

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME BİNALARDA KAT YÜKSEKLİĞİNİN YAPI DEPREM PERFORMANSINA
ETKİSİ

Gökhan ÖZTÜRK

AĞUSTOS-2016

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME BİNALARDA KAT YÜKSEKLİĞİNİN YAPI DEPREM PERFORMANSINA
ETKİSİ

Hazırlayan
Gökhan ÖZTÜRK

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK

Jüri Üyeleri

Yrd.Doç.Dr.Ercan IŞIK

Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

Yrd.Doç.Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

AĞUSTOS-2016

Gökhan ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “**Betonarme Binalarda Kat Yüksekliğinin Yapı Deprem Performansına Etkisi**” adlı tez çalışması **30/09/2016** sınavla aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/~~oy çokluğu~~ ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

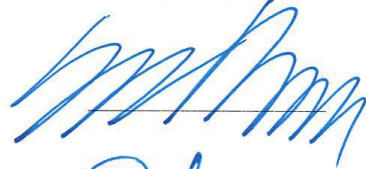
Jüri Üyeleri

İmza

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ
(Başkan)



Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK
(Danışman)



Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN
(Üye)



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ~~08.11.~~2016. gün ve ~~42/09~~ Sayılı kararı ile onaylanmıştır



Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN
Enstitüsü Müdürü

ÖZET

BETONARME BİNALARDA KAT YÜKSEKLİĞİNİN YAPI DEPREM PERFORMANSINA ETKİSİ

Gökhan ÖZTÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK

Ağustos 2016, 63 sayfa

Betonarme yapıların depreme karşı dayanıklılığının araştırılması, yapıların deprem güvenliğinin ve güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi ve incelenmesi son yıllarda daha da önem kazanmıştır. Yaşadığımız depremlerden yola çıkarak yapılarda ağır hasarların oluşması yapılarımızın yeterli emniyete sahip olmadığını göstermektedir. Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerin, kat yüksekliği farklı betonarme binalara uygulanmasını konu edinmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, betonarme yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güvenilirliği etkileyen parametrelerin değerlendirilmesi amacıyla farklı kat yükseklikleri ve farklı kat adetlerine sahip beşer tip örnek betonarme yapı modellenmiştir. Bu yapılarda kat yüksekliğinin 2.5m, 2.75m, 3.0m, 3.25m ve 3.50m olması durumunda 5 veya 7 katlı çerçevesel binalar tasarlanarak, karşılaştırılmalar yapılmıştır. Farklı kat yüksekliklerinin yapı davranışına ve performans düzeyine ne derecede etkide bulunduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kat yüksekliği, deprem performansı, yapı, betonarme

ABSTRACT

THE EFFECT OF STOREY HEIGHT ON THE EARTHQUAKE PERFORMANCE OF RC BUILDINGS

Gökhan ÖZTÜRK

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineer

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ercan IŞIK

August 2016, 63 page

To increase earthquake-resistance of reinforced-concrete buildings, to determine and examine earthquake safety of the constructions and the parameters which influence their safety have recently become important. Heavy damages on constructions after the earthquakes that we experienced shows that our constructions don't have sufficient safety. This study is about those methods for determining of earthquake performances of constructions, which have recently been developed and take gradually part in the earthquake regulations, are practiced on reinforced - concrete constructions with different storey height. Within the scope of this thesis study, five type sample reinforced-concrete constructions with different storey height and number were patterned in order to determine the earthquake safeties of current reinforced-concrete constructions and evaluate the parameters which influence confidence. In the event of that the storey height of is 2.5m, 2.75m, 3.0m, 3.25m and 3.50m, 5-storey and 7-storey framed buildings were designed and compared in terms of economy and statics. It was aimed to determine how much different storey heights influence construction behaviour and performance level.

Keywords: Storey height, earthquake performance, building, RC

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli bilgi ve yardımlarını hiçbir şekilde esirgemeyen, çalışmalarımın her aşamasında değerlendirmeler yaparak yön veren Sn. Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK'a minnet ve şükranlarımı sunarım. Çalışmalarımın her aşamasında değerli katkılarını benden esirgemeyen Öğr. Gör. Mesut ÖZDEMİR'e ve Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde görevli tüm personele teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatım boyunca en iyi seviyeye gelmem için maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	6
3.1. Giriş	6
3.2. Temel İlkeler.....	6
3.3. Deprem Etkisi Altında Davranış.....	7
3.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri	7
3.4.1. Yapının Geometrisi	7
3.4.2. Süreklilik	8
3.4.3. Süneklik.....	8
3.4.4. Rijitlik.....	9
3.5. Performansa Dayalı Yapı Tasarımı	9
3.5.1. Giriş	9
3.5.2 Performans Amaçları.....	10
3.5.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	11
3.5.3.1. Hemen kullanım (hasarsızlık) sınır durumu (fullyoperational).....	12
3.5.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety)	12
3.5.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (nearcollapse).....	13
3.5.3.4. Göçme durumu sınır durumu (collapse).....	13
3.5.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri	13
3.5.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi	14
3.5.4.2. Orta bilgi düzeyi	14

3.5.4.3. Kapsamlı bilgi düzeyi.....	14
3.5.5. Deprem Hareketi.....	14
3.5.5.1. Servis (kullanım) depremi	14
3.5.5.2. Tasarım depremi	15
3.5.5.3. En büyük deprem.....	15
3.5.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri.....	15
3.6. Deprem Performansı Hesaplama yöntemleri.....	16
3.6.1 Giriş	16
3.6.2. Doğrusal Elastik Yöntemler	18
3.6.2.1. Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performans Değerlendirmesi.....	18
3.6.2.2. Mevcut Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performansının Değerlendirmesi	19
3.6.3. Doğrusal Olmayan Yöntemler.....	19
3.6.3.1. Performans değerlendirmesinde izlenecek yol	20
3.6.3.2. Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi	20
3.6.3.3. Modal Yer Değiştirme İsteminin Hesabı.....	21
4. BULGULAR	22
4.1. Giriş	22
4.2. Hesap yöntemi	22
4.3. Artımsal Eş değer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi	22
4.3.1. Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi	23
4.3.2. İncelenen Binaların Yapısal Özellikleri	24
4.3.3. 5 Katlı Yapı Modeli İçin Modal Yer Değiştirme İstemlerinin Hesabı.....	25
4.3.3.1. $h_{kat}=2.5m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	26
4.3.3.2. $h_{kat}=2.75m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	27
4.3.3.3. $h_{kat}=3.0m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	29
4.3.3.4. $h_{kat}=3.25m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	30
4.3.3.5. $h_{kat}=3.5m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	32
4.3.4. 7 Katlı Yapının Modal Yer Değiştirme İstemi (2.5m, 2.75m, 3.0m, 3.25m, 3.50m).33	
4.3.4.1. $h_{kat}=2.5m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	34
4.3.4.2. $h_{kat}=2.75m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	36
4.3.4.3. $h_{kat}=3.0m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	38
4.3.4.4. $h_{kat}=3.25m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	40
4.3.4.5. $h_{kat}=3.5m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları.....	41
4.4. Yapıların Performansının Belirlenmesi	43
4.4.1. 5 Katlı Yapının Performansının Belirlenmesi	43
4.4.2. 7 Katlı Yapının Performansının Belirlenmesi(2.5m, 2.75m, 3.0m, 3.25m, 3.50m)	44
4.4.3. Yapıların Performansının Karşılaştırılması	45

4.4.4. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 2.5m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması	47
4.4.5. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 2.75m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması .	49
4.4.6. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 3.0m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması	51
4.4.7. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 3.25m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması ..	53
Çizelge 4.5. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.25m$ olan yapıların hasar durumu	55
4.4.8. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 3.5m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	64



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Farklı deprem aşılma olasılıkları için spektrum eğrileri (DBYYHY).....	11
3.2. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	12
3.3. Kesit hasar sınırları [5]	13
3.1. Eşit yer değiştirme kuralı.....	17
4.1. Statik itme eğrisi.....	23
4.2. Yapı planı	24
4.3. X doğrultusu yük tanımı	25
4.4. Çalışmada kullanılan kolon ve kiriş en kesitleri.....	26
4.5. $h_{kat}=2.5m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	26
4.6. $h_{kat}=2,5m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi	27
4.7. $h_{kat}=2.75m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	28
4.8. $h_{kat}=2,75m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi	28
4.9. $h_{kat}=3.0m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	29
4.10. $h_{kat}=3.0m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi	30
4.11. $h_{kat}=3.25m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	31
4.12. $h_{kat}=3.25m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi	31
4.13. $h_{kat}=3.5m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	32
4.14. $h_{kat}=3.5m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi	33
4.15. Yapı planı	33
4.16. X yönünden yük tanımlı 7 katlı yapı modeli	34
4.17. $h_{kat}=2.5m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	35
4.18. $h_{kat}=2.5m$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi	36
4.19. $h_{kat}=2.75m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	37
4.20. $h_{kat}=2.75m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi	38
4.21. $h_{kat}=3.0m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	39
4.22. $h_{kat}=3.0m$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi	39
4.23. $h_{kat}=3.25m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	40
4.24. $h_{kat}=3.25m$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi	41
4.25. $h_{kat}=3.25m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu	42
4.26. $h_{kat}=3.5m$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi	42

4.27. 5 katlı kat yükseklikleri farklı yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması	43
4.28. 7 katlı kat yükseklikleri farklı yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması	44
4.29.a. 5 katlı yapıların farklı kat yüksekliklerinin yer değiştirme istemlerinin karşılaştırılması.	44
4.29.b. 7 katlı yapıların farklı kat yüksekliklerinin yer değiştirme istemlerinin karşılaştırılması	45
4.30. Sınır hasar seviyelerinin idealize edilmiş modal kapasite spektrumları üzerinde tanımlanması[34]	46
4.31. Kesit hasar sınır ve bölgeleri	46
4.32. Kesit hasar sınır ve bölgeleri temsil renkleri	47
4.33. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2,5$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması.....	47
4.34. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2,5m$ olan yapıların hasar durumları	48
4.35. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2.75$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması.....	49
4.36. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2.75m$ olan yapıların hasar durumları	50
4.37. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.0m$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması	51
4.38. 5 ve 7 $h_{kat}=3.0m$ olan yapıların hasar durumları	52
4.39. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.25$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması.....	53
4.40. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.25m$ olan yapıların hasar durumları	54
4.41. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.5$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması.....	55
4.42. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.5m$ olan yapıların hasar durumları	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

3.1. Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri	16
4.1. Yapı modelinde kullanılan malzeme ve yapısal özellikleri.....	25
4.2. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2.5m$ olan yapıların hasar durumu.....	48
4.3. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2.75m$ olan yapıların hasar durumu.....	50
4.4. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.0m$ Olan Yapıların Hasar Durumu	52
4.6. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.5m$ olan yapıların hasar durumu.....	57
5.1. Analizi yapılan yapıların maksimum periyotları	59
5.2. Maksimum yer değiştirmeler ve taban kesme kuvvetleri.....	59

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A_o	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
BA	Betonarme
C_{R1}	Spektral yer değiştirme oranı
d_i	(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yer değiştirme
$d_1^{(p)}$	Birinci moda ait modal yer değiştirme istemi
DBYBHY	Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
I	Yapı önem katsayısı
n	Hareketli yük çarpanı
S(T)	Spektrum katsayısı,
$S_{ae}(T)$	Elastik spektral ivme
S_{di1}	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yer değiştirme
T_1	Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	Spektrum Karakteristik Periyotları
u_{xN1}	Binanın tepesinde (n'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme
β	Düzeltilme çarpanı
w	Ağırlık katsayısı
η_{bi}	Burulma düzensizliği katsayısı
Φ_{xin}	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x eksenine doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{yin}	Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y eksenine doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{xN1}	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{x1}	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

1. GİRİŞ

Ülkemizde doğal afetlerin sıklıkla yaşanmasının nedenleri arasında ülkemizin jeolojik özellikleri, topografik yapısı ve iklim özelliklerini de sayabiliriz. Doğal afetler neden oldukları can kayıpları yanında ülkemiz için önemli sayılacak ekonomik kayıplar da meydana getirmektedir. Ülkemizde çoğunlukla yaşanan doğal afetlerin en önemlilerinden biri de depremdir. Deprem: Yerkabuğu içindeki kırılmaların sebep olduğu titreşimlerin dalgalar halinde ani bir şekilde yayılması sonucu yeryüzüne ulaşmış geçtiği bölgelerde; toprak kaymaları, yapılarda hasar ve göçmeler meydana getirerek can kaybına ve maddi hasarlara neden olur. Deprem etkisi ile meydana gelen can kayıplarının ve maddi hasarların hemen hepsi yapıların göstermiş olduğu davranış ile ilgilidir.

