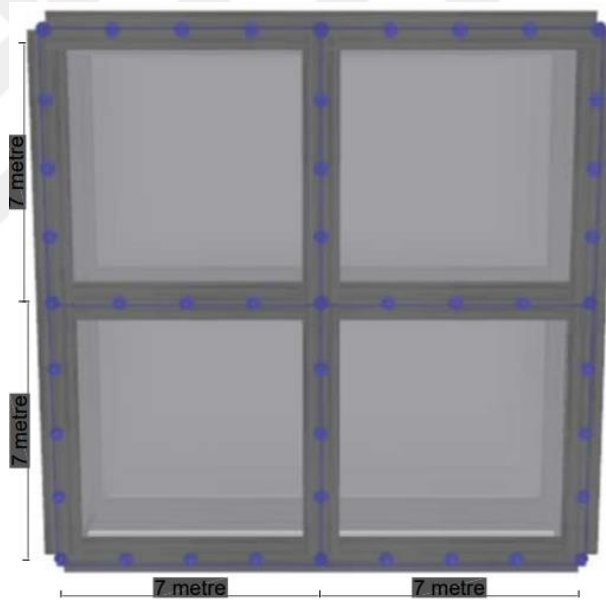
Özellikleri tabloda açıklanan ve üç boyutlu görünüşleri çizelgede sunulan farklı kiriş açıklığına sahip modellerin üstten görünüşü Şekil 2.2 – 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.2. 3x3 m kiriş açıklığı

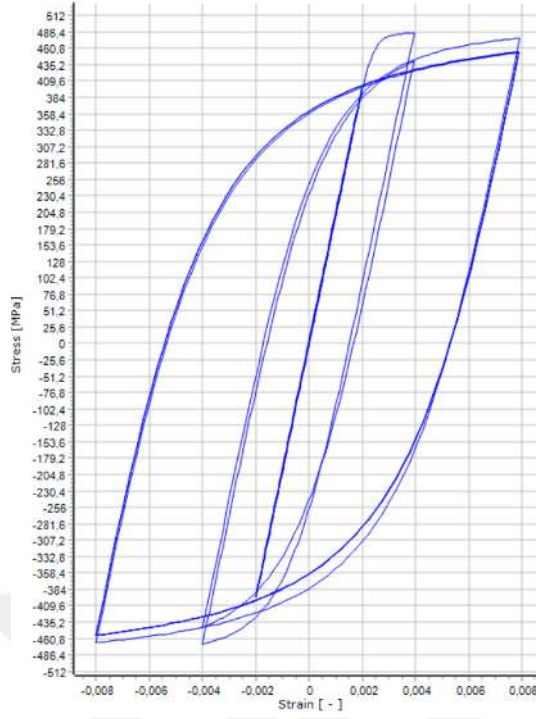


Şekil 2.3. 5x5 m kiriş açıklığı

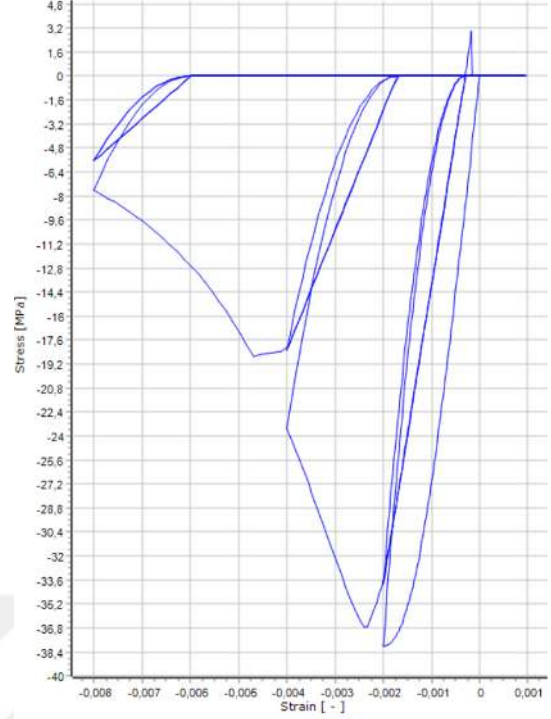


Şekil 2.4. 7x7 m kiriş açıklığı

Tasarımı yapılan modellerde çelik sınıfı S420, beton sınıfı ise C30/37 olarak tercih edilmiştir. Tercih edilen malzemelerin doğrusal olmayan malzeme modeli Şekil 2.5'te sunulmuştur.



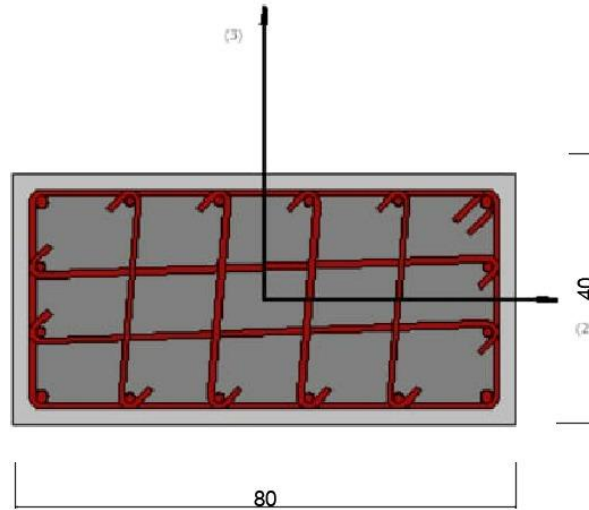
a) Çelik (S420)



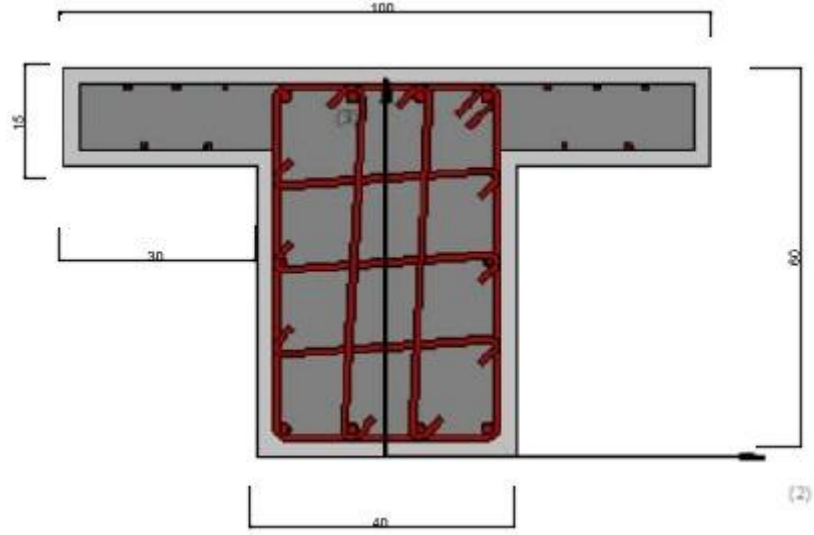
b) Beton (C30/37)

Şekil 2.5. Çelik ve betonun doğrusal olmayan malzeme modeli

Tüm modellere uygun olacak şekilde boyutlandırılan kolon ve kiriş detayları Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de gösterilmiştir.