Yapıların deprem performansı yeni bir olgudur. Deprem performansı, “bir yapıda oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımı belirli bir deprem etkisi altında belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanabilir. Bu yöntem öncelikle mevcut yapılar için kullanılırken yapı tasarımında da kullanılabilir hale gelmiştir.

Tasarım deprem kuvveti altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek şekil değiştirmelerinin sayısal olarak belirlenmesi, performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde yapılabilmektedir. Belirlenen hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir şekil değiştirme limitlerinin altında olup olmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir şekil değiştirme limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır [1, 2, 3].

Betonarme yapıların depreme karşı dayanıklılığının araştırılması, yapıların deprem güvenliğinin ve güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi ve incelenmesi son yıllarda daha da önem kazanmıştır. Bu nedenlerle, betonarme yapıların deprem davranışlarının ve güvenliklerinin belirlenmesi deprem mühendisliğinin güncel konuları arasında yer almaktadır. Yaşadığımız depremlerden yola çıkarak yapılarda ağır hasarların oluşması yapılarımızın yeterli emniyete sahip olmadığını göstermektedir. Bu nedenle yapıların deprem etkileri altındaki davranışları incelenirken yapıların depreme karşı dayanıklılığına etki edecek faktörlerin bilinmesi önem kazanmaktadır.

Toplumun büyük bir kesiminin “bir şey olmaz” düşüncesinden kurtulup daha rasyonel düşünmeye başlaması ve de deprem bilincinin artması, son yıllarda gerek kişi bazında gerekse kurumsal bazda bina sahipleri binalarının muhtemel bir depreme karşı sergileyecekleri performansı öğrenmek istemelerinin sebeplerinden olmuştur. Resmi Gazete’de 2007 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’in (DBYBHY 2007) Yedinci Bölüm’ü bu ihtiyaca cevap verecek niteliktedir [4,5]. Bölüm 7’ye göre, doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile mevcut yapıların deprem performansı.2007 yılından önce ki yıllarda yayımlanan yönetmeliklerde hedef olarak, genel anlamda binanın küçük depremleri hasarsız atlatması, büyük depremleri can güvenliğini sağlayan sınırlı hasarla atlatması ve çok büyük depremleri de toptan göçme olmadan atlatması gibi performans seviyeleri belirlenmiştir. Fakat DBYBHY 2007’de binaların performansa dayalı değerlendirmesinde bu durumları daha belirgin olarak ve daha kapsamlı bir şekilde tanımlanmış, deprem kuvveti etkisi altında yapıdan beklenen performans düzeyinin ortaya çıkması için kullanılacak yöntemler belirlenmiştir.

1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Dünyada ve ülkemizde özellikle son yıllarda yaşanan depremler sonrası mevcut yapıların deprem güvenliğinin tespiti önem kazanmıştır. Mevcut betonarme yapılar için performansa bağlı analiz yöntemleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Doğal afetlerle (deprem, sel, heyelan vb.) oluşacak hasar miktarı, yapıların savunmasızlığı arttıkça bu miktar da artış gösterecektir. Doğal afetlerin büyüklüğü ve yapıların ülkemizde kullanılan TS500, TDY2007 gibi yönetmeliklerde belirlenen şartlara uygun projelendirilmemeleri ve uygulamada yapılan yanlışlar oluşabilecek zararı doğrudan etkileyecektir [16].

Yapıların yüksekliği, yapıların depreme karşı dayanıklılıklarının belirlenmesinde dikkate alınması gereken unsurlardan biridir. Yapı yüksekliği yapıyı meydana getiren katların toplam yüksekliğidir. Bu çalışmada kat yüksekliği değişken olarak seçilmiştir.

Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerin, kat yüksekliği farklı olan betonarme binalara uygulanmasını konu edinmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, betonarme yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güvenilirliği etkileyen parametrelerin değerlendirilmesi amacıyla farklı kat yükseklikleri ve farklı kat adetlerine sahip beşer tip örnek yapı modellenmiştir. Bu yapılarda kat yüksekliğinin 2.5m, 2.75m,3.0m, 3.25m ve 3.50m olması durumunda 5 ve 7 katlı çerçeve binalar tasarlanarak ekonomik ve statik yönden karşılaştırılması yapılmıştır. Farklı kat yüksekliklerinin yapı davranışını ve performans düzeyini ne derecede etkilediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkate alınan deprem performansı hesaplama yöntemleri tanıtılmış ve bu yöntemlerin nasıl uygulanacağı hakkında bilgi verilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bir önceki bölümde tarif edilen performansa dayalı tasarım ve mevcut yapıların performansları ile ilgili yerli ve yabancı birçok çalışma yapılmıştır.

Habibullah ve Pyle [6], yaptıkları çalışmada FEMA ve ATC-40'taki yapı performans seviyelerine bağlı olarak yapıların üç boyutlu doğrusal olmayan statik itme analizininSAP2000 programı ile nasıl yapıldığını açıklamışlardır.

Ganzerli vd.[7], çalışmalarında yapısal optimizasyonu kullanarak, tasarlanacak binalar için performansa dayalı sismik tasarım için yeni bir metot öngörmüşlerdir. Çalışmada verilmiş olan deprem büyüklüğü altında performans seviyelerine göre binaların tasarımını incelemişlerdir.

Kapasite spektrumu da performansa dayalı mühendislik uygulamalarında kullanılan farklı bir kavramdır. Kapasite Spektrum Metodu, mevcut yapıların sismik açıdan hasar görebilirliğinin kısa süre içerisinde değerlendirilmesi için Freeman tarafından 1975 yılında geliştirilmiş bir yöntemdir [8].

Chopra ve Goel [9], çalışmalarında binalara deprem davranışını belirlemek için modal itme analizi(Modal Pushover Analysis)uygulamışlardır. Çalışma pushover analiz prosedürünü geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada dokuz katlı bir binanın analizi yapıp bazı katların plastik mafsalları belirlenmiştir.

Maison [10], seçmiş olduğu binaların FEMA'ya göre artımsal itme analizini gerçekleştirerek bir değerlendirme sunmaktadır. Bu değerlendirmede, artımsal itme analizinin tartışmaya müsait konularına da açıklık getirmeye çalışmıştır.

Işık ve Kutanis [11], yaptıkları çalışmalarda Bitlis ilinde bulunan 16 adet betonarme bina için performansa dayalı değerlendirme yapmış ve öneriler sunmuşlardır.

Özcan'ın [12], yapmış olduğu yüksek lisans tezinde yapıda bulunan bodrum kat yüksekliğinin kat yüksekliği seviyesine çıkarılması durumunda oluşan yapının performansı artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesap etmiştir.

Çok serbestlik dereceli bir yapı sisteminin elastik ötesi dinamik davranışını, tek serbestlik dereceli yapı davranışı ile ilişkilendirilen ilk çalışmalardan birini de Gülkan ve Sözen [13] yapmışlardır.

Aydinoğlu [14], çalışmasında ifade ettiği artımsal spektrum analizi (ARSA) yönteminin esasını modal kapasite diyagramlarının yaklaşık olarak elde edilmesine bağlamaktadır.

Hüryaşar'ın [15], yaptığı çalışmanın hedefinde, basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin üç boyutlu betonarme örnek binalardaki verimliliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, ilk olarak, tüm yapılar, DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmıştır. İkinci olarak, bu yapıların statik itme eğrileri çeşitli yollarla hesaplanmıştır. Ve bu eğrilerin sonuçları, özenle hazırlanan artımsal dinamik analiz (İDA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, deplasman ve taban kesme kuvvetleri yönünden oluşturulan grafiklerle verilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Giriş

Yapı sistemlerinin tasarımında yük, malzeme ve boyut koşulları olmak üzere üç ana unsur bulunmaktadır. Bu unsurların yanı sıra yapının statik sistemi de önemli bir yer tutmaktadır [17]. Betonarme yapılar, güvenli bir şekilde taşıması gereken düşey yükler ile birlikte yatay kuvvetleri de güvenli bir şekilde taşınmalıdır. Betonarme yapılarda düşey yükleri hareketli yükler, sabit yükler sınıfında sayılan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların ağırlıkları oluşturur. Deprem ve rüzgâr etkileri ise en önemli yatay yükleri oluşturur. Bunlar düşey yüklerden farklı bir özelliktedir, bunun için yapının güvenliğini sağlarken ilgili konstrüktif kurallara uyulması ve taşıyıcı sistem davranışının esas alınması gerekir [18].

3.2. Temel İlkeler

Türkiye genelinde mevcut binaların yeterli emniyete sahip olamamasının sebebi, çok az bir kısmının yönetmeliklerin şartlarını sağlayacak durumda olmasıdır. Mevcut binaların deprem kuvvetlerine karşı dayanımının belirlenmesi, yerleşim bölgelerini etkilemesi muhtemel depremlerde deprem zaiyatlarının minimum seviyeye indirilmesi için öncelikle gereklidir. Depremde en etkili zarar azaltma metodu, özellikle yıkılma veya ağır hasar görme riski bulunan binaların deprem güvenliğinin artırılması, eğer bu işlem ekonomik açıdan uygulanabilir sınırlar içinde değilse yıkılarak yeniden yapılması daha uygun bir yöntemdir. [19].

Gelecekte oluşacak deprem riski altında bir bölgenin can ve mal kaybının hesaplanması yapılırken o bölgede kullanılan yapının özellikleri de dikkate alınarak hesaplanmalıdır. Gelecekte oluşma olasılığı olan deprem etkisi altındaki mevcut yapıların, davranışları incelenirken, olası yaşanacak depremin etkileyeceği bölgeler üzerinde kullanılan yapıların dikkate alınması ile daha etkin ve gerçekçi sonuçların elde edileceği ortadadır. Kuvvetli yer hareketlerinin oluşabileceği bölgelerdeki yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarını olumsuz etkileyecek hususların bilinmesi deprem sonucunda oluşabilecek hasar risklerini azaltma yönünde daha ciddi yaklaşımların ortaya konulmasını sağlayacaktır [20].

Risk azaltma çalışmalarının diğer ayağını ise yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerine göre inşa edilmesi oluşturmaktadır. Afet öncesi gerekli tedbirlerin alınması zarar miktarını azaltma yönünde ciddi bir yaklaşımdır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının işlevinin devam etmesinin sağlanması, hasar durumlarının sınıflandırılması

ve yapı içerisindekilerin hayatta kalmasını sağlamak şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde korunma ilkeleri söz konusudur [21].

3.3. Deprem Etkisi Altında Davranış

Taşıyıcı sistem kendi ağırlığını inşa edilmeye başladıktan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üstüne gelen düşey faydalı yükler de benzer türden özelliğe sahiptir. Belirli bir süre içerisinde de hareketli yükün taşıyıcı sistemi etkilemesi durumu gerçekleşir. Yükleme ve bu yüklemenin değeri bir süre içerisinde olduğundan, taşıyıcı sistemde oluşan kusurlar ortaya çıktığında, tedbir olarak hemen yük boşaltma yönüne gidilir. Rüzgâr ve deprem kuvvetleri çok kısa sürede yapıya etki ederek dinamik özellik gösterir. Taşıyıcı sistemlerden daha önce herhangi bir yatay yükleme altında kalmayan elemanlarında kısa bir zaman zarfında ortaya çıktığı için, herhangi bir tedbir almak veya yüklemeyi etkilemek mümkün olmaz [18].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel olarak sünek taşıyıcı sistemler ön plana çıkmıştır. Bununla birlikte önemle vurgulanan diğer husus ise, yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim bölgelerinde göstereceği özendir. Diğer önemli hususlardan biri de taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeleri sınırlandırılarak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılmasıdır. DBYBHY 2007’de tanımlanan tasarım depremi, yapı önem katsayısı birim olan yapılar için dönüşüm periyodu 475 yıl ve 50 yıllık süre içinde aşılması olasılığı % 10 olan yer hareketine karşı gelmektedir [18].

3.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri

3.4.1. Yapının Geometrisi

DBYBHY 2007’de yapıların deprem davranışını olumsuz şekilde etkilemesi nedeniyle düzensiz yapı uygulamasından uzak durulması gerektiği belirtilmiştir. Buna rağmen bu düzensizliklerin uygulanması zorunlu hale geldiğinde ise ek boyutlama esasları ve konstrüktif kurallar oluşturularak düzensiz yapıların dayanım düzeyi yükseltilmeye çalışılmıştır. Mühendisliğin önemli konularından biri de yapıların deprem sırasında davranışının belirlenmesi konusudur. Bundan dolayı deprem davranışını etkileyen etkenler iyi bilinmelidir. Bu etkenler arasında yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması önemli bir yer tutmaktadır [22]. Yapının basit düzenlenmesi, yapının depreme dayanıklılığının ne derece yüksek olduğu yapılan

gözlemlerle ortaya konulmuştur. Bu durumu, çeşitli nedenleri göz önünde bulundurarak açıklamak mümkündür. Basit ve düzenli yapıların yapımı da kolay olduğu gibi yapımında hata yapma olasılığı da azdır. Bundan dolayı bu tür yapıların depremdeki davranışını tahmin etmek kolay olduğu için, buna göre de bir çözümlene yapmak daha kolaydır. Düzensiz ve karmaşık yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan etkileri göz önüne almak daha uzun ve yorucu işlemler gerektirir. Üç boyutlu çerçeve hesapları da ek bir zorlamanın ortaya çıkmasına müsaade etmek, burulma etkisini hesaba katılabilmekten daha mantıklıdır [23].

3.4.2. Süreklilik

Davranışı olumlu yönde etkileyen faktörlerden biri de plan ve düşeyde bulunan taşıyıcı sistem elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesidir. Sistemdeki belirli bölgelerinin aşırı zorlanmasını kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılmasını önler. Temelden çatıya kadar bütün kolon ve perdeler sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetleşmelerinden uzak durulması gerekmektedir. Elemanların süreklilik ile birbirine taşıyıcı sistemde yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi arttırılmış olur. Bundan dolayı dinamik enerjinin yutulan kısmı, bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı dolayısıyla da büyütülmüş olur [23].

3.4.3. Süneklik

Düşey yükler altında projelendirme daha çok dinamik deprem yüklerinin karşılanmasında önem kazanır. Çünkü taşıyıcı elemanların veya taşıyıcı sistemin sünekliliği, işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında taşıyıcı elemanların yardımlaşmasını sağlamanın yanında enerji yutma sonucunu doğurmaktadır [23].

Süneklilik, bir kesitin, elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, yer değiştirme yapma ölçüsü olarak, sistem süneklik oranı ise, göçme sırasındaki toplam şekil değiştirmelerin lineer şekil değiştirmelere oranlanarak tanımlanmaktadır. Sistem süneklilik oranının büyük değerler alması sonucu, göçmeden önce yapı yeterli düzeyde lineer olmayan şekil değiştirme yapabilmesini sağlamaktadır [24].

3.4.4. Rijitlik

Yeterli rijitlik, dayanım ve süneklik deprem etkisindeki betonarme binalarda tasarımda dikkate alınan ilkelerin başında gelmektedir [25]. Yapı için; ikinci mertebe momentlerini mümkün olduğunca küçültmek, sıkça oluşan depremlerde yapısal olmayan hasarları azaltmak için yeterli rijitlik gerekli olmaktadır. Yatay yükler etkisinde yapı rijitliğinin en önemli ölçütü elemanın kendi rijitliği ve yapıda bir katın alt kata göre yapmış olduğu görelî ötelenme miktarıdır [26,27]. Rijitlik için yapının geometrisi değil, düşey taşıyıcıların konumu ve bunların her iki doğrultudaki boyutu önemli olmaktadır. Betonarme bir yapıda, rijitlik hesabında kolon ve perde elemanların dikkate alınmasının yeterli olması, düşey taşıyıcı olan bu elemanların dolgu duvarlara göre daha rijit davranmasıdır. Elemanlarda kullanılan malzemenin özellikleri (elastisite modülü), elemanın enkesit boyutları ve eleman uçlarının mesnetlenme biçimleri düşey taşıyıcı elemanların rijitliklerinin hesabında etkili olmaktadır [27].

3.5. Performansa Dayalı Yapı Tasarımı

3.5.1. Giriş

Mevcut yapılarda gerekli denetim ve hesapların olası bir depremden önce yapılarak ve yetersiz görülen yapıların olası bir depremden hedeflenen dayanım düzeyine yükseltilmesi için uygulanacak iyileştirme uygulamalarına karar verilmesi yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas amaçtır. Kentsel yerleşimlerde yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan, deprem tehlikesi altında olan pek çok yapı olduğu bilinmektedir [20].

Performansa dayalı deprem mühendisliği ile sismik performansları belirlenebilen güvenli yapıların inşa edilmesi mümkündür. Bu kavram, deprem mühendisliğinde yeni gelişmektedir. İlk olarak deprem dayanımlarının değerlendirilmesi ve mevcut yapıların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin hesaplanması için geliştirilmiştir. Zamanla yeni yapıların tasarımında da kullanımı önem kazanmıştır.

Deprem mühendisliğinde bu yöntem, deprem kuvveti altında yapılardan beklenen dayanım düzeyinin belirlenmesi için kullanılır. Performans seviyesi, depremden sonra yapıda meydana gelebilecek hasar durumu ile ilgilidir. Belirli bir depremden yapıda birden fazla hasar seviyesinin ortaya çıkması performansa dayalı yapı tasarımıyla öngörülür [28].

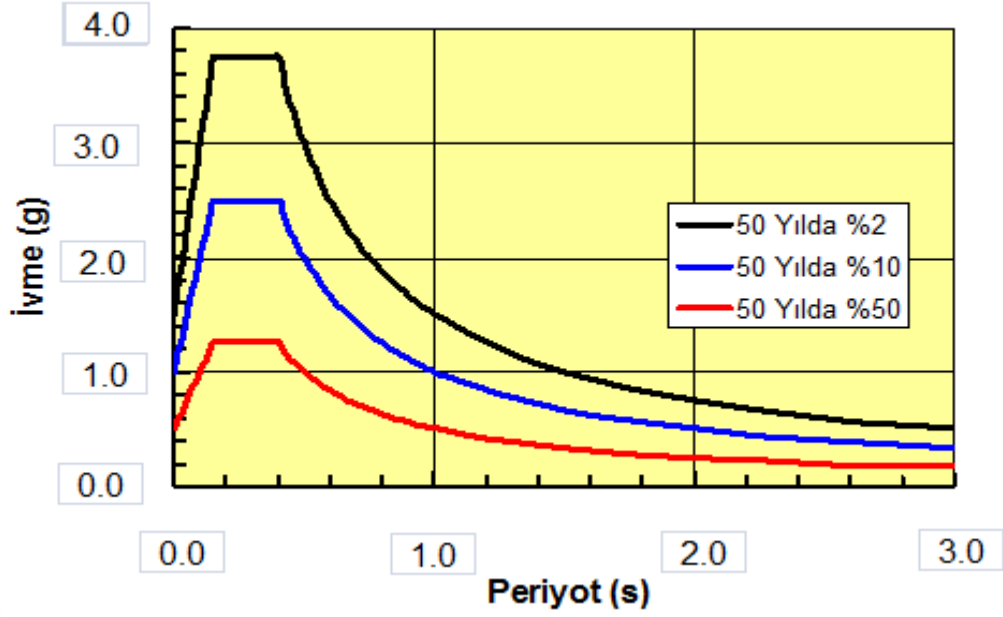
3.5.2 Performans Amaçları

Son yüzyılda deprem mühendisliğindeki gelişmeler artarak ortaya çıkmıştır ve gelişmesini sürdürmeye devam etmektedir. Yaşanmış her depremin akabinde dersler çıkarılmış ve tasarım felsefeleri ilerletilerek geliştirilmiştir.

İnşaat mühendisliğinde, performansa dayalı deprem mühendisliği çok önemli bir eksikliği gidermiştir. Öngörülen sismik tehlike altında, bir yapının veya yapı stoğunun, hangi performans düzeyini göstereceği kantitatif olarak hesaplanabildiğinden, var olan bir yapının yol açacağı maddi kayıpları ve muhtemel can kaybını belirlemek performansa dayalı tasarım ve değerlendirmede mümkün olabilmektedir. Deprem mühendisliği, doğal bir olay olan depremin “afet” e dönüşmemesi için, karar verme konumunda bulunanları, sayısal verilere ve hesaplamalara dayanarak rasyonel bir biçimde bilgilendiren bir yaklaşımdır.

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinde, deprem isteminin de hesaplanması, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın belirlenmesi gerektiği Aydınoğlu [2,14], Chopra ve Goel [9] ve Freeman [8] ‘nın çalışmalarında da görülmektedir.

Olabilecek herhangi bir depremde performansları belirlenebilen güvenli yapıların inşa edilmesini sağlamak Performansa Dayalı Deprem Mühendisliği’nin amacıdır. Bu bağlamda, öncelikle yapıların maruz kalacağı olası deprem tehlikesinin yerel olarak gerçekçi bir şekilde belirlenmesi, büyük önem taşımaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Farklı deprem aşılma olasılıkları için spektrum eğrileri (DBYYHY)

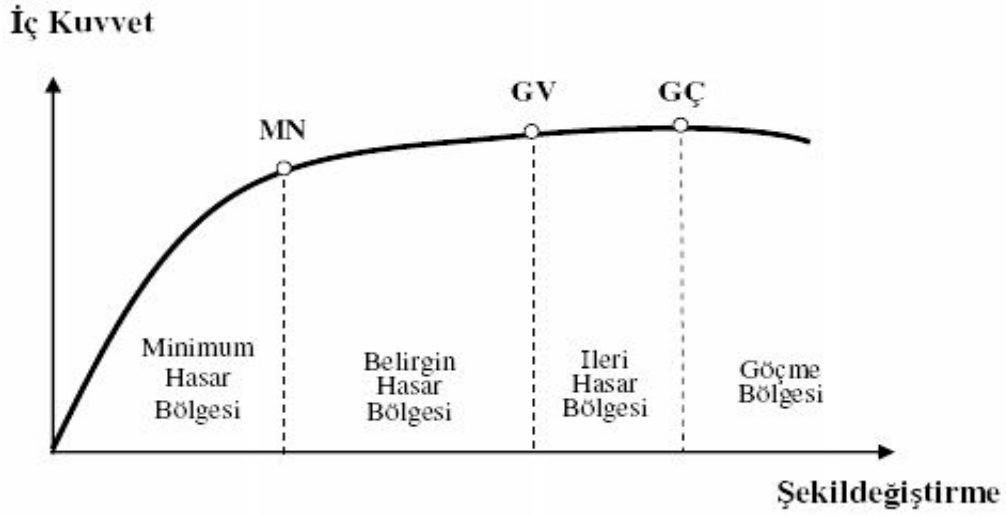
İkinci aşama, belirlenen bu deprem tehlikesinin gerçekleşmesi durumunda, yapıdan beklenen performans seviyesine karar verilmesidir. Son adım ise, doğrusal elastik olmayan (nonlinear) yapı analizleri ile tasarımı gerçekleştirmektir.

3.5.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Depreme dayanıklı yapı tasarımında beklenen amaç, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içerisinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırın ötesinde, ancak taşıyıcı sistemde basit yöntemlerle onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek olan şiddetli depremleri büyük hasarlarla ancak taşıyıcı sistemin tamamen göçmenin meydana gelmemesi ve can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, değişik sınır durumlarına karşı belirli düzeylerle güvenlik sağlanması amacıyla, depremden hemen sonra yapının işlevine devam edebilmesi, meydana gelen deprem hasarının sınırlı ve onarılabilir olması, yapı içerisindeki can güvenliğinin sağlanması ve göçmenin önlenmesi şeklinde olmak üzere kısımlar belirlenmiştir. Beklenen güvenlik düzeyi, yapının önemine, kullanım amacına ve yapıdan beklenen performansa bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durumu belirlenmiştir. Bunlar minimum hasar sınırı (MN), güvenlik sınırı (GV) ve göçme sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak

sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını belirtmektedir. Gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez [29]. Kesit hasar sınırları Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

3.5.3.1. Hemen kullanım (hasarsızlık) sınır durumu (fullyoperational)

Uygulanan deprem kuvveti altında elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar ve yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir. Kalıcı ötelenmeler yapıda oluşmamıştır. Akma sınırının az sayıda elemanda aşıldığı görülmüş olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda onarılabilir çatlama görülebilir [20].