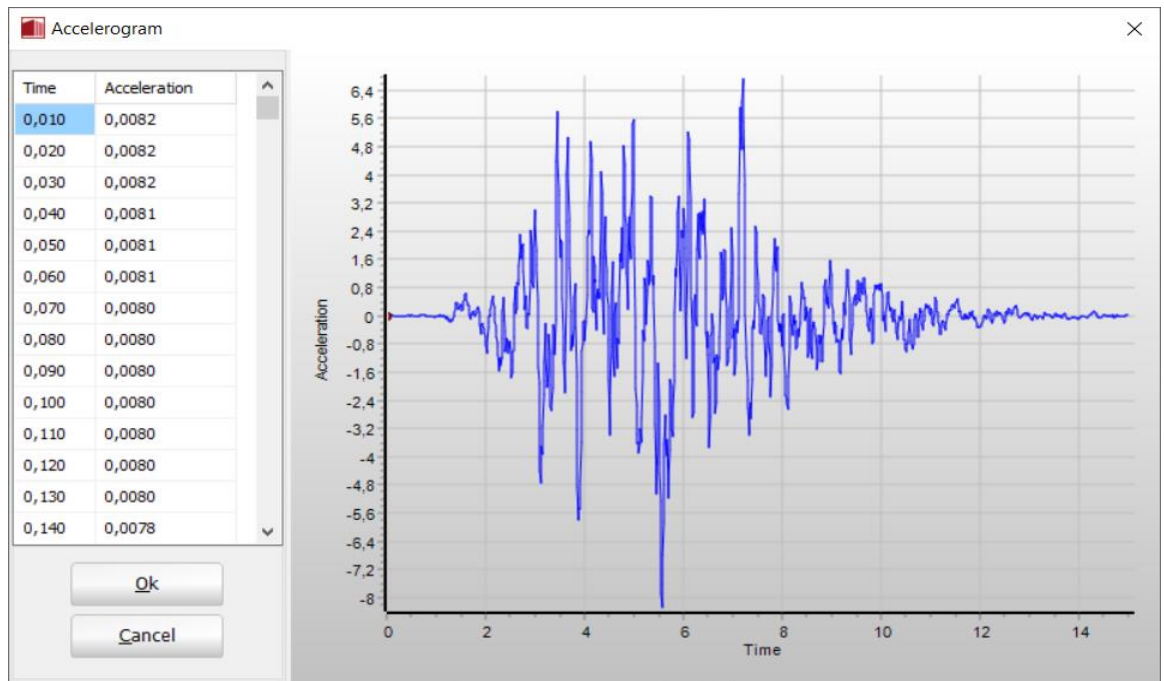


Şekil 2.6. Kolon boyutları

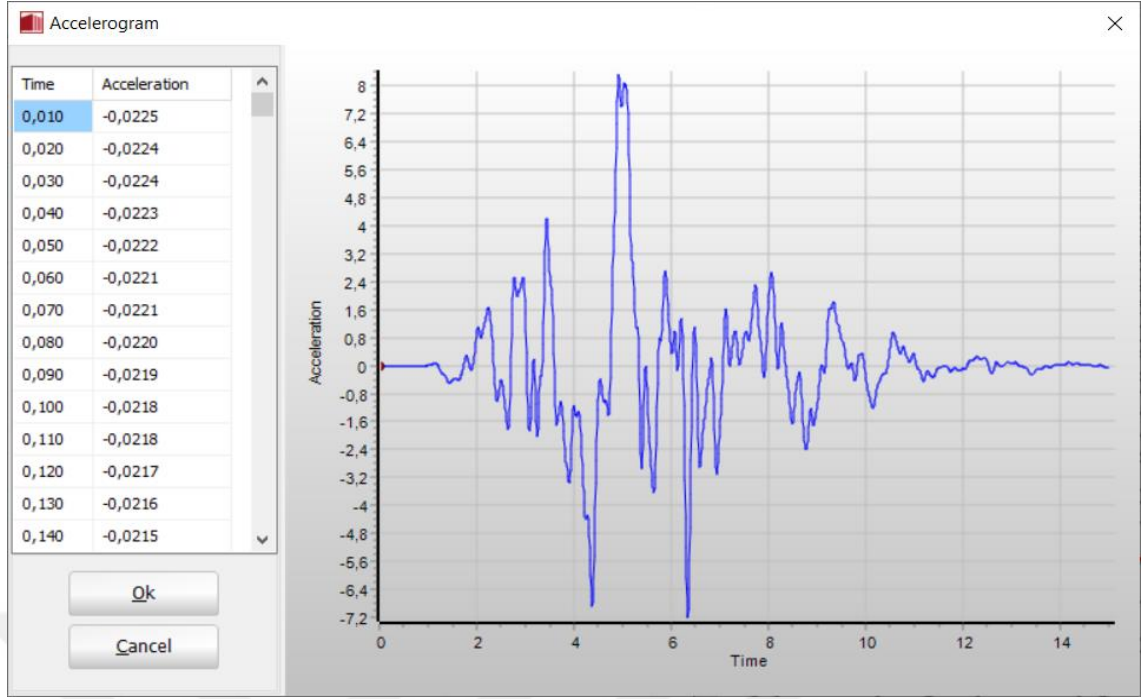


Şekil 2.7. Kiriş boyutları

SeismoStruct adlı paket programda tasarlanan tüm modellere A ve E sınıfı zeminlere entegre edilmiş DD-1 deprem yer hareketi düzeyinde Kocaeli deprem ivmesi uygulanmıştır. Ayrıca yönetmelik gereği tüm modellerde bina sönüm oranı %5 olacak şekilde tanımlanmıştır. Şekil 2.8’de A sınıfı zeminler için kullanılan DD-1 deprem ivme kaydı Şekil 2.9’da E sınıfı zeminler için kullanılan DD-1 deprem ivme kaydı sunulmuştur.



Şekil 2.8. A sınıfı zemin için DD-1 deprem ivme kaydı



Şekil 2.9. E sınıfı zemin için DD-1 deprem ivme kaydı

Tasarlanan tüm modellerde meydana gelebilecek hasar durumlarını gözlemleyebilmek için modellere performans kriterleri tanımlanmıştır. Performans kriterleri içerisinde hasar durumları farklı renklerle tanımlanmış ve tespiti kolaylaştırılmıştır. Hasar sınır durumlarını belirten renkler Şekil 2.10'da sunulmuştur.



Sınırlı Hasar Bölgesi



Belirgin Hasar Bölgesi



İleri Hasar Bölgesi

Şekil 2.10. Hasar sınır durumlarını belirten renkler

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

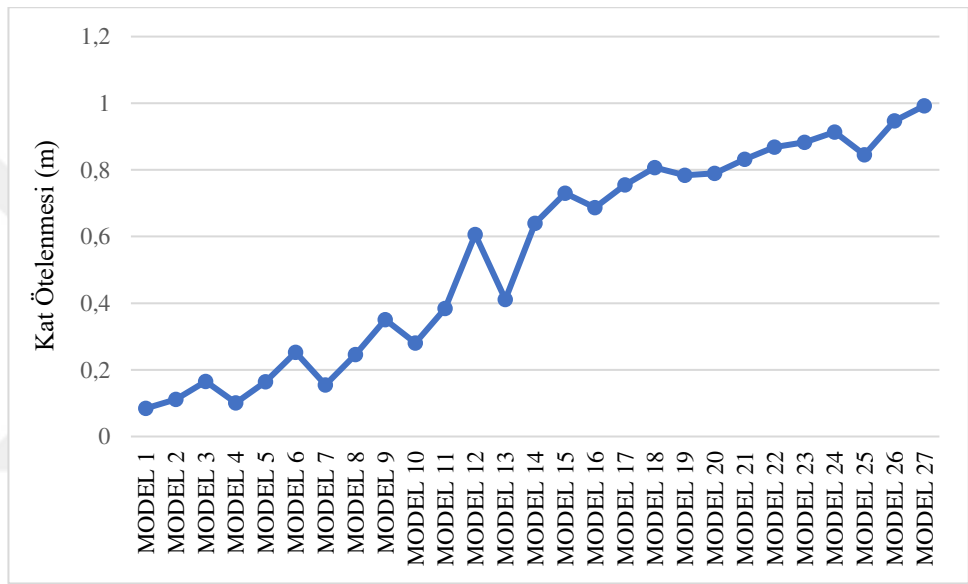
Tasarım aşamasında modellere TBDY 2018'e uygun olarak tanımlanan performans kriterleri ile tamamlanan sismik analizler sonucunda modellerde meydana gelen hasar durumları tespit edilmiştir. Yapıdaki kolon ve kirişler için ayrı ayrı tanımlanan performans kriterleri, deprem esnasında yapı elemanlarında meydana gelen sınırlı, belirgin ve ileri hasar durumlarının gözlenmesini kolaylaştırmıştır. Modellerde tanımlanan özelliklere göre hasar durumlarında değişiklik olduğu göze çarpmakla beraber detaylı olarak sunulmuştur. Güçlü kolon zayıf kiriş prensibiyle meydana gelen hasar durumlarında kolon hasarlarına göre sınıflandırma esas alınmıştır.

A sınıfı zeminlere entegre edilmiş Kocaeli deprem ivmesine maruz bırakılan tüm modellerin en üst katındaki referans bir noktaya göre elde edilen kat ötelenmesi değerleri Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin tepe noktasının X yönündeki maksimum kat ötelenmesi değerleri (m) ve deprem etkisinden sonraki hasar durumları

MODEL ADI		HASAR DURUMU	MAX
MODEL 1	ZA - 5K - 3M - 3A	HASAR YOK	0.08442099
MODEL 2	ZA - 5K - 3M - 5A	HASAR YOK	0.11162464
MODEL 3	ZA - 5K - 3M - 7A	SINHASKLN	0.16497889
MODEL 4	ZA - 5K - 3.5M - 3A	HASAR YOK	0.10072623
MODEL 5	ZA - 5K - 3.5M - 5A	HASAR YOK	0.16434596
MODEL 6	ZA - 5K - 3.5M - 7A	SINHASKLN	0.25256023
MODEL 7	ZA - 5K - 4M - 3A	HASAR YOK	0.15459625
MODEL 8	ZA - 5K - 4M - 5A	SINHASKLN	0.24550297
MODEL 9	ZA - 5K - 4M - 7A	SINHASKLN	0.35060983
MODEL 10	ZA - 10K - 3M - 3A	SINHASKLN	0.28025685
MODEL 11	ZA - 10K - 3M - 5A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.3838396
MODEL 12	ZA - 10K - 3M - 7A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.60631477
MODEL 13	ZA - 10K - 3.5M - 3A	SINHASKLN	0.41094028
MODEL 14	ZA - 10K - 3.5M - 5A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.63970934
MODEL 15	ZA - 10K - 3.5M - 7A	SINHASKLN	0.73050827
MODEL 16	ZA - 10K - 4M - 3A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.6868127
MODEL 17	ZA - 10K - 4M - 5A	SINHASKLN	0.75494994
MODEL 18	ZA - 10K - 4M - 7A	SINHASKLN	0.80743549

MODEL 19	ZA - 15K - 3M - 3A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.78430824
MODEL 20	ZA - 15K - 3M - 5A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.79013091
MODEL 21	ZA - 15K - 3M - 7A	SINHASKLN	0.83150118
MODEL 22	ZA - 15K - 3.5M - 3A	SINHASKLN	0.86843002
MODEL 23	ZA - 15K - 3.5M - 5A	SINHASKLN	0.88279442
MODEL 24	ZA - 15K - 3.5M - 7A	SINHASKLN	0.91314381
MODEL 25	ZA - 15K - 4M - 3A	SINHASKLN	0.84569068
MODEL 26	ZA - 15K - 4M - 5A	SINHASKLN	0.94714211
MODEL 27	ZA - 15K - 4M - 7A	SINHASKLN	0.99252233



Şekil 3.1. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin kat ötelenmesi değerlerinden elde edilen grafik

Çizelge 3.1. incelendiğinde modellerin çoğunda meydana gelen hasar durumu sınırlı düzeyde kalırken bazı modellerde hasar söz konusu olmamıştır. Kat sayısının artmasıyla kat ötelenmesi değerlerinde de artış görülmektedir. Kat yüksekliğinin artmasıyla artan yapı yüksekliği, yapıya etki eden deprem etkisinin artmasına sebep olduğundan sınırlı düzeyde de olsa hasar durumu söz konusu olduğu görülmektedir.

Şekil 3.1’de Çizelge 3.1’den elde edilen verilerle oluşturulmuş grafik incelendiğinde, kat yüksekliği ve kiriş açıklığının değiştiği üçlü grupların kendi içerisinde artış gösterdiği göze çarpmaktadır. Yine aynı doğrultuda kat sayısının artmasıyla kat ötelenmesi değerlerinde artış olduğu görülmektedir.

5 katlı, aynı kat yüksekliğine sahip modeller kendi içerisinde değerlendirildiğinde kiriş açıklığında meydana gelen artış tepe noktasındaki kat ötelenmesi değerinde de artışa

sebepe olmuştur. Aynı durum 10 ve 15 katlı ve aynı kat yüksekliğine sahip modeller için de geçerli olmuştur. Kiriş açıklığının yönetmelik sınırları içerisinde kalmasına rağmen artış göstermesi kat ötelenmesi değerinde artışa sebep olurken, geniş açıklık geçilen modellerde tolere edilebilir kolon hasarlarının yanında kiriş hasarlarının da ortaya çıktığı görülmektedir.

5 katlı modeller içerisinde tespit edilen en büyük kat ötelenmesi değeri yaklaşık 0.35 m ile Model 9'da tespit edilmiştir. Model 9'un yapısal özellikleri incelendiğinde kat yüksekliği ve kiriş açıklığı TBDY 2018'e göre müsaade edilen üst sınırlarda tercih edilmiştir. Her ne kadar Model 9'da maksimum kat ötelenmesi değeri gözlemlense de hasar durumu sınırlı ve tolere edilebilir düzeyde kalmıştır.

Yine 5 katlı modeller içerisinde en küçük kat ötelenmesi değeri yaklaşık 0.084 m ile Model 1'de tespit edilmiştir. Model 1, değişken tüm parametrelerde en küçük değerlerin tercih edilmesiyle tasarlanan kontrol görevi gören en basit modeldir. Kat ötelenmesi değeri beklenildiği üzere en düşük olarak tespit edilmiş ve en yüksek kat ötelenmesi değerinden %75.93 daha düşüktür.

Özellikle deprem bölgelerinde izin verilen yapı toplam yükseklikleri bazında Bitlis ili örneği ele alındığında; izin verilen toplam kat yüksekliği 20.5 metredir. Deprem bölgesi olması ve zemin durumu etkisiyle şekillenen bu rakam ile 5 katlı, 4 m kat yüksekliğine sahip modellerin bu kıyaslamaya uygun olduğu görülmektedir. Kat sayısının artmasıyla artan kat ötelenmesi değerleri ve hasar durumları da bunu ispatlar niteliktedir.