3.5.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety)

Uygulanan deprem kuvveti altında yapı elemanlarının bir kısmında hasar görülür ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadır. Düşey yüklerin taşınması için düşey elemanlar yeterlidir. Yapısal olmayan elemanların hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarları yıkılmamıştır. Gözle fark edilebilir düzeyde olmayan oluşabilir. Yapıda az miktarda kalıcı dönmeler oluşabilir [14].

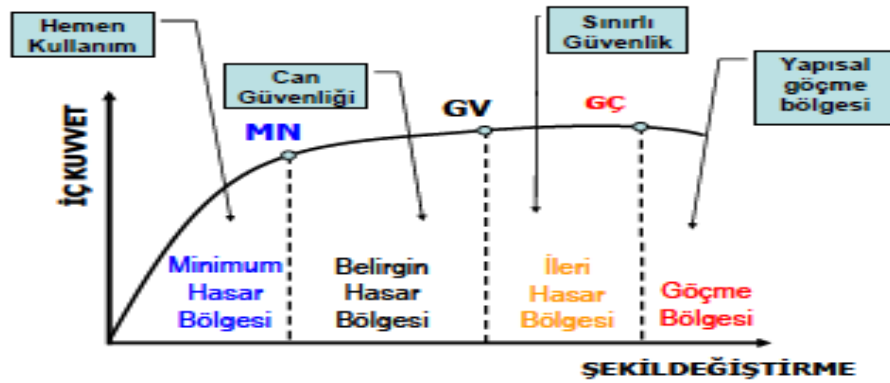
3.5.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (nearcollapse)

Uygulanan deprem kuvveti altında yapı elemanlarının önemli kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımak için yeterlidir, ancak bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarlarının bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur [20].

3.5.3.4. Göçme durumu sınır durumu (collapse)

Uygulanan deprem kuvveti altında yapı göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyen elemanlar düşey yükleri taşıyabilmektedir; fakat rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelecek hafif şiddette bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir.[23]

Hasar sınırları ve hasar bölgeleri Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Kesit hasar sınırları [5]

3.5.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri

Yapının taşıyıcı elemanları konusunda bilgi toplanması yapının deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması için gerekir. Taşıyıcı sistem

boyutlandırılması ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, yapının projelerinden ve raporlarından, yapıda yapılacak gözlem ve ölçümlerden, yapıdan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden, taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman boyutları elde edilir. Yapısal sistemin tanımlanması, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın belirlenmesi, binadan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler olup sahada derlenen tüm bu bilgilerin yapının varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür [1].

3.5.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi

Binaya ait taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Binada yapılacak ölçümlerle taşıyıcı sistem özellikleri belirlenir. Bilgi düzeyi katsayısı 0,70'dir ve sınırlı bilgi düzeyi 'Deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalar' ile 'İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar' için uygulanamaz. [1].

3.5.4.2. Orta bilgi düzeyi

Binaya ait taşıyıcı sistem projeleri yok ise sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer projeler var ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri kontrol edilir. Bilgi düzeyi katsayısı 0,90'dır [1].

3.5.4.3. Kapsamlı bilgi düzeyi

Binaya ait taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur ve yeterli düzeyde ölçümler yapılarak projede bilgilerin kontrol edilmesi sağlanır. Bilgi düzeyi katsayısı 1,00'dir [1].

3.5.5. Deprem Hareketi

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda göz önüne alınmak üzere farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genellikle, 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılıklarına göre ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman periyodu ile ifade edilir.

3.5.5.1. Servis (kullanım) depremi

50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremlerdir. Ortalama dönüş periyodu 75 yıldır. Aşağıda tanımlanan tasarım depreminin yarısı, bu depremin etkisi kadardır.

3.5.5.2. Tasarım depremi

50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremlerdir. Ortalama dönüş periyodu 500 yıldır. Bu deprem 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'nde esas alınmaktadır. Tasarım depreminde, binanın taşıyıcı sisteminde yapısal elemanlarda oluşacak hasarı kabul eder ve sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalmasını DBYBHY-2007'de öngörülür. Bu durum, sınırlı hasarın kabul edilmesi taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının kullanılmasına karşılık gelen bir kabuldür [23].

3.5.5.3. En büyük deprem

50 yılda aşılma olasılığı %2, dönüş periyodu yaklaşık 2500 yıl olan depremdir. Bu depremin etkisi, tasarım depreminin yaklaşık 1.50 katıdır [30].

3.5.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Bir bina için belirli bir deprem hareketi altında öngörülen yapısal performans olarak performans hedefi tanımlanır. Bir yapıyı oluşturan taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlarının performans seviyesine yapısal performans denir. Bir yapı için, birden fazla deprem altında farklı performans hedefleri beklenebilir. Bu duruma da çok seviyeli performans hedefi denir.

Deprem yönetmeliğinde öngörülen çok seviyeli performans hedefi aşağıdaki tabloda örnek olarak verilmiştir. Bu tablo yeni tasarımı yapılacak binalar için söz konusu olan bina önem tablosu katsayısına benzerdir. Yeni ve yapılacak yapılar için bina önem katsayısı ile karşılanması öngörülen deprem etkisi artırılır. Mevcut binalarda ise binanın kullanım amacı ve türü, deprem etkisine göre binanın sağlaması gereken performans hedefini değiştirmektedir [31].

Çizelge 3.1.Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri [5]

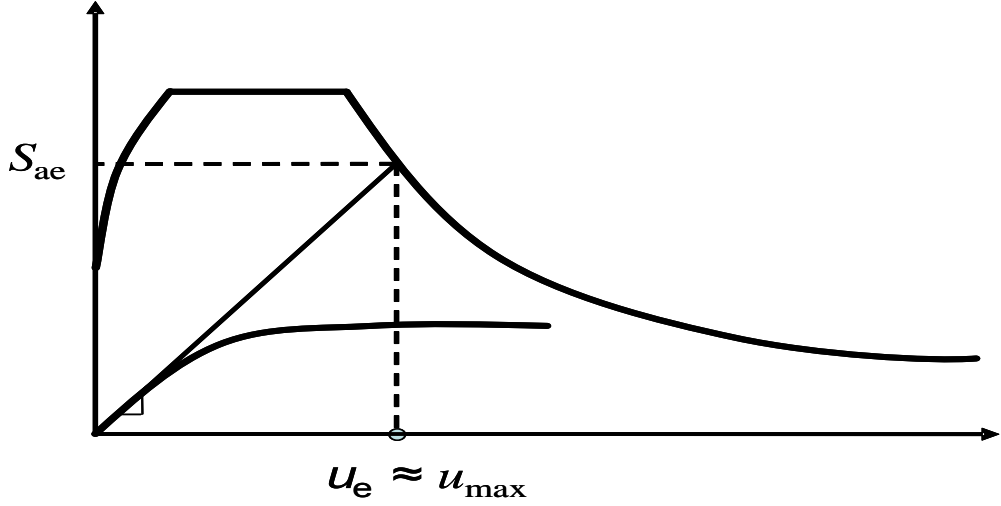
Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılıda %50	50 yılıda %10	50 yılıda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

3.6. Deprem Performansı Hesaplama yöntemleri

3.6.1 Giriş

Performansa göre tasarımda, kuvvete dayalı tasarımdakinin aksine dayanım, doğrusal elastik olmayan yöntemlerle yapılan hesaplarla bilinmekte, buna karşı gelen süneklik istemi ise bulunmaya çalışılmaktadır. Dayanım kapasitesi, malzemelerin “gerilme-birim şekil değiştirme” ve kesitlerin “moment-eğrilik” ilişkilerinden yararlanarak belirlenebilmektedir. Söz konusu tasarım yönteminde, depremin yapıdan yer değiştirme istemi “eşit yer değiştirme kuralı”na bağlı olarak hesaplanmaktadır. Eşit Yer Değiştirme Kuralı’na göre, yapı yeterince esnekse, örneğin, doğal titreşim periyodu, ivme spektrumu köşe periyodundan büyükse, yapıda meydana gelecek elastik ötesi deplasmanlar, yapının tamamen elastik olması durumunda oluşacak deplasmana eşit olur (Şekil 4.1).



Şekil 3.1. Eşit yer değiştirme kuralı

Tasarım yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar seviyelerinin sayısal olarak belirlenmesi Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde mümkündür. Mevcut hasarın kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı ilgili elemanlar için kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır [32].

Deprem performansı hesaplama yöntemleri:

a-Doğrusal Elastik Yöntemler

Eş değer Deprem Yüğü Yöntemi

Mod Birleştirme Yöntemi

Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

b- Doğrusal Olmayan (Nonlinear)Yöntemler

Artımsal Eş değer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik İtme - Pushover Analizi)

ArtımsalMod Birleştirme Yöntemi

Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

3.6.2. Doğrusal Elastik Yöntemler

Sistemin tamamen elastik olarak çözülmesi yapının tamamen elastik davrandığının kabul edilmesiyle olur. Akabinde eleman bazında kapasiteler hesaplanır. Son olarak şekilde kapasite oranları elde edilir. Bu kapasite oranları ilgili kesitlere ait kapasite sınır oranları ile kıyaslanarak elemanın hasar durumu hakkında fikir sahibi olunur.

DBYBHY – 2007’de Eş değer deprem yükü yöntemi, ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ ve ayrıca bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8 ‘i aşmayan sınır şartlarını sağlaması gerektiği belirtilmektedir. Sağlamadığı durumda mod birleştirme yöntemi kullanılmalıdır.

3.6.2.1. Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performans Değerlendirmesi

Yeni binaların tasarımında; , tasarlanan yapının elastik ötesi süneklik ve fazla dayanım (tasarım dayanımına göre) özellikleri göz önüne alınarak seçilen deprem yükü azaltma katsayısına (R_a) bölünmesiyle, doğrusal elastik davranış kabulü ile hesaplanan (azaltılmamış) deprem kuvvetleri azaltılır ve kullanılır. Bu azaltma, binanın kapasite tasarımı ilkelerine uygun olarak tasarlandığında deprem etkileri altında hiçbir elemanda gevrek kırılma olmayacağı ve tüm elemanların benzer süneklik ve fazla dayanım özelliklerine sahip olacağı kabulüne dayanır. Azaltılmış deprem kuvvetleri altında hesaplanan iç kuvvetler, düşey yüklerden kaynaklanan iç kuvvetlerle birleştirilerek elemanların tasarım kuvvetleri belirlenir[1].

Binanın deprem sırasında tek dereceli bir sistem gibi davranacağı varsayımıyla, depremden kaynaklanan tüm iç kuvvetlerin aynı yük azaltma faktörü ile azaltılması yapılır. Özellikle birden fazla titreşim modunun hesaba katıldığı mod birleştirme yönteminde sadece pratik bir yaklaşım sağlar fakat bu kabul doğru değildir. Esasında bu durumda her mod için ayrı bir R katsayısı tanımlamak gereklidir. Kapasite tasarımı ilkelerine göre tasarlanan bir binanın deprem etkisi altında tek dereceli bir sistem gibi davranacağını ve dayanım fazlası olmadığını, yani binanın gerçekleşen dayanımının tasarım dayanımına yakın olduğu kabul edilebilir [1].

3.6.2.2. Mevcut Binaların Doğrusal Elastik Yöntemle Performansının Değerlendirmesi

Tek bir R katsayısı kullanarak DBYBHY–2007 koşullarını sağlamayan mevcut bir binada deprem yüklerini azaltmak ve eleman kapasiteleri azaltılmış deprem yükleri ve düşey yük etkilerinin birleşik etkisi altında kontrol etmenin doğru olmadığı bir yaklaşımdır. Bir binada tek bir R katsayısı tanımı elemanlarının tümü aynı derecede sünek olmadığından geçerli değildir. Bundan dolayı doğrusal elastik performans hesabında deprem yükü azaltma katsayısı uygulanmamış, deprem etkileri azaltılmamış deprem yükleri altında hesaplanmıştır [1].

Doğrusal elastik olarak modellenen bir binanın elemanlarının performans kontrolü, kritik kesitlerde azaltılmamış deprem etkisi ve düşey yük etkisi altında hesaplanan iç kuvvetlerin kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sonucunda, yapılabilir. Kesit yeterli süneklığe sahipse kesit kapasitesinin aşılmasına ancak o zaman izin verilebilir. Bu nedenle eleman kesitlerinde iç kuvvetler cinsinden elde edilen etki / kapasite oranları kesitten talep edilen süneklığın bir göstergesi olmaktadır [1].

3.6.3. Doğrusal Olmayan Yöntemler

Doğrusal Elastik Olmayan Statik Yöntem geleneksel olarak lineer davranışa koşullandırılmış biçimde gelişen mühendislik, belirli bir performans düzeyini gerçekleştirmek için kaçınılmaz olarak uygulanması gereken elastik ötesi hesap yöntemleri arasında, basitleştirilmiş çözüm olarak hemen kabul görmüştür [33]. Doğrudan çözümlenmeye katılarak taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı modelleme yapılır. Sistemin artan yükler altında, öngörülen hedef yer değiştirme (performans noktası), tasarım depreminde ortaya çıkması beklenen yer değiştirme olarak kabul edilir.

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi, bu istem büyüklükleri ve bu bölümde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak yapılacaktır [5].

3.6.3.1. Performans değerlendirmesinde izlenecek yol

Yapı performansının tespiti için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden hangisinin kullanılacağı tespit edilmelidir. Bu sebeple artımsal itme analizinin artımsal eş değer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılabilmesi için binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Şartların sağlamaması durumunda Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanılabilir.[20].

Kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz, artımsal itme analizinden önce yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları göz önüne alınacaktır.

Koordinatları “modal yer değiştirme -modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hâkim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilmesi artımsal itme analizinin Artımsal Eş Değer Deprem Yöntemi ile yapılması durumunda görülür. Birinci (hâkim) moda ait modal yer değiştirme istemi, bu diyagram ile birlikte deprem yönetmeliğinde tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYYHY – 2007 nin 7 ve 8. maddesinde yapılan değişiklikler göz önüne alınarak belirlenecektir. Modal yer değiştirme istemine karşı gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme(plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri son aşamada hesaplanacaktır[5].

3.6.3.2. Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi

Yer hareketlerinden dolayı açığa çıkan enerjinin bir şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Deprem binadan istemi başlangıçta dayanımdır. Ama bu dayanımı sunamayacağımızdan, yeterli dayanım yerine, deprem bizden enerjisini tüketmesi için, yeterli şekil değiştirme kapasitesi istemektedir. Bundan dolayı, nonlinear statik yöntemlerde amaç, bu elastik ötesi (plastik) yer değiştirme miktarını hesaplamaktır. Bu enerji ne kadar yer değiştirme istiyor? Yapı bu talebi ne kadar karşılayabilir? Bütün bu sebeplerden dolayı, pushover (statik itme) eğrisinin tek başına bir anlam

ifade etmemektedir. Pushover eğrisini anlamlı hale gelmesi, modal kapasite diyagramına dönüştürülerek talep spektrumu ile birlikte, yapının elastik ötesi yer değiştirme kapasitesinin hesaplanmasında kullanılması ile mümkündür.

Modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi yer değiştirme kapasitesinin hesaplanması, yukarıda da açıklandığı üzere statik itme eğrilerinin anlamlı olabilmesi için gerekmektedir. ADRS (İvme – Yer değiştirme – Davranış Spektrumu) formatında modal kapasite diyagramı, yönetmelik 7,6,5 ve 4. 'de açıklandığı gibi bu dönüşüm gerçekleştirildiğinde elde edilir.

3.6.3.3. Modal Yer Değiştirme İsteminin Hesabı

Yapı tepe noktası yer değiştirme isteminin bulunması, modal yer değiştirme isteminin hesaplanmasındaki amaçtır. Modal yer değiştirme istemi, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme S_{d1} 'e eşittir:

$d_1^{(p)} = S_{d1}$ Hesaplanan modal yer değiştirme istemi aşağıda verilen bağıntıda yerine yazılarak yapı tepe noktası yer değiştirme istemi bulunur.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \cdot \Gamma_{x1} \cdot d_1^{(p)} \quad (4.1)$$

Doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme S_{d1} ise S_{de1} 'in spektral yer değiştirme oranı C_{R1} ile çarpılmasıyla elde edilir:

$$S_{d1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (4.2)$$

Burada S_{de1} , $S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{\zeta_1^{(1)}}$ bağıntısıyla kolayca hesaplanabilir. Spektral yer değiştirme

oranı C_{R1} ise köşe periyoduna (T_B) bağlı olarak hesaplanır. Yapıya ait birinci mod serbest titreşim periyodu, köşe periyodundan büyükse $C_{R1}=1$ değerini alır. Aksi takdirde C_{R1} Yönetmelik 7C.2.2.maddesine göre hesaplanması gerekmektedir.

Hesaplanan yapı tepe noktası yer değiştirme istemi ile statik itme analizi tekrarlanacaktır. Artık depremin yapıdan istediği yer değiştirme miktarı bellidir. Şimdi cevaplanması gereken soru, yapı bu deplasmanı yaparsa kritik kesitlerindeki zorlanmaların durumu veya performansı ne olacaktır? Sorunun cevabı, statik itme analizi hesaplanan yapı tepe noktası yer değiştirme istemi olan hedef deplasmanına kadar tekrarlanması ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklüklerinin hesaplanması neticesinde elde edilmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Giriş

Deprem sonucunda oluşabilecek hasar risk seviyelerini azaltma yönünde daha ciddi yaklaşımların ortaya konulmasını, kuvvetli yer hareketlerinin oluşabileceği bölgelerdeki yapıların deprem etkisi altında davranışlarını olumsuz etkileyecek özelliklerin bilinmesi ile gerçekleşecektir[20]. Daha önce yapılmış gözlem ve çalışmalarda betonarme binalarda kat adedi ile yapı hasarı arasında neredeyse doğrusal bir ilişki olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılarda kat adedinin artması ile kütle ve kütle etki kolunun artması sonucu deprem kuvvetleri artacaktır. Eğer bu artış dikkate alınmadan yapıda yeterli miktarda bir dayanım sağlanmamış ise yapı doğal olarak bir deprem anında hasar görecektir. Ne yazık ki ülkemizde yapılmış yapıların birçoğu deprem tasarımına uygun olmadığından kat adedi arttıkça hasar oranı da artmaktadır [20]. Kat adedini etkileyen faktörlerden biri de her bir katın yüksekliğidir. Bu çalışmada kat yüksekliğinin yapı performansına etkisini incelemek üzere 5 ve 7 katlı iki farklı betonarme yapı seçilmiştir. Daha sonra her iki farklı kat adetleri için kat yükseklikleri değiştirilerek yapının statik itme eğrileri elde edilmiştir.

4.2. Hesap yöntemi

Bu tez çalışmasında doğrusal elastik olmayan yöntemler ile ele alınan yapıların deprem performansı belirlenecektir. Verilen bir deprem için öncelikle kesit bazında, sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemlerinin ve gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanması bir amacdır. Hesaplamalardan sonra bu şekil değiştirme istem büyüklükleri, yine her bir kesit için tanımlanmış bulunan şekil değiştirme kapasiteleri ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, önce kesit bazında ve daha sonra da bina bazında yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır. Bu amaçla, yönetmelik kapsamında bulunan doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal eş değer deprem yükü yöntemi kullanılacaktır.

4.3. Artımsal Eş değer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizi

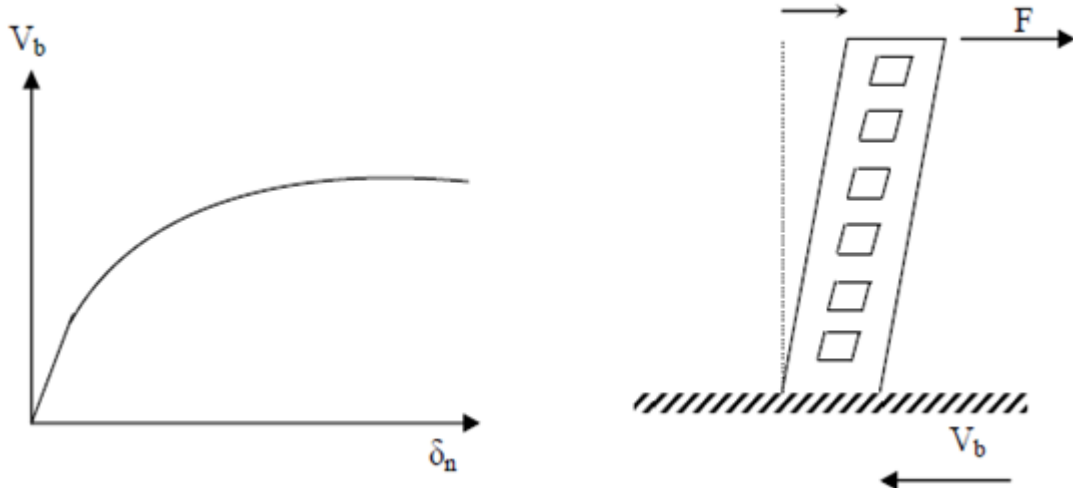
Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel unsuru deprem istemi ve kapasitedir. Kapasite yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını, deprem istemi ise yapıya etkileyen deprem yer hareketini temsil etmektedir. Yapısal kapasite, pushover curve (kapasite eğrisi) ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Yapı sistemi sabit düşey yükler ve

orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanmasıyla, kapasite eğrisinin elde edilir. Verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yer değiştirmelere ve özellikle maksimum plastik şekil değiştirmelere ilişkin deprem isteminin (seismic demand) belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesi Nonlinear Statik Yöntem 'inin esas amacıdır. [20].

4.3.1. Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi

DBYYHY-2007 yönetmeliğinde adı geçen modal kapasite diyagramının elde edilmesi hakkından bilgiler bu bölümde verilecektir. Modal kapasite diyagramının elde edilmesinde yapılacak ilk işlem, sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile koordinatları “tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi(pushover eğrisi) elde edilecektir [20].

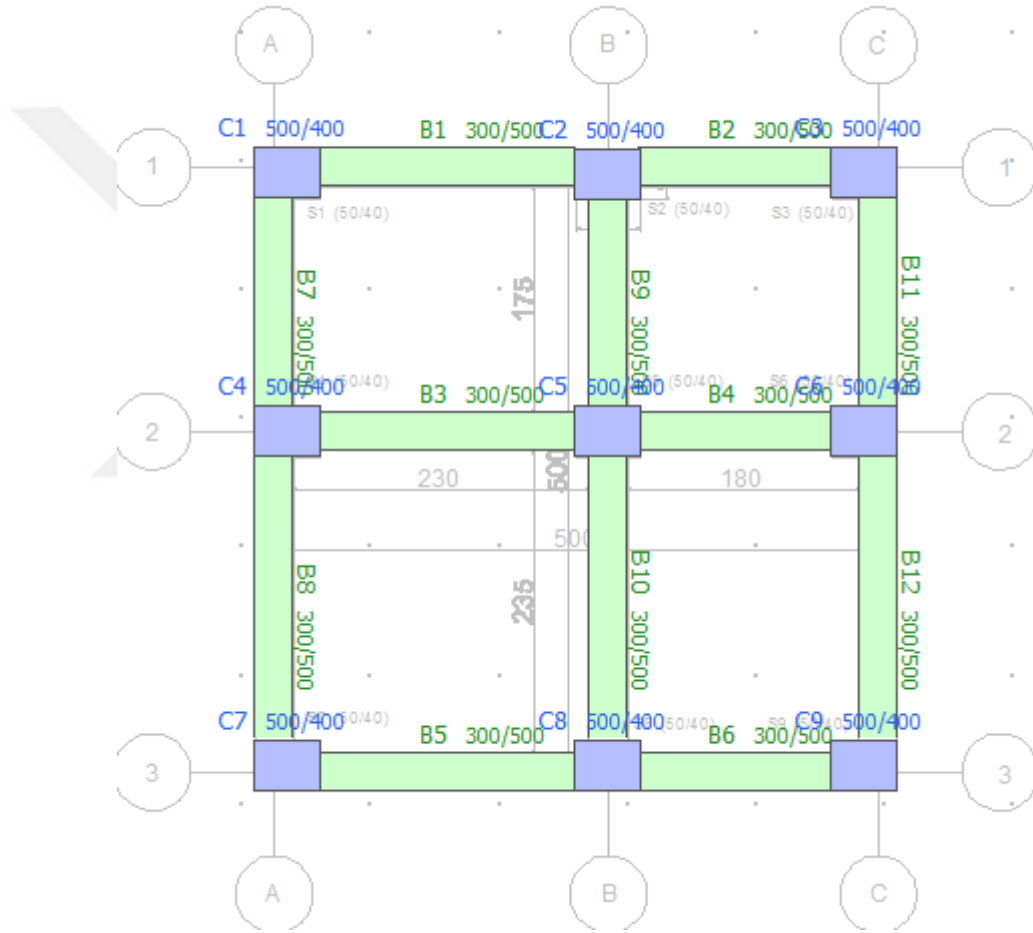
Pushover eğrisi, bir yapının sıfır konumundan kararsız hale gelinceye kadar geçen süre içerisinde yapıya arttırılarak uygulanan yük etkisi altında taban kesme kuvvetlerine karşılık gelen çatı deplasman değerlerinin bir etkileşim diyagramı üzerinde kesişen noktaların geometrik olarak birleştirilmesi ile elde edilen diyagramdır (Şekil 5.1). Modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi yer değiştirme kapasitesinin hesaplanması ile pushover eğrileri anlam kazanır.