10 katlı modeller de yine kendi içerisinde değerlendirildiğinde kat yüksekliği sabit iken tepe noktasındaki maksimum kat ötelenmesi değerinin kiriş açıklığına bağlı olarak artış gösterdiği gözlemlenmiştir. 5 katlı modellerde olduğu gibi 10 katlı modellerde de maksimum kat ötelenmesi değeri Model 18'de yani en büyük kat yüksekliği ve kiriş açıklığı değerine sahip modelde tespit edilmiştir. Buradan da görüldüğü üzere yine kat yüksekliği ve kiriş açıklığı için yönetmelikte belirtilen üst sınır değerlere yakın değerlerde tercih edildiğinde, deprem etkisi altında yapının tepe noktasında oluşan kat ötelenmesi miktarının artması söz konusu olacaktır.

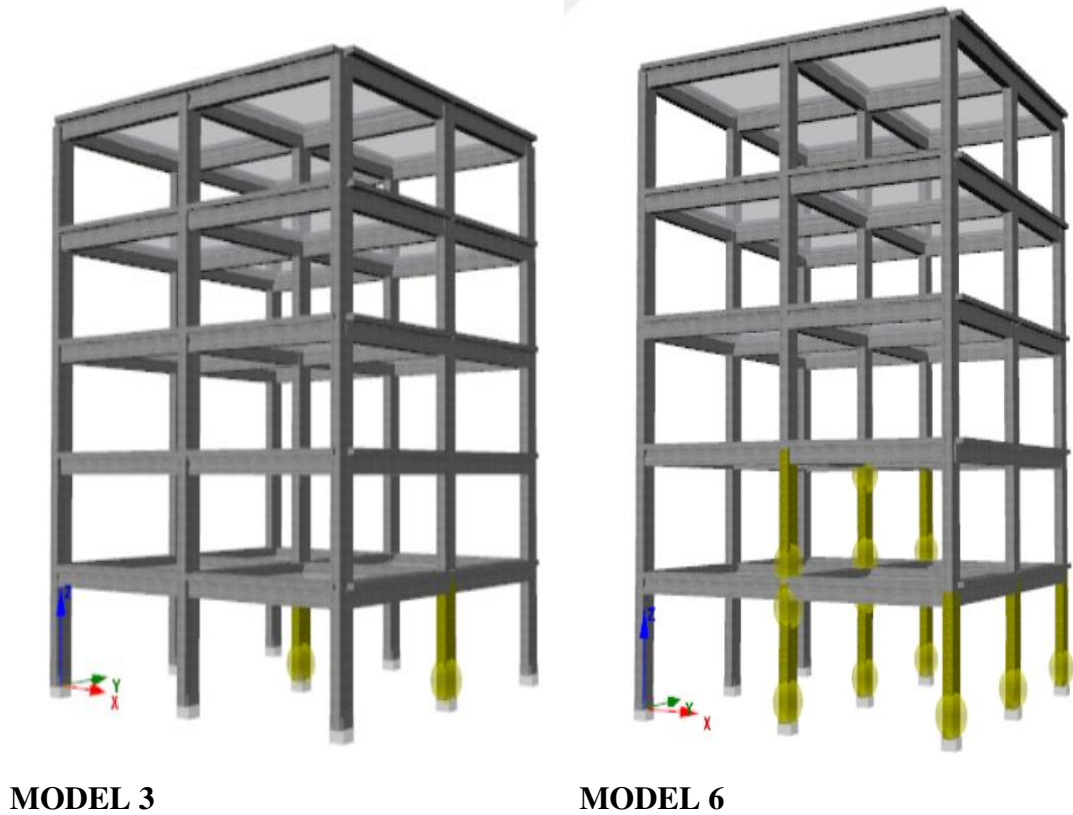
10 katlı modeller içerisinde yaklaşık 0.8074 m kat ötelenmesi değeriyle en yüksek kat ötelenmesi değerinin tespit edildiği Model 18 iken, 0.2802 m ile en düşük kat ötelenmesi değeri Model 10'da tespit edilmiştir. Model 10, 10 katlı modeller içerisinde

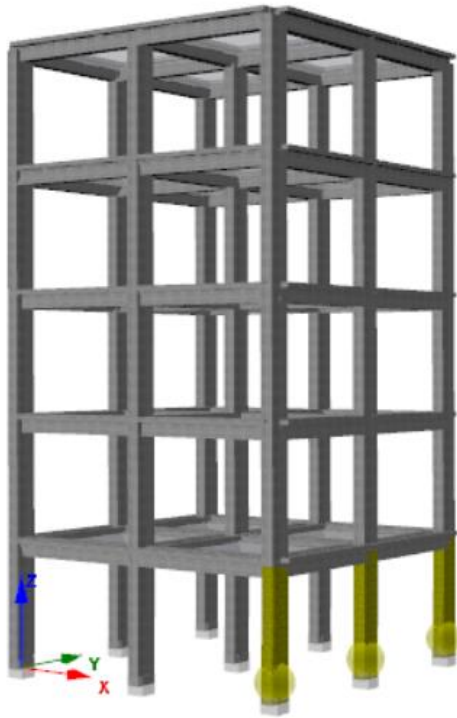
kontrol görevi görebilecek en basit model olarak tanımlanmakla beraber kat ötelenmesi değeri maksimum kat ötelenmesi değerinden %65.3 daha küçüktür.

15 katlı ve aynı kat yüksekliğine sahip modeller incelendiğinde de aynı durumun söz konusu olduğu görülmektedir. Bu da kat sayısındaki artışın yanı sıra kat yüksekliği ve giriş açıklığındaki artışın yapının tepe noktasında meydana gelecek kat ötelenmesi değerinde artışa sebep olacağını ortaya koymaktadır. Yine diğer modellerde olduğu gibi en yüksek kat ötelenmesi değeri en geniş açıklık ve en yüksek kat yüksekliğine sahip olan Model 27’de söz konusu olmuştur. Model 27’de yaklaşık 0.9925 m ile en yüksek kat ötelenmesi değeri tespit edilirken, Model 19’da yaklaşık 0.7843 m ile en küçük kat ötelenmesi değeri tespit edilmiştir. 15 katlı modeller içerisinde en küçük kat ötelenmesi değerinin elde edildiği Model 19, en büyük kat ötelenmesi değerinin elde edildiği Model 27’den yaklaşık %20.98 daha küçük kat ötelenmesi değerine sahip olmuştur.

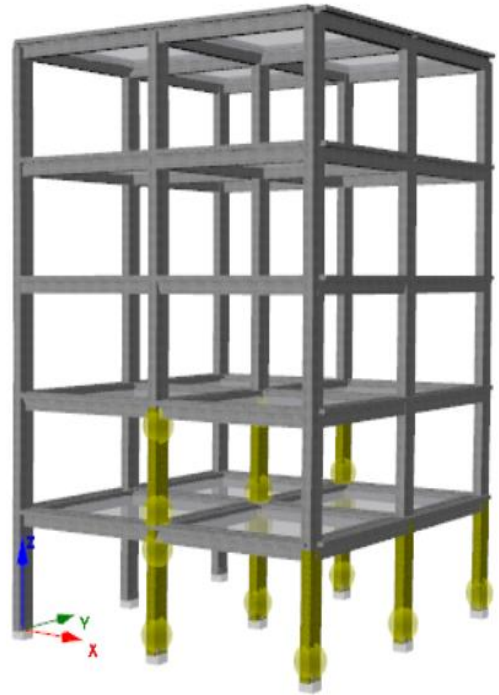
A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde meydana gelen hasar durumları her bir model için ayrı ayrı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Şekil 3.2. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin hasar durumları