Şekil 4.1. Statik itme eğrisi

4.3.2. İncelenen Binaların Yapısal Özellikleri

Bu çalışmada 5 ve 7 katlı olmak üzere iki farklı kat adedi dikkate alınmıştır. Bu amaçla toplam 5m*5m boyutlarında toplam 25 m² taban alanı olan betonarme bir yapı seçilmiştir. Her iki doğrultuda yapıda ikişer açıklık bulunmaktadır. Yapıda bulunan katların tamamı eşit yüksekliktedir. Kat yüksekliklerinin 2.5m, 2.75m, 3.00m, 3.25m, 3.50m olması durumunda hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Seçilen binada kullanılan malzeme C30-S420'dir. Yapıda bulunan tüm kolonlar 40cm*50cm boyutlarında seçilmiştir. Kullanılan kirişler 30cm*50cm'dir. Yapıya ait kalıp planı Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Yapı planı

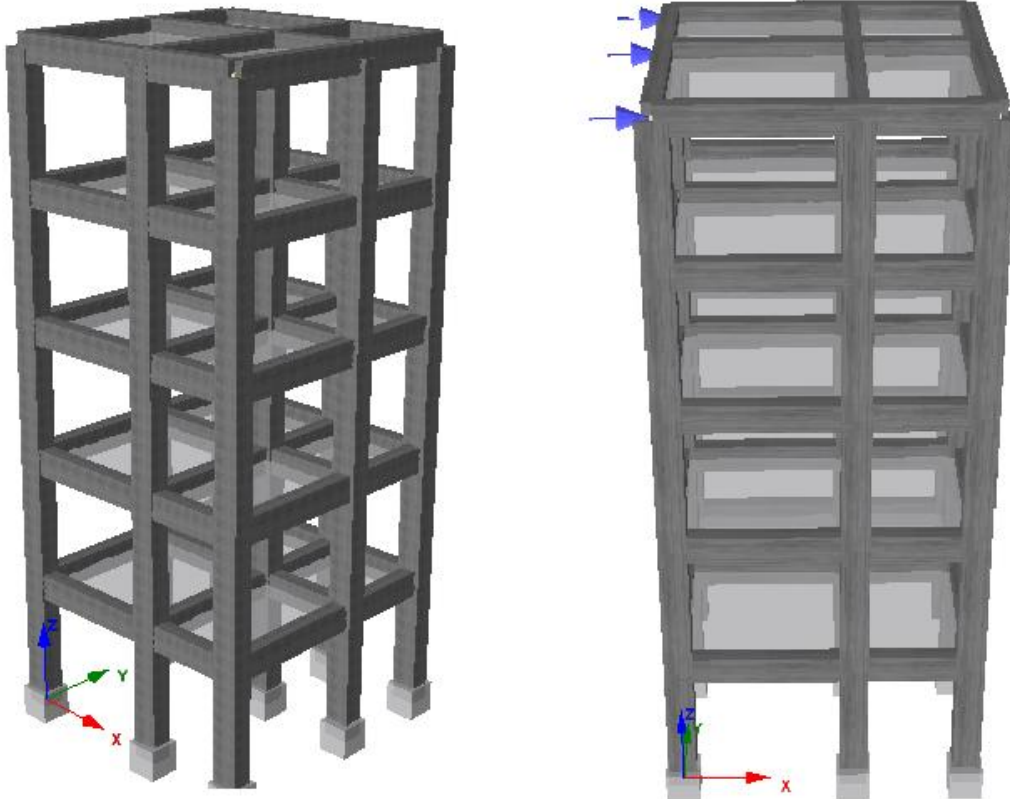
Yapı modellerinin elde edilmesinde kullanılan genel bilgiler Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Yapı modelinde kullanılan malzeme ve yapısal özellikleri

Kat sayısı	5 - 7	
Kat yükseklikleri	2,5m-2,75m-3,0m-3,25m-3,5m	
Yapı kullanım amacı	Konut	
Normal kat yüksekliği	3.0m	
Yapı boyutları	Lx	5,00m
	Ly	5,00m
Deprem bölgesi	1°	
Ortalama beton basınç dayanımı	14.0 MPa	
Beton sınıfı	C30	
Beton elastitemodülü	31800MPa	
Beton çeliği sınıfı	S420	
Çelik elastitemodülü	200000 MPa	
Etriye aralığı	Kolon	Φ8/20

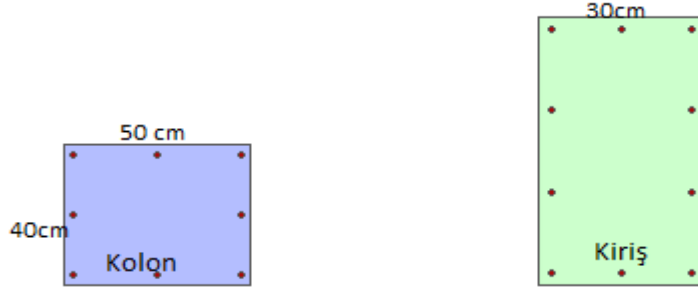
4.3.3. 5 Katlı Yapı Modeli İçin Modal Yer Değiştirme İstemlerinin Hesabı

İncelenecek olan 5 katlı betonarme yapının yazılım programında elde edilen üç boyutlu modeli Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. X doğrultusu yük tanımı

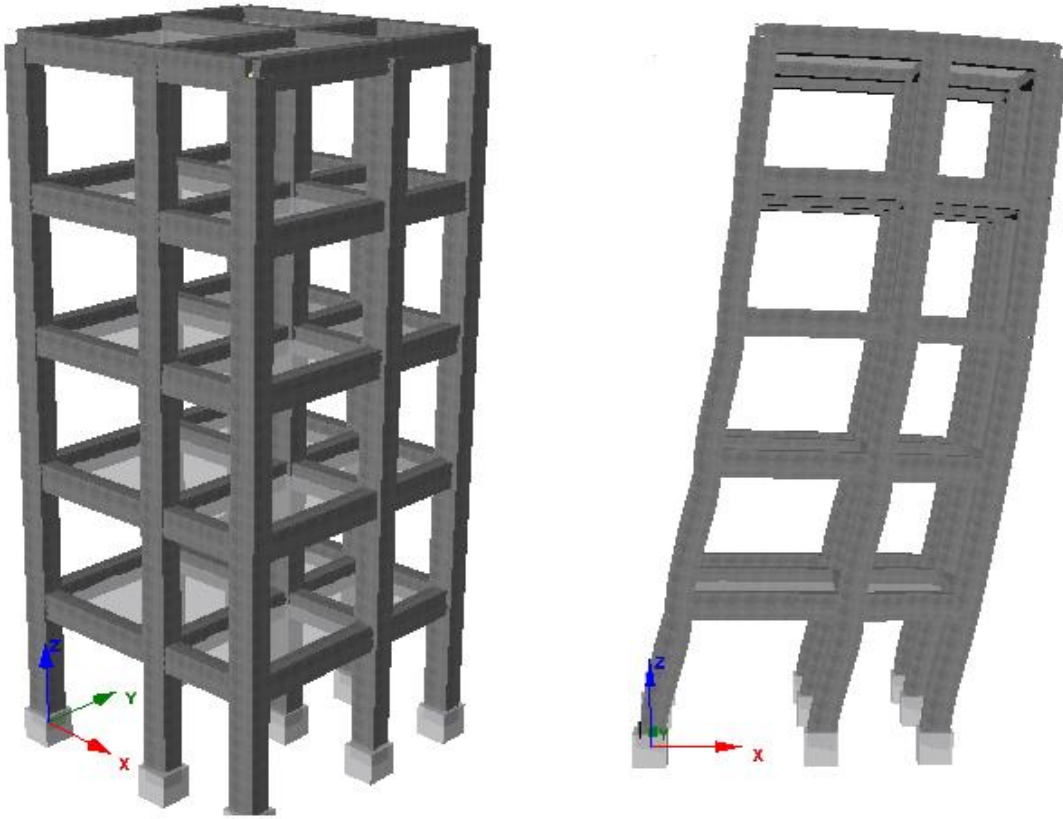
Yapıda mevcut kolon boyutları 50cmX40cm ve kiriş boyutları ise 30cmX50cm seçilmiştir. Kolon ve kirişlerdeki donatı düzeni Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan kolon ve kiriş en kesitleri

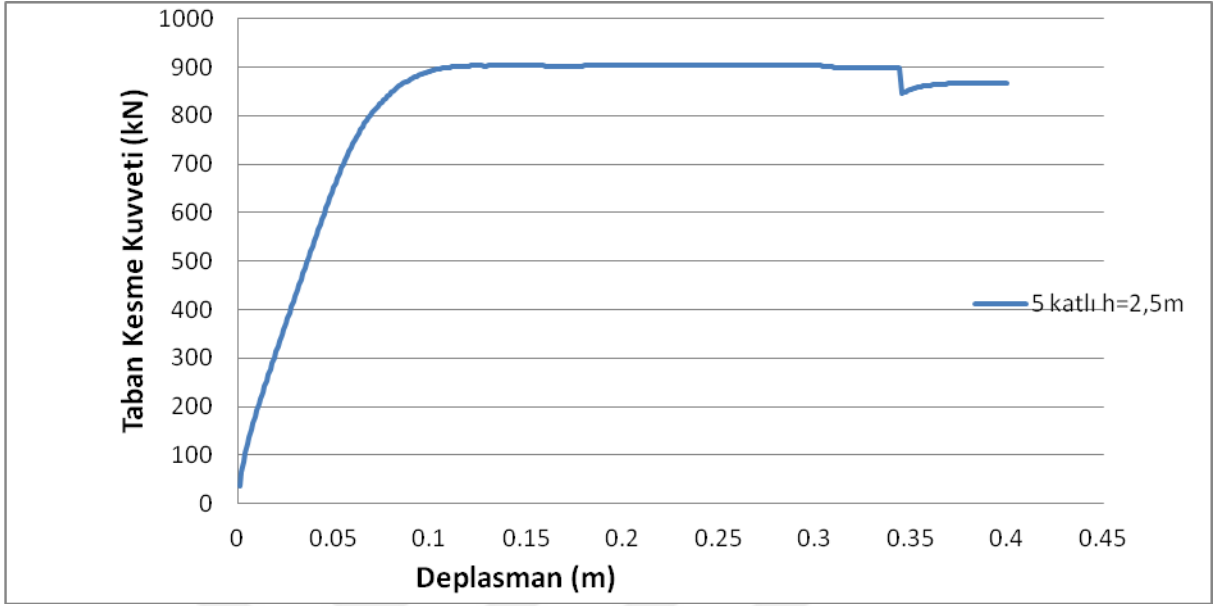
4.3.3.1. $h_{kat}=2.5m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

5 katlı yapıda $h_{kat}=2.5m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. $h_{kat}=2.5m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{kat}=2.5m$ olması durumunda 5 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.6' da gösterilmiştir.

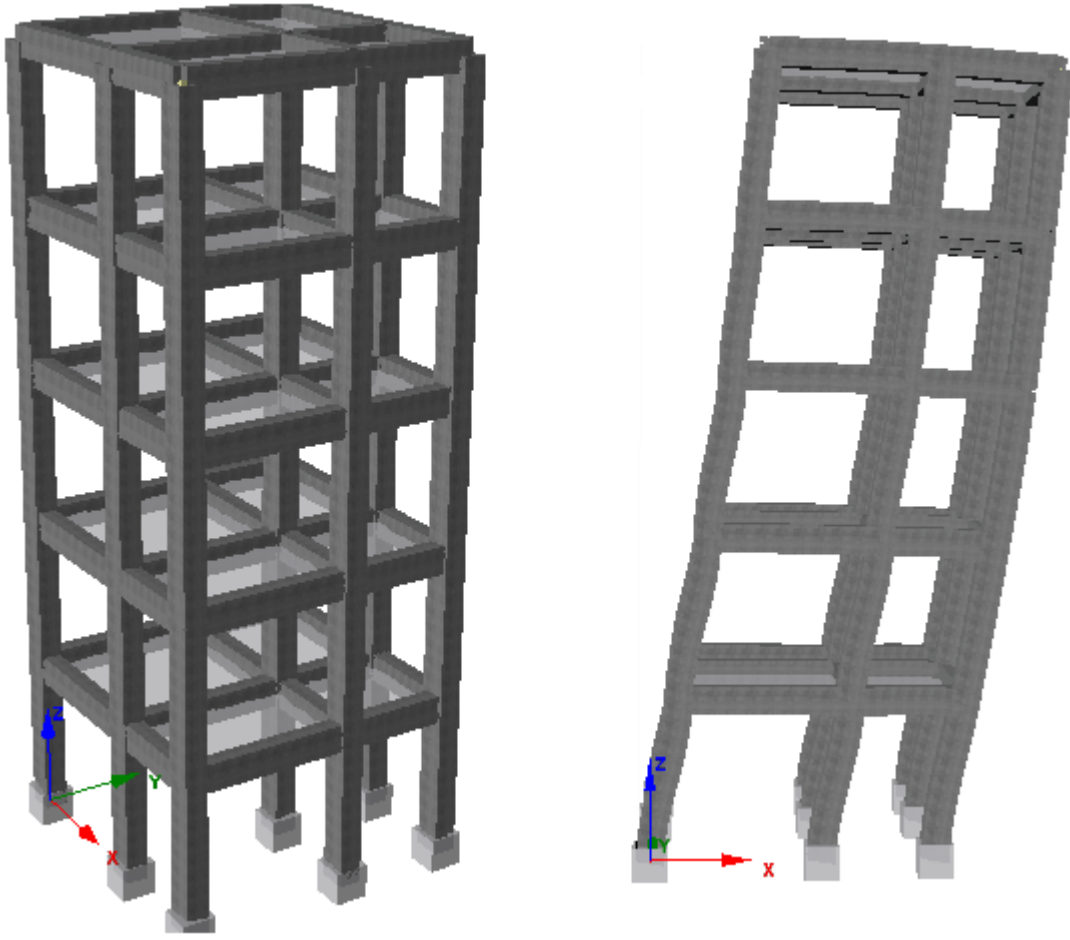


Şekil 4.6. $h_{kat}=2,5m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi

$h_{kat}=2.5m$ olan 5 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değişme miktarı en fazla 40 cm'ye ulaşmaktadır.

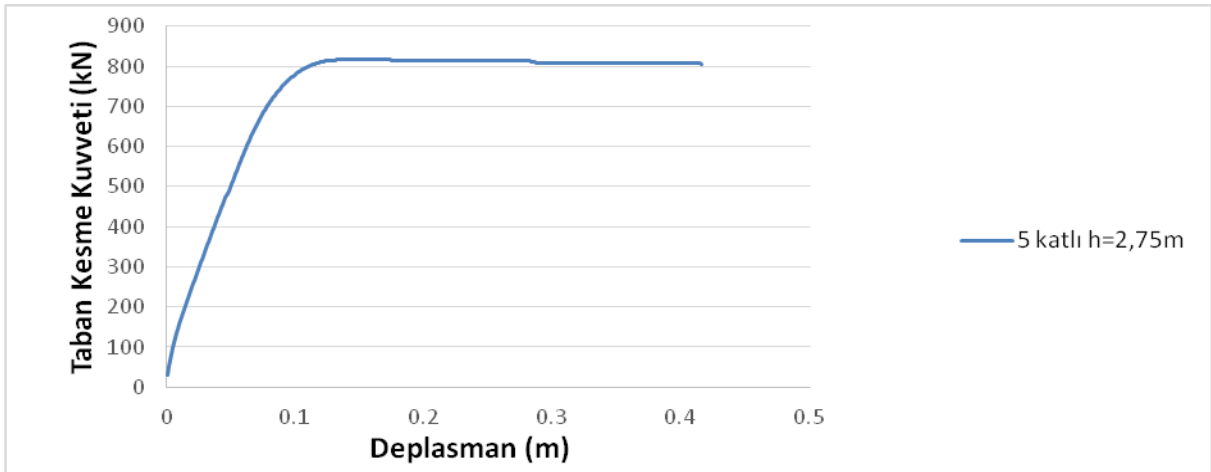
4.3.3.2 $h_{kat}=2.75m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

5 katlı yapıda $h_{kat}=2.75m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.7'de gösterilmiştir



Şekil 4.7. $h_{\text{kat}}=2.75\text{m}$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{\text{kat}}=2.75\text{m}$ olması durumunda 5 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.8.' de gösterilmiştir.

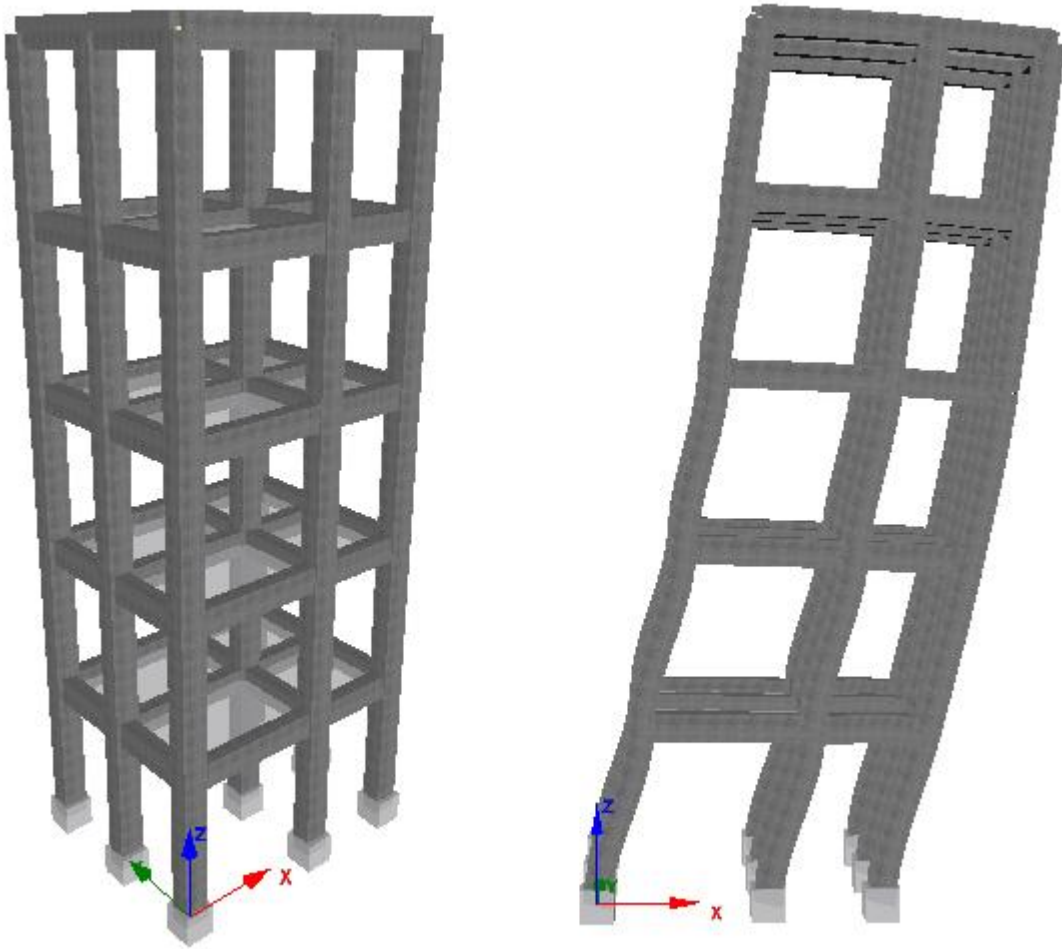


Şekil 4.8. $h_{\text{kat}}=2,75\text{m}$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi

$h_{kat}=2.75m$ olan 5 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değışme miktarı en fazla 42 cm'ye ulaşmaktadır.

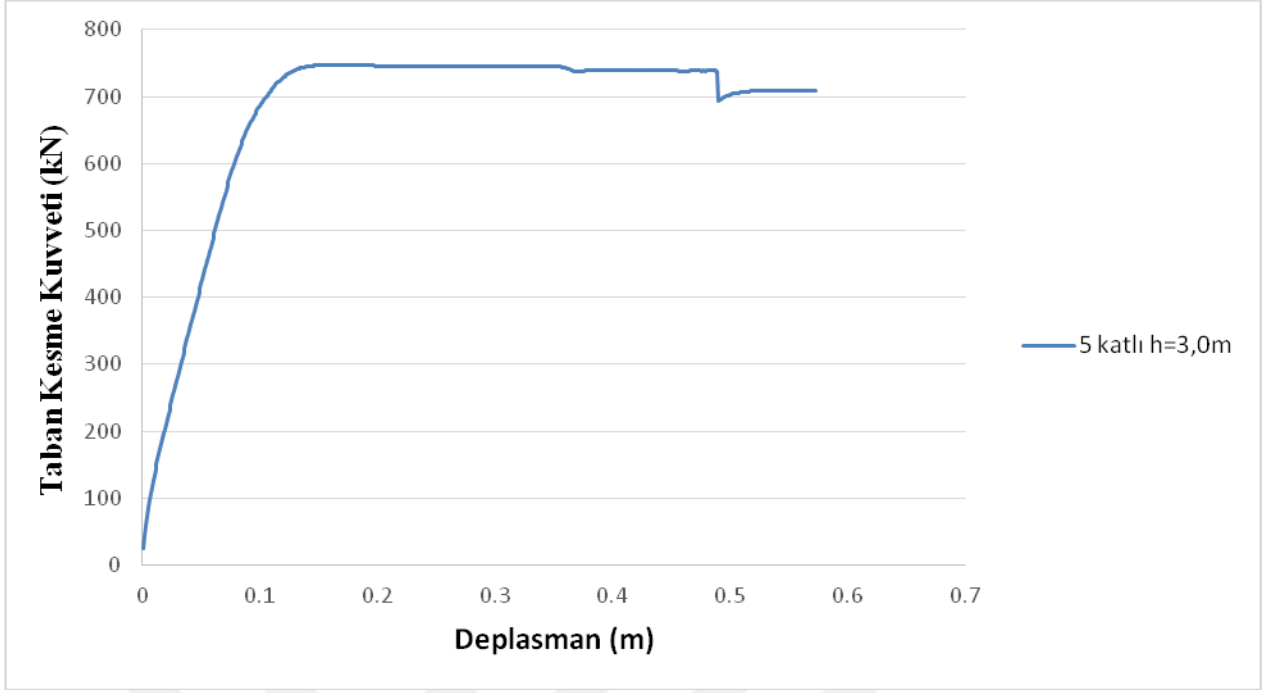
4.3.3.3 $h_{kat}=3.0m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

5 katlı yapıda $h_{kat}=3.0m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deформasyon durumu Şekil 5.9'da gösterilmiştir



Şekil 4.9. $h_{kat}=3.0m$ için yapı modeli ve deформasyon durumu

$h_{kat}=3.0m$ olması durumunda 5 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