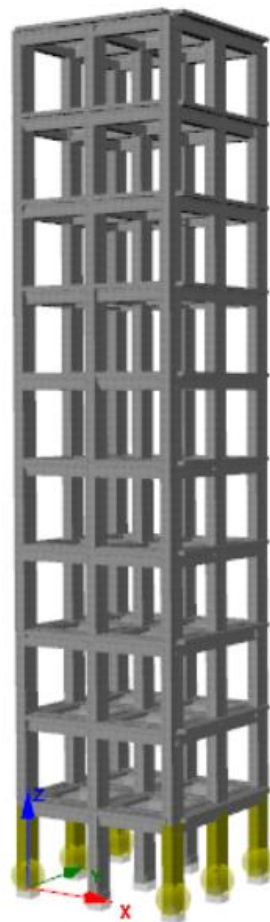




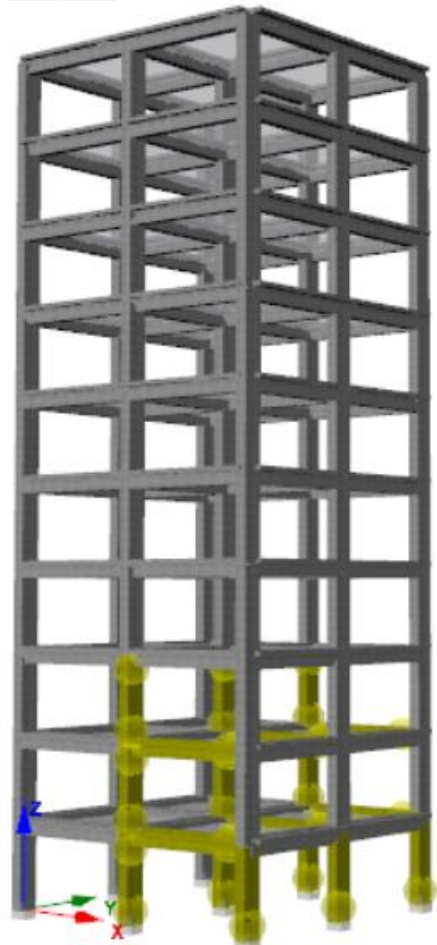
MODEL 8



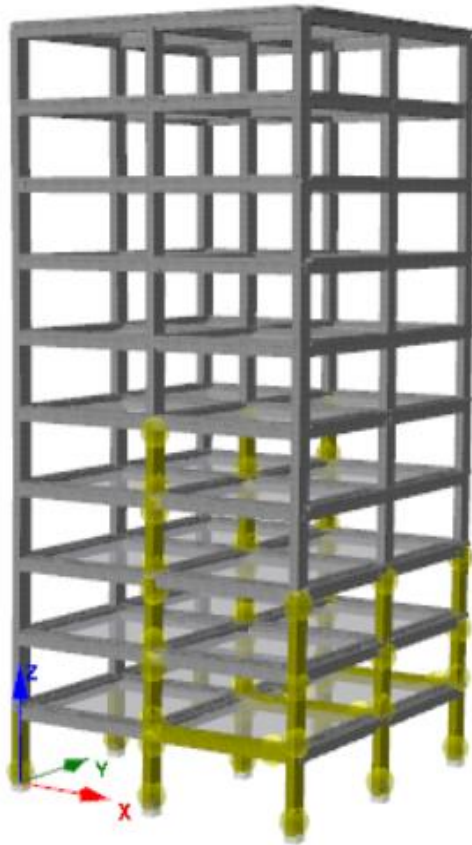
MODEL 9



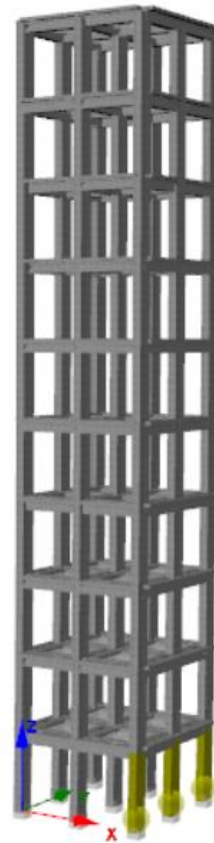
MODEL 10



MODEL 11



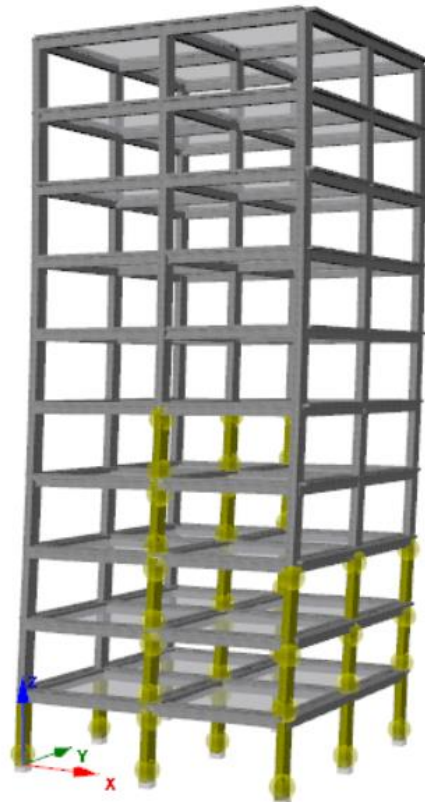
MODEL 12



MODEL 13



MODEL 14



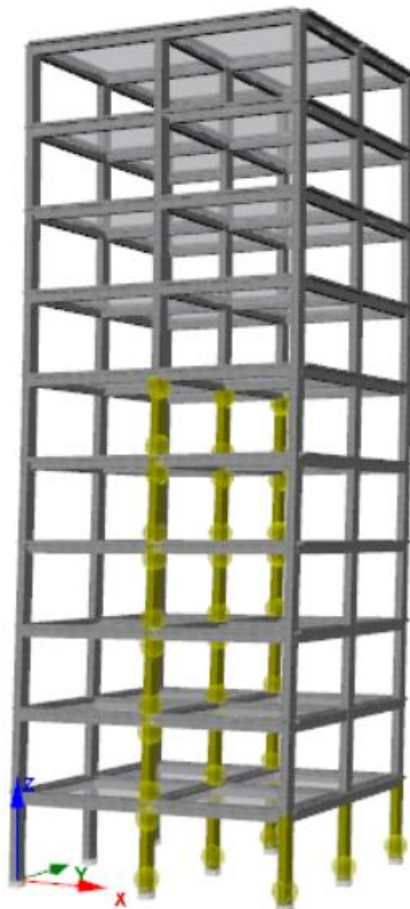
MODEL 15



MODEL 16



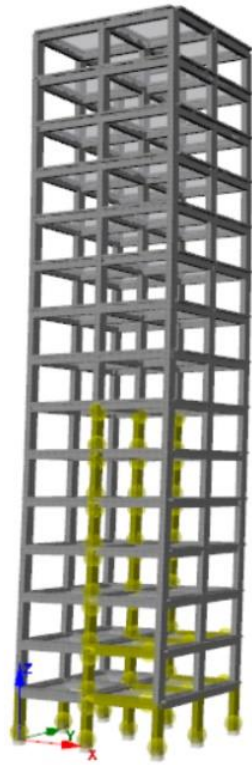
MODEL 17



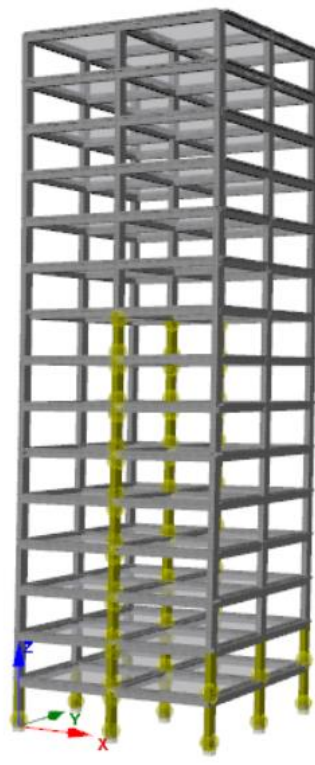
MODEL 18



MODEL 19



MODEL 20



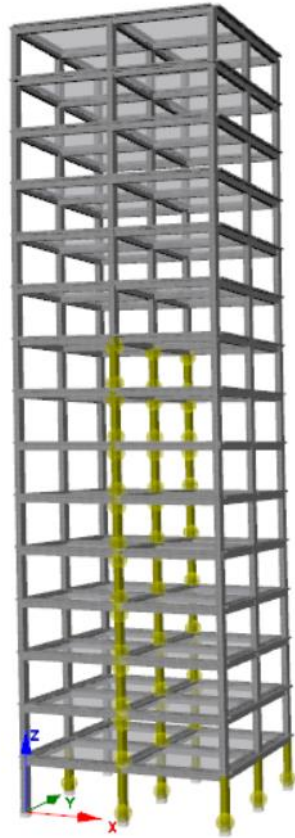
MODEL 21



MODEL 22



MODEL 23



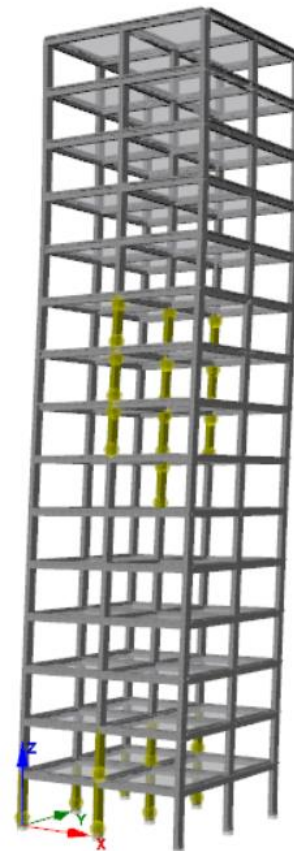
MODEL 24



MODEL 25



MODEL 26



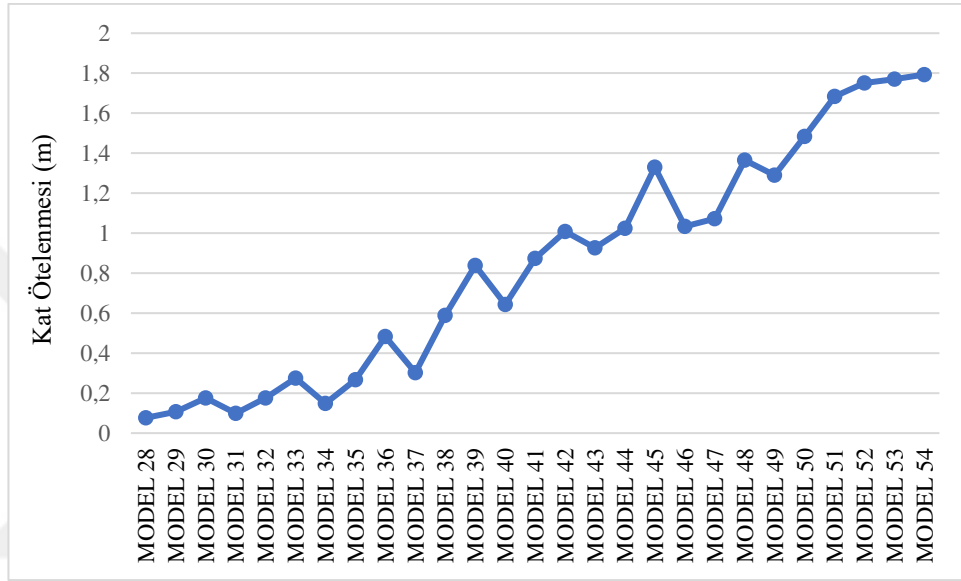
MODEL 27

E sınıfı zeminlere entegre edilmiş Kocaeli deprem ivmesine maruz bırakılan tüm modellerin en üst katındaki referans bir noktaya göre elde edilen kat ötelenmesi değerleri Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin tepe noktasının X yönündeki maksimum kat ötelenmesi değerleri (m) ve deprem etkisinden sonraki hasar durumları

MODEL ADI		HASAR DURUMU	MAX
MODEL 28	ZE - 5K - 3M - 3A	HASAR YOK	0.07658806
MODEL 29	ZE - 5K - 3M - 5A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.10641376
MODEL 30	ZE - 5K - 3M - 7A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.1752446
MODEL 31	ZE - 5K - 3.5M - 3A	SINHASKLN	0.099175
MODEL 32	ZE - 5K - 3.5M - 5A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.17591927
MODEL 33	ZE - 5K - 3.5M - 7A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.27514841
MODEL 34	ZE - 5K - 4M - 3A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.14903644
MODEL 35	ZE - 5K - 4M - 5A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.26704105
MODEL 36	ZE - 5K - 4M - 7A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.48343994
MODEL 37	ZE - 10K - 3M - 3A	BELHASKLN - İLRHASKRS	0.30217224
MODEL 38	ZE - 10K - 3M - 5A	SINHASKLN - BELHASKRS	0.58864227
MODEL 39	ZE - 10K - 3M - 7A	SINHASKLN - SINHASKRS	0.8380229
MODEL 40	ZE - 10K - 3.5M - 3A	SINHASKLN - İLRHASKRS	0.64271496
MODEL 41	ZE - 10K - 3.5M - 5A	SINHASKLN - BELHASKRS	0.87409848
MODEL 42	ZE - 10K - 3.5M - 7A	SINHASKLN - SINHASKRS	1.00795
MODEL 43	ZE - 10K - 4M - 3A	SINHASKLN - BELHASKRS	0.92663865
MODEL 44	ZE - 10K - 4M - 5A	SINHASKLN - BELHASKRS	1.02489
MODEL 45	ZE - 10K - 4M - 7A	SINHASKLN - BELHASKRS	1.33021
MODEL 46	ZE - 15K - 3M - 3A	SINHASKLN - BELHASKRS	1.03369
MODEL 47	ZE - 15K - 3M - 5A	BELHASKLN - BELHASKRS	1.07148
MODEL 48	ZE - 15K - 3M - 7A	İLRHASKLN - BELHASKRS	1.36515
MODEL 49	ZE - 15K - 3.5M - 3A	SINHASKLN - İLRHASKRS	1.29062

MODEL 50	ZE - 15K - 3.5M - 5A	BELHASKLN - İLRHASKRS	1.48388
MODEL 51	ZE - 15K - 3.5M - 7A	İLRHASKLN - BELHASKRS	1.68418
MODEL 52	ZE - 15K - 4M - 3A	BELHASKLN - İLRHASKRS	1.75174
MODEL 53	ZE - 15K - 4M - 5A	BELHASKLN - İLRHASKRS	1.76995
MODEL 54	ZE - 15K - 4M - 7A	BELHASKLN - BELHASKRS	1.79328



Şekil 3.3. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin kat ötelenmesi değerlerinden elde edilen grafik

Şekil 3.3 incelendiğinde E sınıfı gevşek zeminlerde tasarlanmış modeller söz konusu olduğunda hasar durumlarında meydana gelen ciddi artışlar göze çarpmaktadır. Özellikle kat sayısının artmasıyla beraber artan toplam yapı yüksekliği ve dolayısıyla yapı ağırlığı, yapının maruz kaldığı deprem kuvvetinin etkisini arttırmaktadır. Artan bu etkiyle birlikte kötü zemin parametrelerinin etkilerinin temel vasıtasıyla yapıya aktarıldığı olgusu birleşince hasar durumundaki ciddi artışlar kaçınılmaz olmaktadır.

Performans kriterleri içerisinde tanımlanan ileri hasar durumu TBDY 2018'e göre ciddi hasarların oluştuğu ancak can güvenliğinin sağlanarak göçmenin önlendiği performans düzeyini ifade etmektedir. Özellikle kat sayısının artmasıyla belirgin ve ileri hasar durumlarının gözlenmesi kötü zemin parametrelerinin deprem etkisiyle yapıda meydana gelebilecek hasar düzeylerinde artışa sebep olduğu gerçeğini bir kez daha gözler önüne sermektedir. Yine A sınıfı zeminlerde olduğu gibi E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde de kat sayısının artmasıyla tepe noktasında oluşan kat ötelenmesi değerinde

artış meydana gelmiştir. Bu durum meydana gelen hasar durumunun da artmasına sebep olmuştur.

E sınıfı zeminlerde tasarlanan modeller içerisinde hasar gözlenmeyen Model 28, tıpkı A sınıfı zeminde tasarlanmış Model 1 gibi özellikleri bakımından en küçük boyutların tercih edildiği kontrol görevi görebilecek bir modeldir. Bu durum yönetmelik sınırları içerisinde kalındığında, az katlı yapılarda kötü zemin etkileri olsa dahi deprem etkisi altında sadece can güvenliğinin sağlanmasını değil hasarsız bir yapı güvenliğinin de sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

E sınıfı zeminlerde tasarlanan 5 katlı modeller kendi içerisinde değerlendirildiğinde kat yüksekliği sabit iken kiriş açıklığı arttığında maksimum kat ötelenmesi değerinde artış meydana geldiği açık bir şekilde görülmektedir. Kötü zemin etkisiyle beraber hasar durumunda artış söz konusu olsa da sınırlı düzeyde kalmış hem can hem yapı güvenliği sağlanmıştır.

5 katlı modeller kat yüksekliği sabit tutulacak şekilde üçlü gruplar halinde değerlendirildiğinde, kiriş açıklığının artmasıyla tepe noktasının kat ötelenmesi değerinde artış görülmektedir. En yüksek kat ötelenmesi değeri yaklaşık 0.4834 m ile Model 36'da iken, yaklaşık 0.0766 m ile en küçük kat ötelenmesi değeri Model 28'e aittir. En küçük kat ötelenmesi değerine sahip Model 28, en büyük kat ötelenmesi değerine sahip Model 3'ten yaklaşık %84.15 daha küçük kat ötelenmesi değerine sahiptir. 5 katlı modeller içerisinde hasar durumları incelendiğinde ise kolon ve kiriş hasarlarının tolere edilebilecek düzeyde sınırlı hasar olarak meydana geldiği gözlenmiştir. Bu da kötü zemin koşullarının az katlı yapılarla tolere edilebileceğini göstermektedir.

E sınıfı zeminlerde tasarlanmış 10 katlı modeller kendi içerisinde değerlendirildiğinde benzer şekilde kiriş açıklığının artmasıyla tepe noktasındaki kat ötelenmesi değerinde artış söz konusu olmaktadır. Ancak hasar durumuna bakıldığında Model 37'de belirgin bir kolon hasarıyla beraber ileri düzeyde kiriş hasarı meydana gelmiştir. Bu da kötü zemin koşullarının yapı üzerinde öngörülemeyen hasar durumlarına sebep olabileceği gerçeğini ortaya koymuştur. Model 37 yine özellikleri sebebiyle kontrol görevi görebilecek en basit model olmakla beraber yaklaşık 0.3022 m kat ötelenmesi değeriyle en küçük kat ötelenmesi değerine sahiptir. Model 45 ise 10 katlı modeller içerisinde yaklaşık 1.3302 m tepe noktası kat ötelenmesi değeri ile en büyük kat ötelenmesi değerine sahip bir diğer modeldir. Model 37'de meydana gelen kat ötelenmesi

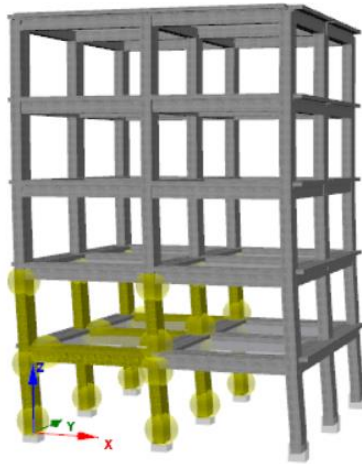
değeri yaklaşık %77.28 Model 45'te meydana gelen maksimum kat ötelenmesi değerinden küçüktür.

15 katlı modellerde ise hasar durumlarının daha da artarak göze çarptığı görülmektedir. Özellikle Model 48 ve Model 51'de meydana gelen ileri kolon hasarı can güvenliğinin sağlandığını ancak yapı güvenliğinin göçme öncesi sınır durumunda kaldığını göstermektedir. Bu modellerde ileri hasar durumunun görülmesinin kiriş açıklığı ile bağlantılı olduğu aşıkardır.

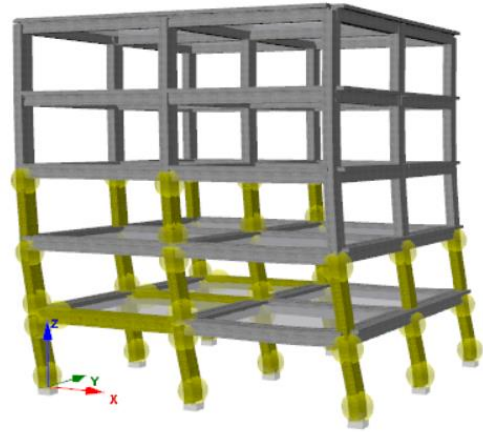
E sınıfı zeminlerde tasarlanan modeller ve 15 katlı modeller içerisindeki en yüksek kat ötelenmesi değerinin elde edildiği Model 54'te tepe noktasında yaklaşık 1.7933 m kat ötelenmesi değeri tespit edilmiştir. Model 46 ise 15 katlı modeller içerisinde yaklaşık 1.0337 m kat ötelenmesi değeri ile en düşük kat ötelenmesi değerine sahip model olmuştur. Bu da en küçük kat ötelenmesi değerinin en büyük kat ötelenmesi değerinden yaklaşık %42.36 daha küçük olduğunu göstermektedir.

E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde meydana gelen hasar durumları her bir model için ayrı ayrı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

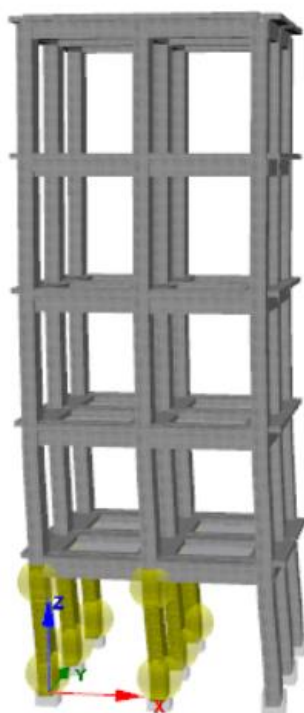
Şekil 3.4. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerin hasar durumları



MODEL 29



MODEL 30



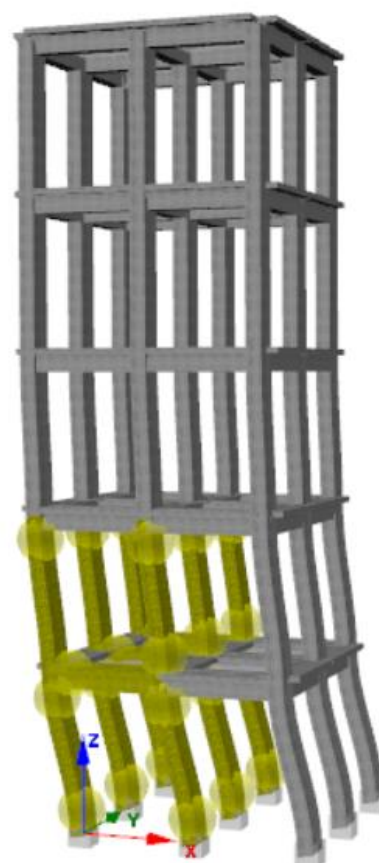
MODEL 31



MODEL 32



MODEL 33



MODEL 34



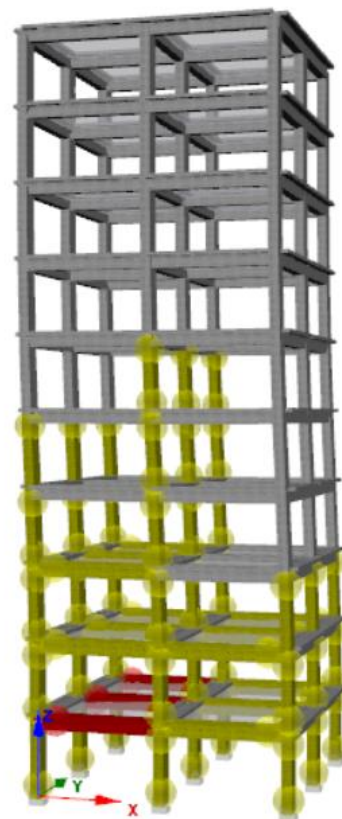
MODEL 35



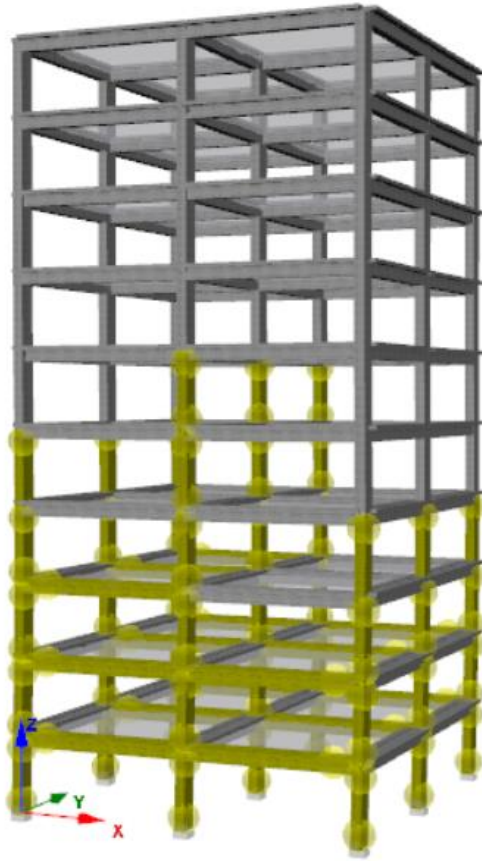
MODEL 36



MODEL 37



MODEL 38



MODEL 39



MODEL 40



MODEL 41



MODEL 42



MODEL 43



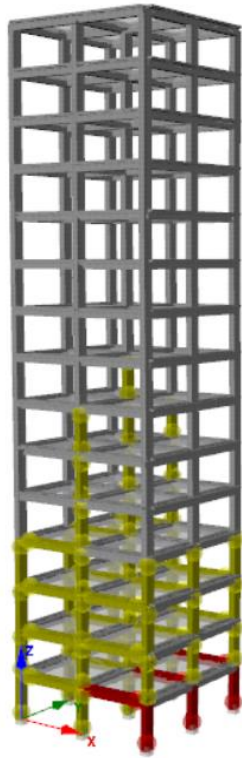
MODEL 44



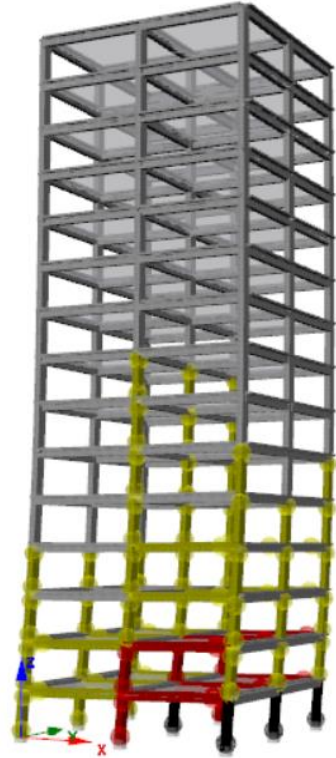
MODEL 45



MODEL 46



MODEL 47



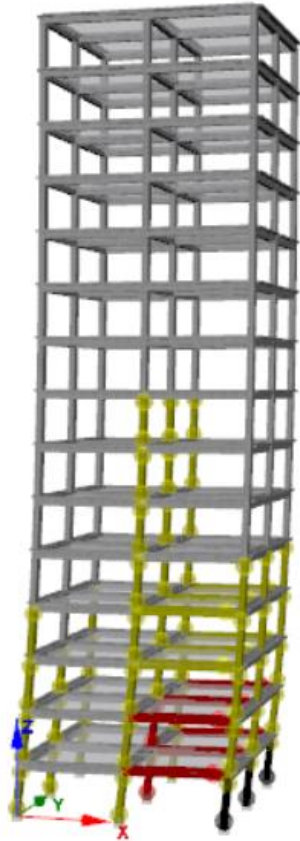
MODEL 48



MODEL 49



MODEL 50



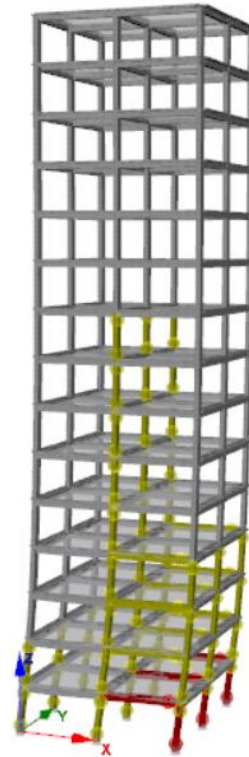
MODEL 51



MODEL 52



MODEL 53



MODEL 54

Çizelge 3.3'te A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde deprem etkisi ile oluşan maksimum kuvvet değerleri sunulmuştur.

Çizelge 3.3. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan kuvvet (kN) değerleri

MODEL ADI		KUVVET
MODEL 1	ZA - 5K - 3M - 3A	1905.153
MODEL 2	ZA - 5K - 3M - 5A	2675.749
MODEL 3	ZA - 5K - 3M - 7A	2790.025
MODEL 4	ZA - 5K - 3.5M - 3A	2091.516
MODEL 5	ZA - 5K - 3.5M - 5A	2141.648
MODEL 6	ZA - 5K - 3.5M - 7A	2703.689
MODEL 7	ZA - 5K - 4M - 3A	1623.403
MODEL 8	ZA - 5K - 4M - 5A	1811.088
MODEL 9	ZA - 5K - 4M - 7A	2196.325
MODEL 10	ZA - 10K - 3M - 3A	2622.001
MODEL 11	ZA - 10K - 3M - 5A	2817.655
MODEL 12	ZA - 10K - 3M - 7A	3200.837
MODEL 13	ZA - 10K - 3.5M - 3A	1861.864
MODEL 14	ZA - 10K - 3.5M - 5A	2582.89
MODEL 15	ZA - 10K - 3.5M - 7A	2600.044
MODEL 16	ZA - 10K - 4M - 3A	1865.151
MODEL 17	ZA - 10K - 4M - 5A	2017.639
MODEL 18	ZA - 10K - 4M - 7A	2111.108
MODEL 19	ZA - 15K - 3M - 3A	2758.452
MODEL 20	ZA - 15K - 3M - 5A	2810.49
MODEL 21	ZA - 15K - 3M - 7A	3079.575
MODEL 22	ZA - 15K - 3.5M - 3A	2041.248
MODEL 23	ZA - 15K - 3.5M - 5A	2267.889
MODEL 24	ZA - 15K - 3.5M - 7A	2525.119
MODEL 25	ZA - 15K - 4M - 3A	1392.473
MODEL 26	ZA - 15K - 4M - 5A	1985.372
MODEL 27	ZA - 15K - 4M - 7A	2390.381

Çizelge 3.3 incelendiğinde kat yüksekliği ve kiriş açıklığının artmasıyla yapıya etki eden iç kuvvet değerlerinde artış olduğu gözlenmektedir. Her ne kadar kat sayısının ve kiriş açıklığının artmasıyla kuvvet değerlerinde artış gözlenirse de yine zemin parametresinin yapı üzerinde oluşturduğu etki ile düzensizlikler görülmektedir.

Aynı kat yüksekliğine sahip modeller kendi içerisinde değerlendirildiğinde kiriş açıklığının artmasının yapıda meydana gelecek kuvvet değerinde artışa sebep olduğu görülmektedir. En büyük kuvvet değerinin 3200.837 kN olarak elde edildiği Model 12, 10 katlı en düşük kat yüksekliğine, en geniş kiriş açıklığına sahip modeldir. 5 katlı modellerin sağlam zeminde ve az katlı olarak tasarlanmasının ortaya koyduğu avantajı

mevcut kuvvet değerleri göz önüne alınarak yeniden tespit edilmiştir. 1392.473 kN ile en küçük kuvvet değerine sahip olan Model 25 ise 15 katlı en yüksek kat yüksekliği değerine sahipken en düşük giriş açıklığı değerine sahiptir. Bu da kat yüksekliğinin yanı sıra giriş açıklığının artmasının yapıda oluşacak kuvvet değerini arttırdığını ortaya koymaktadır. Yapıya gelen kuvvetin artmasıyla oluşabilecek hasar ihtimali de artmaktadır.

A sınıfı zeminde tasarlanan 5 katlı modellerde oluşan kuvvet değerleri ve hasar durumları göz önüne alındığında sağlam zemindeki az katlı yapıların deprem esnasındaki davranışının hem can güvenliği hem de yapı güvenliği açısından oldukça verimli olduğu aşıkardır.

Çizelge 3.4'te E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde deprem etkisi ile oluşan maksimum kuvvet değerleri sunulmuştur.

Çizelge 3.4. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan kuvvet (kN) değerleri

MODEL ADI		KUVVET
MODEL 28	ZE - 5K - 3M - 3A	3075.812
MODEL 29	ZE - 5K - 3M - 5A	4183.762
MODEL 30	ZE - 5K - 3M - 7A	5010.464
MODEL 31	ZE - 5K - 3.5M - 3A	3068.627
MODEL 32	ZE - 5K - 3.5M - 5A	3908.607
MODEL 33	ZE - 5K - 3.5M - 7A	4448.825
MODEL 34	ZE - 5K - 4M - 3A	2918.103
MODEL 35	ZE - 5K - 4M - 5A	3329.986
MODEL 36	ZE - 5K - 4M - 7A	3579.294
MODEL 37	ZE - 10K - 3M - 3A	3892.677
MODEL 38	ZE - 10K - 3M - 5A	4433.146
MODEL 39	ZE - 10K - 3M - 7A	4563.464
MODEL 40	ZE - 10K - 3.5M - 3A	2850.991
MODEL 41	ZE - 10K - 3.5M - 5A	3006.398
MODEL 42	ZE - 10K - 3.5M - 7A	3161.416
MODEL 43	ZE - 10K - 4M - 3A	2050.336
MODEL 44	ZE - 10K - 4M - 5A	2156.108
MODEL 45	ZE - 10K - 4M - 7A	2281.6
MODEL 46	ZE - 15K - 3M - 3A	2570.29
MODEL 47	ZE - 15K - 3M - 5A	3219.94
MODEL 48	ZE - 15K - 3M - 7A	4062.843

MODEL 49	ZE - 15K - 3.5M - 3A	2067.383
MODEL 50	ZE - 15K - 3.5M - 5A	2287.22
MODEL 51	ZE - 15K - 3.5M - 7A	3061.246
MODEL 52	ZE - 15K - 4M - 3A	1662.876
MODEL 53	ZE - 15K - 4M - 5A	1740.262
MODEL 54	ZE - 15K - 4M - 7A	1992.343

Çizelge 3.4 incelendiğinde E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde deprem etkisi ile yapıda oluşan kuvvetin kat yüksekliği ve kiriş açıklığına bağlı olarak artış gösterdiği gözlenmektedir. Değerlerde meydana gelen düzensizlik, kötü zemin şartlarının öngörülemez oluşuyla deprem esnasındaki davranışının yapıda oluşturabileceği öngörülemez hasar durumlarına yol açabileceğini ortaya koymuştur. Bu durum yapının zemin ile etkileşiminin depreme dayanıklı yapı tasarımında oldukça önemli bir parametre olduğunu ispatlar niteliktedir.

Aynı kat sayısına sahip modeller kendi içerisinde değerlendirildiğinde kiriş açıklığının artmasıyla artan yapı oturma alanı ve haliyle yapı kütlesi yapıya etki eden deprem yükünün artmasına sebep olmuştur. Ancak deprem esnasında yapıda oluşan bu kuvvet parametresinin sadece yapının boyutlarıyla alakalı olmadığı aşıkardır. Kötü zemin etkileriyle beraber yapıda oluşan kuvvet değerlerinin A sınıfı zeminlere göre farklılık göstermesi bu durumu doğrulamaktadır.

5 katlı modeller kendi içerisinde değerlendirildiğinde kiriş açıklığının artmasıyla yapıda meydana gelen kuvvetin artış gösterdiği ancak kat yüksekliğinin artmasının ise tersi şekilde azalma eğiliminde olduğu gözlenmektedir. En büyük kuvvet değerinin 5010.464 kN olarak tespit edildiği Model 30, kat sayısı ve kat yüksekliği en az, kiriş açıklığı en yüksek olan modeldir.

10 ve 15 katlı modellerde oluşan kuvvet değerleri 5 katlı modellere kıyasla daha az olmakla beraber aynı şekilde bir dağılım izlemiştir. En küçük kuvvet değeri 1662.876 kN ile Model 52’de tespit edilmiştir. Model 52 en yüksek kat sayısı ve kat yüksekliğine sahip olmasının yanı sıra en düşük kiriş açıklığı değerine sahip modeldir.

Çizelge 3.5’te A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde deprem etkisi ile oluşan maksimum moment değerleri sunulmuştur.

Çizelge 3.5. A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan moment (kN.m) değerleri

MODEL ADI		MAX
MODEL 1	ZA - 5K - 3M - 3A	0.00802817
MODEL 2	ZA - 5K - 3M - 5A	0.00873247
MODEL 3	ZA - 5K - 3M - 7A	0.01463001
MODEL 4	ZA - 5K - 3.5M - 3A	0.00069111
MODEL 5	ZA - 5K - 3.5M - 5A	0.00180532
MODEL 6	ZA - 5K - 3.5M - 7A	0.00015142
MODEL 7	ZA - 5K - 4M - 3A	0.00019318
MODEL 8	ZA - 5K - 4M - 5A	0.01541694
MODEL 9	ZA - 5K - 4M - 7A	0.0003886
MODEL 10	ZA - 10K - 3M - 3A	0.00154183
MODEL 11	ZA - 10K - 3M - 5A	0.02746005
MODEL 12	ZA - 10K - 3M - 7A	0.00865612
MODEL 13	ZA - 10K - 3.5M - 3A	0.00674933
MODEL 14	ZA - 10K - 3.5M - 5A	0.00495428
MODEL 15	ZA - 10K - 3.5M - 7A	0.00354399
MODEL 16	ZA - 10K - 4M - 3A	0.00115733
MODEL 17	ZA - 10K - 4M - 5A	0.65246832
MODEL 18	ZA - 10K - 4M - 7A	0.01958776
MODEL 19	ZA - 15K - 3M - 3A	0.01612807
MODEL 20	ZA - 15K - 3M - 5A	0.6676391
MODEL 21	ZA - 15K - 3M - 7A	0.06520331
MODEL 22	ZA - 15K - 3.5M - 3A	0.00162748
MODEL 23	ZA - 15K - 3.5M - 5A	0.66237644
MODEL 24	ZA - 15K - 3.5M - 7A	0.00359596
MODEL 25	ZA - 15K - 4M - 3A	0.00400589
MODEL 26	ZA - 15K - 4M - 5A	0.00681982
MODEL 27	ZA - 15K - 4M - 7A	0.00228358

Çizelge 3.5 incelendiğinde A sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan moment değerlerinin oldukça küçük değerlerde ve birbirine yakın değerler olduğu göze çarpmaktadır. Kat sayısı ve giriş açıklığının artmasıyla moment değerlerinde bariz bir değişiklik gözlenmemekle beraber hasar durumlarının da sınırlı düzeyde kalması bu durumu açıklar niteliktedir.

Tüm modellerden elde edilen moment değerleri incelendiğinde en büyük moment değerinin 0.6676391 kN.m ile Model 20’de, en küçük moment değerinin ise 0.00015142 kN.m ile Model 6’da elde edildiği görülmektedir. Beklenildiği üzere en yüksek moment 15 katlı bir modelde oluşurken, en düşük momentin de yine 5 katlı bir modelde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.6’da E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde deprem etkisi ile oluşan maksimum moment değerleri sunulmuştur.

Çizelge 3.6. E sınıfı zeminlerde tasarlanan modellerde oluşan moment değerleri

MODEL ADI		MAX
MODEL 28	ZE - 5K - 3M - 3A	0.00114744
MODEL 29	ZE - 5K - 3M - 5A	0.00980494
MODEL 30	ZE - 5K - 3M - 7A	0.0005444
MODEL 31	ZE - 5K - 3.5M - 3A	0.00031669
MODEL 32	ZE - 5K - 3.5M - 5A	0.00430451
MODEL 33	ZE - 5K - 3.5M - 7A	0.00316934
MODEL 34	ZE - 5K - 4M - 3A	0.00576392
MODEL 35	ZE - 5K - 4M - 5A	0.01225416
MODEL 36	ZE - 5K - 4M - 7A	0.0016769
MODEL 37	ZE - 10K - 3M - 3A	0.01271386
MODEL 38	ZE - 10K - 3M - 5A	0.04228472
MODEL 39	ZE - 10K - 3M - 7A	0.0380716
MODEL 40	ZE - 10K - 3.5M - 3A	0.00232192
MODEL 41	ZE - 10K - 3.5M - 5A	0.01122468
MODEL 42	ZE - 10K - 3.5M - 7A	0.07454551
MODEL 43	ZE - 10K - 4M - 3A	0.00080232
MODEL 44	ZE - 10K - 4M - 5A	0.00265417
MODEL 45	ZE - 10K - 4M - 7A	0.00273806
MODEL 46	ZE - 15K - 3M - 3A	0.01435137
MODEL 47	ZE - 15K - 3M - 5A	0.38834357
MODEL 48	ZE - 15K - 3M - 7A	0.00242451
MODEL 49	ZE - 15K - 3.5M - 3A	0.00444323
MODEL 50	ZE - 15K - 3.5M - 5A	0.00205048
MODEL 51	ZE - 15K - 3.5M - 7A	0.00104118
MODEL 52	ZE - 15K - 4M - 3A	0.00203444
MODEL 53	ZE - 15K - 4M - 5A	0.01539122
MODEL 54	ZE - 15K - 4M - 7A	0.00173742

Çizelge 3.6 incelendiğinde E sınıfı zeminlerde de tasarlanan modellerde oluşan moment değerlerinin oldukça küçük değerlerde olduğu görülmektedir. En büyük moment değeri 0.38834357 kN.m ile Model 47’de oluşmuştur. En küçük moment değeri ise 0.00031669 kN.m ile Model 31’de oluşmuştur. En büyük momentin oluştuğu Model 47 beklenildiği üzere 15 katlıdır. Yine en küçük moment ise 5 katlı bir modeldir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında 5, 10 ve 15 katlı binalar kat yüksekliği 3 m, 3.5 m ve 4 m, kiriş açıklığı 3 m, 5 m ve 7 m olacak şekilde ve A ve E sınıfı zeminlerde farklı kombinasyonlarla 54 farklı model olarak tasarlanmıştır. Tüm modeller SeismoStruct adlı paket programda 15 saniye boyunca Kocaeli deprem ivmesine maruz bırakılmıştır. Analiz öncesinde tanımlanan performans kriterleri ile deprem etkisi altında yapıda meydana gelebilecek hasar durumları tespit edilmiştir. Sismik analizler sonucunda elde edilen tüm veriler değerlendirilerek sunulmuştur.

Performansa dayalı tasarım, yapının deprem etkisinde belirli bir yapısal performans göstermesini yani hasar durumu öngörülerek şekil değiştirmelerin oluştuğu ancak yapı güvenliğinin sağlandığı bir tasarım yöntemidir. Bu tez çalışması kapsamında da performansa yönelik tasarlanan yapıların değişken parametrelerinin doğurduğu hasar durumları incelenerek çeşitli çıkarımlarda bulunulmuştur.

Elde edilen bulgular ışığında;

- Kat sayısının artmasıyla birlikte artan yapı yüksekliği, yapıya gelen depremin etkisini daha da arttıracığından yapıda meydana gelebilecek hasar düzeyini arttırmaktadır.
- Hasar sınır durumları sadece kat sayısına bağlı olmamakla beraber kat yüksekliği ve toplam yapı yüksekliği ile de doğrudan alakalıdır.
- Kiriş açıklığının artması yapının rijitliğinde azalmaya sebep olduğundan kat ötelenmesi değerlerinde artışa sebep olmuştur.
- Kiriş açıklığının artması yapıda meydana gelecek kuvvet değerlerinin atmasına, dolayısıyla meydana gelecek hasar durumunda da artışa sebep olacağından üst sınırlarda tercih edilmemesine özen gösterilmelidir.
- Kat yüksekliği doğrudan yapının toplam yüksekliği ile bağlı olduğundan kat yüksekliğinin artmasıyla yapının deprem esnasındaki salınımı ile tepe noktasındaki yer değiştirme miktarında artış gözlenmiştir.
- Kötü zemin koşullarında, deprem etkisi altında zemin davranışının öngörülemeyen davranışları yapıda meydana gelebilecek öngörülemeyen hasarlara da zemin hazırlamaktadır. Bu sebeple zemin etüdünün doğru yapılması can ve yapı güvenliği için oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

- [1] Z. Celep, *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 2018.
- [2] A. F. Kartal, “Bina Deprem Yüklerinin 2007 ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., Yozgat Bozok Üniv., Yozgat, Türkiye, 2021.
- [3] S. Tunç, “Deprem Erken Uyarı Sistemi Geliştirilmesi: Bursa Örnek Çalışması,” Doktora Tezi, Fen Bil. Ens., Kocaeli Üniv., Kocaeli, Türkiye, 2022.
- [4] S. Lök, “Zaman Serisi Analizi ile Deprem Tahmini,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv., Elazığ, Türkiye, 2022.
- [5] M. Karcı, “Derin Öğrenme Yöntemlerini Kullanarak Deprem Tahmini,” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Bilişim Ens., Ankara, Türkiye, 2022.
- [6] H. E. Akın, “Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Dicle Üniv., Diyarbakır, Türkiye, 2019.
- [7] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
- [8] “Türkiye’de Meydana Gelen Depremler.” <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/turkiyede-gerceklesen-buyuk-depremler-561205.html>. (accessed Jan 15, 2023).
- [9] “Afad İstatistik.” <https://deprem.afad.gov.tr/event-statistics> (accessed Feb 24, 2023).
- [10] C. Özcan, “Kat Yüksekliği Aynı Olan Binalar ile Bodrum Kat Yüksekliği Daha Az Olan Binaların Performansının Karşılaştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Sakarya Üniv., Sakarya, Türkiye, 2008.
- [11] M. M. Temiz, “TBDY-2018’e Göre Tasarlanmış Planda A1 ve A3 Düzensizliği Bulunan Betonarme Bir Binanın Performans Analizi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., Bursa Teknik Üniv., Bursa, Türkiye, 2022.
- [12] E. Yıldız, “Mevcut 44 Katlı Betonarme Yüksek Bir Binanın TBDY 2018’e Göre Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yöntemle Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2021.
- [13] N. N. Uzunömeroğlu, “Betonarme Yapı Tasarımında Yapı Formu ve Kat Yüksekliğinin Yumuşak Kat Düzensizliğine Etkisi ve Maliyet Araştırması,”

- Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Gazi Üniv., Ankara, Türkiye, 2019.
- [14] H. Tekdemir, “Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e Göre Değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Dicle Üniv., Diyarbakır, Türkiye, 2020.
- [15] B. Yön and H. Şahin, “Çok Katlı Betonarme Binalarda Zemin Sınıfına Göre Deprem Perdesi Oranının Tespiti,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.*, cilt. 14, sayı. 2, ss. 57–73, 2009.
- [16] M. Özdemir, E. Işık, and M. Ülker, “Farklı Kat Adetlerine Sahip Betonarme Binaların Performans Değerlendirilmesi,” cilt. 5, say. 2, ss. 183–190, 2016.
- [17] E. Eren, “Betonarme Binalarda Deprem Tasarım Sınıflarının Bina Maliyetine Etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Karabük Üniv., Karabük, Türkiye, 2019.
- [18] R. Kayalar, “Geniş Açıklıklı Binalarda Belirli Kimi Taşıyıcı Sistemlerin Malzeme ve Formlarının Açıklık Geçme Açısından İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Dokuz Eylül Üniv., İzmir, Türkiye, 2010.
- [19] Z. Celep, *Betonarme Yapılar*. İstanbul: İhlas Gazetecilik A.Ş., 2020.
- [20] T. Feyizoğlu, “Yerel Zemin Sınıfı ve Deprem Özelliklerinin Tek Boyutlu Dinamik Davranışa Etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2020.
- [21] R. B. Alkan, “Farklı Zemin Koşulları Etkisinde Sismik Davranışın Doğrusal Olmayan Dinamik Çözümleme ile İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2011.
- [22] H. Sucuoğlu, “2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde Başlıca Yenilikler,” *Türk Deprem Araştırma Derg.*, cilt. 1, say. 1, ss. 63–75, 2019.
- [23] A. Dorum, Ö. Özkan, and M. Erdal, “Farklı Deprem Bölgeleri ve Farklı Zemin Sınıflarının Kaba Yapı Maliyetine Etkisi,” *Selçuk-Teknik Derg.*, cilt. 5, say. 1, ss. 1–9, 2006.
- [24] B. Uçar, “Betonarme Bir Hastane Binasının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Kapsamında Deprem Performansının Değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2019.
- [25] S. Soydan, “Doğrusal Analiz Yöntemi ile Mevcut Bir Betonarme Yapının Performans Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tahkiklerinin Yapılması,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Sakarya Üniv., Sakarya, Türkiye, 2019.
- [26] M. F. Çakır, “Farklı Yüksekliğe Sahip Boşluklu Perdeli Betonarme Yapıların

- Deprem Etkisindeki Davranışlarının Karşılaştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Kocaeli Üniv., Kocaeli, Türkiye, 2019.
- [27] E. Işık and M. Özdemir, “Normal Yüksekliğinin Farklı Olması Durumunda Yapı Performansının İncelenmesi,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Derg.*, cilt. 6, say. 1, ss. 98–106, 2017.
- [28] A. Kılınç, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Binaların Deprem Etkisi Altında Davranışının İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniv., Adana, Türkiye, 2022.
- [29] U. Gökçeoğlu, “Betonarme Bir Yüksek Binanın 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne Göre Performans Esaslı Tasarımı ve Bodrum Perde Duvar Yerleşiminin Tasarıma Etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Afet Yönetimi Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2020.
- [30] B. Çelik, “2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Antalya İlinde Tasarlanmış Olan Gevşek Zemin Sınıfına Sahip Betonarme Yapıların 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Karşılaştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., Antalya Bilim Üniv., Antalya, Türkiye, 2022.
- [31] M. D. Joyner and M. Sasani, “Building Performance For earthquake Resilience,” *Eng. Struct.*, vol. 210, no. February, p. 110371, 2020, doi: 10.1016/j.engstruct.2020.110371.
- [32] M. E. Öncü, “Betonarme Yapıların Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi,” Doktora Tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv., Elazığ, Türkiye, 2008.
- [33] “Bina performans düzeyleri.” <https://www.insaport.com/makale/yuksel-kaya/bina-performans-duzeyleri-nelerdir/>. (accessed Nov 25, 2022)
- [34] G. Öztürk, “Betonarme Binalarda Kat Yüksekliğinin Yapı Deprem Performansına Etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Bitlis Eren Üniv., Bitlis, Türkiye, 2016.
- [35] Y. U. Çapa, “Kat Adetleri Farklı Betonarme Binaların Deprem Performanslarının İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniv., İstanbul, Türkiye, 2020.
- [36] M. Karakaya, “Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Performansının Değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2013.
- [37] F. Kürkçü, “20 Katlı Betonarme Bir Yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne Göre Tasarımı ve Deprem Performansının Belirlenmesi,” Yüksek

- Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2019.
- [38] H. A. Koyunoğlu, “Depremlerin Güçlü Yer Hareketi Kısımının Betonarme Binaların Deprem Performansına Etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Yıldız Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2022.
- [39] İ. Ç. Turna, “Kat Adetleri Farklı İki Adet Betonarme Yapının Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizine Göre Tasarım Sonuçlarının TBDY 2019 Kapsamında Değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., İstanbul Aydın Üniv., İstanbul, Türkiye, 2021.
- [40] B. Yön, “Yapıları Statik ve Dinamik Yükler Etkisinde Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi,” Doktora Tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv., Elazığ, Türkiye, 2014.
- [41] U. Demir, “Mevcut Bir Binanın Performans Analizinin Doğrusal Olmayan Yöntemle İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., İstanbul Aydın Üniv., İstanbul, Türkiye, 2020.
- [42] M. F. Arat, “Performans Tabanlı Plastik Tasarım Yönteminin Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım Yöntemiyle Kıyaslanması,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Bursa Uludağ Üniv., Bursa, Türkiye, 2020.
- [43] B. Gözütok, “Betonarme Yüksek Bir Yapının Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Çözümleme Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2011.
- [44] Ö. C. Cücemen, “Prefabrik Betonarme Endüstri Yapısının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi ile Deprem Performansının Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2022.
- [45] S. Foroughi, “Betonarme Yapısal Elemanlarının Lineer Olmayan Yöntemler ile Deprem Performanslarının Belirlenmesi,” Doktora Tezi, Fen Bil. Ens., Selçuk Üniv., Konya, Türkiye, 2022.
- [46] M. E. Turan, “Mevcut Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Belirlenmesi, Güçlendirme Önerileri ve Maliyet Analizi,” Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens. İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2022.

- [47] K. F. Zeybek, "Deprem Etkisi Altındaki Yüksek Binaların 2018 Türk Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Kütahya Dumlupınar Üniv., Kütahya, Türkiye, 2022.
- [48] Ö. F. Küçükyeşil, "Değişen Kat Sayısı ve Zemin Sınıfları İçin Betonarme Yapıların Analizi ve Performanslarının Karşılaştırılması," Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Ens., Kütahya Dumlupınar Üniv., Kütahya, Türkiye, 2021.
- [49] Ö. Gök, "Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kampüs Binalarının Deprem Performanslarının Belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv., Elazığ, Türkiye, 2010.
- [50] A. Öztürk, "Zaman Tanım Alanı Hesap Yöntemi ile 30 Katlı Betonarme Bir Yapının Deprem Performansının Belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Sakarya Üniv., Sakarya, Türkiye, 2017.
- [51] G. Abuselidze, "Doğrusal Analiz Yöntemleriyle Betonarme Çerçeve Tipi Yapıların Yapısal Davranışlarının İncelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Sakarya Üniv., Sakarya, Türkiye, 2022.
- [52] İ. Yılmaz, "Fiber Eleman Yöntemi Kullanılarak Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Sismik Analizi ile Burulma Davranışının İncelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv., Elazığ, Türkiye, 2022.
- [53] M. G. P. Karahan, "Betonarme Binalarda Zemin Kat Yüksekliği Değişiminin Bina Performansına Etkisi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil. Ens., Süleyman Demirel Üniv., Isparta, Türkiye, 2018.
- [54] E. Işık, N. Sayın, And A. E. Ulu, "The Effects Of Changing Story Number And Structural Footprint Area On Building Performance in Reinforced-Concrete Buildings," *Bitlis Eren Univ. J. Sci. Technol.*, Vol. 10, No. 1, Pp. 30–34, 2020, Doi: 10.17678/Beuscitech.725367.
- [55] E. Işık and İ. B. Karaşin, "The mutual interaction between the structural footprint and number of floors in steel structures," *Res. Eng. Struct. Mater.*, vol. 7, no. 1, pp. 65–86, 2021, doi: 10.17515/resm2020.184st0310.
- [56] M. M. Al-alie, "Betonarme Binalarda Kat Yüksekliği ile Donatı Oranı İlişkisi." *A Journal of Structural Science and Innovation* vol. 1, no. 1, pp.15-19, 2019. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sciennovation/issue/49050/615879>
- [57] A. Ateş and B. Yeşil, "Düzce İlindeki Farklı Zemin Sınıfları Dikkate Alınarak Zemin Sınıfının Yapı Hasarı ve Deprem Performansına Etkisi," *İleri Teknol. Bilim. Derg.*, cilt. 7, say. 3, 2018.

- [58] E. Işık, M. Özdemir, and M. Kutunis, “Farklı Zemin Kat Yüksekliklerinin Yapı Performansına Etkisi,” *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Derg.*, cilt. 7, say. 3, ss. 445–454, 2016.
- [59] E. Sayın, B. Yön, and Y. Calayır, “Perde Konumunun ve Zemin Sınıfının Betonarme Yapılardaki Hasar Oranına Etkisi,” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Fen Bilim. Derg.*, cilt. 26, say. 1, ss. 1–6, 2010.
- [60] A. S. Erdoğan, H. Şahin , K. E. Alyamaç, “Perdeli Çerçeve Yapılarda Zemin Sınıfı ve Kat Adedi Dikkate Alınarak Gerekli Perde Oranının Tespiti,” *Sdu Int. Technol. Sci.*, cilt. 5, say. 1, ss. 74–86, 2013.
- [61] H. Bilgin, M. İnel, and H. B. Özmen, “Orta Katlı Yapıların Deprem Performansları,” *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Denizli*, 2006, ss. 247-253.
- [62] “SeismoStruct v2022. –A Computer Program for Static and Dynamic Nonlinear Analysis of Framed Structures. Seismosoft.”