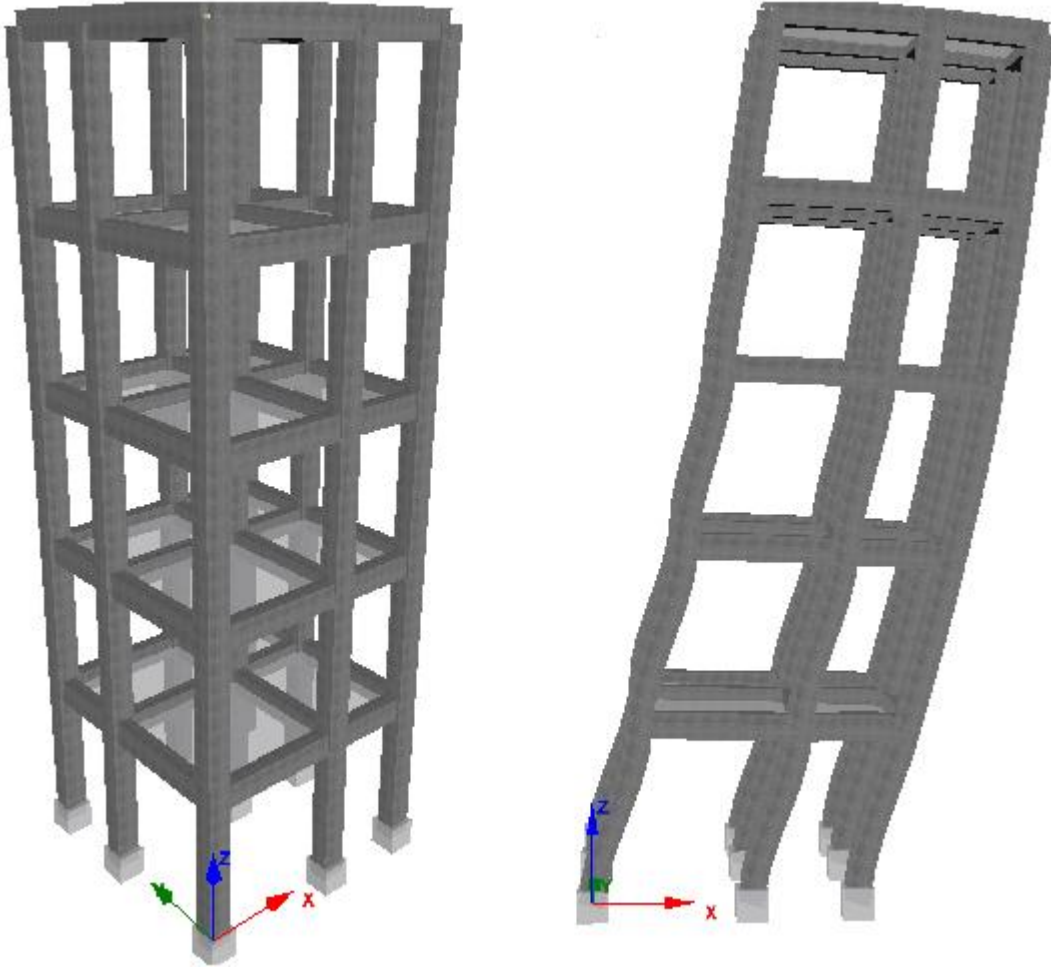


Şekil 4.10. $h_{kat}=3.0m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi

$h_{kat}=3.0m$ olan 5 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değişme miktarı en fazla 57 cm'ye ulaşmaktadır.

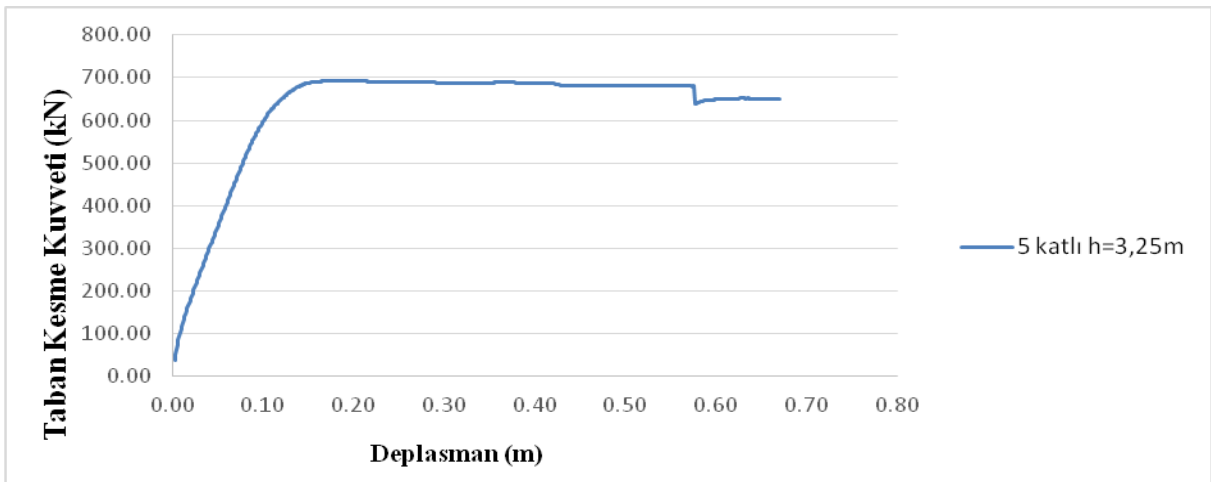
4.3.3.4 $h_{kat}=3.25m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

5 katlı yapıda $h_{kat}=3.25m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.11'de gösterilmiştir



Şekil 4.11. $h_{kat}=3.25m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{kat}=3.25m$ olması durumunda 5 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.12' de gösterilmiştir.

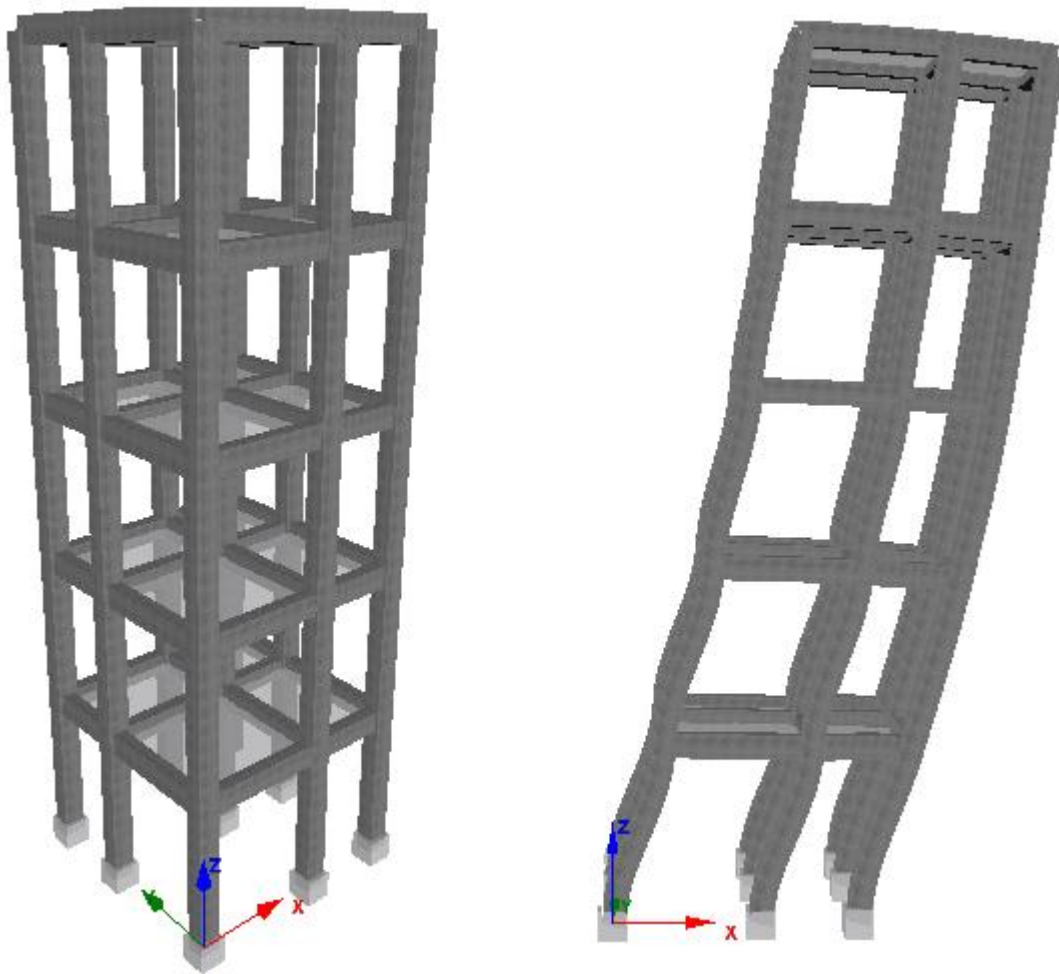


Şekil 4.12. $h_{kat}=3.25m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi

$h_{kat}=3.25m$ olan 5 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değışme miktarı en fazla 67 cm'ye ulaşmaktadır.

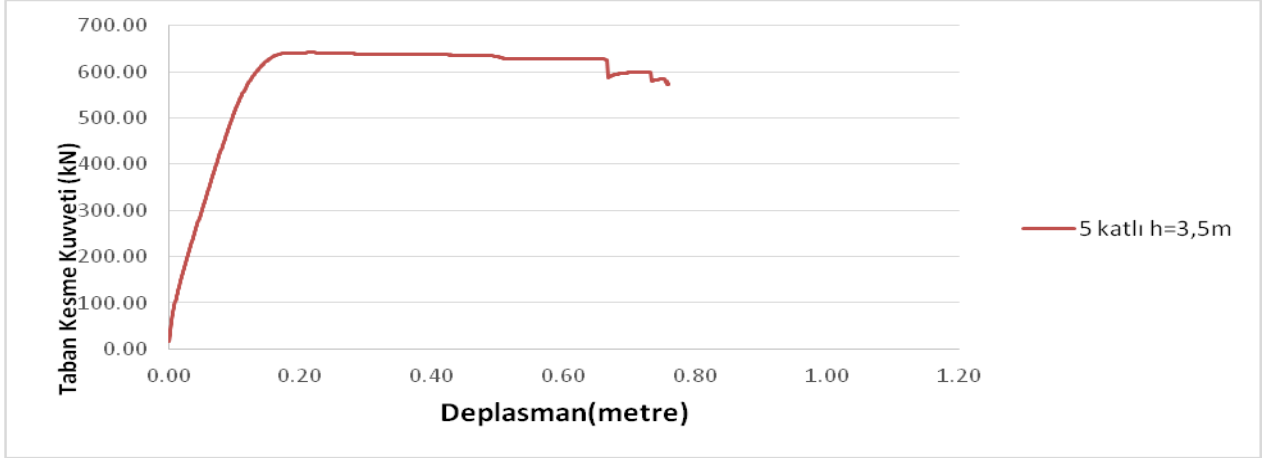
4.3.3.5. $h_{kat}=3.5m$ Olması Durumunda 5 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

5 katlı yapıda $h_{kat}=3.5m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. $h_{kat}=3.5m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{kat}=3.5m$ olması durumunda 5 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.14'te gösterilmiştir.

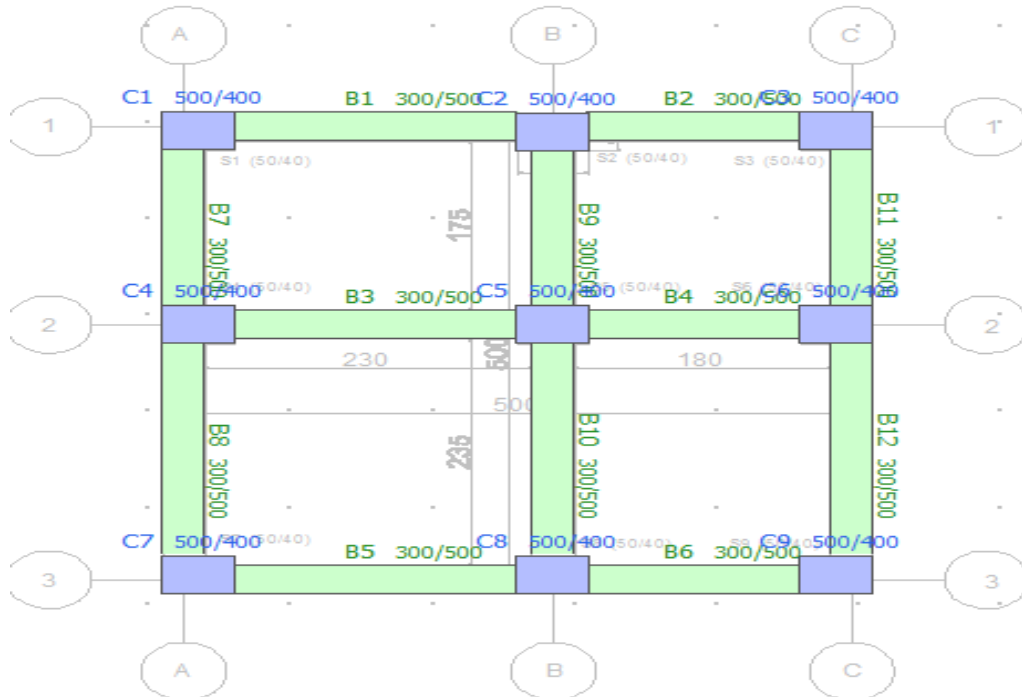


Şekil 4.14. $h_{kat}=3.5m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi

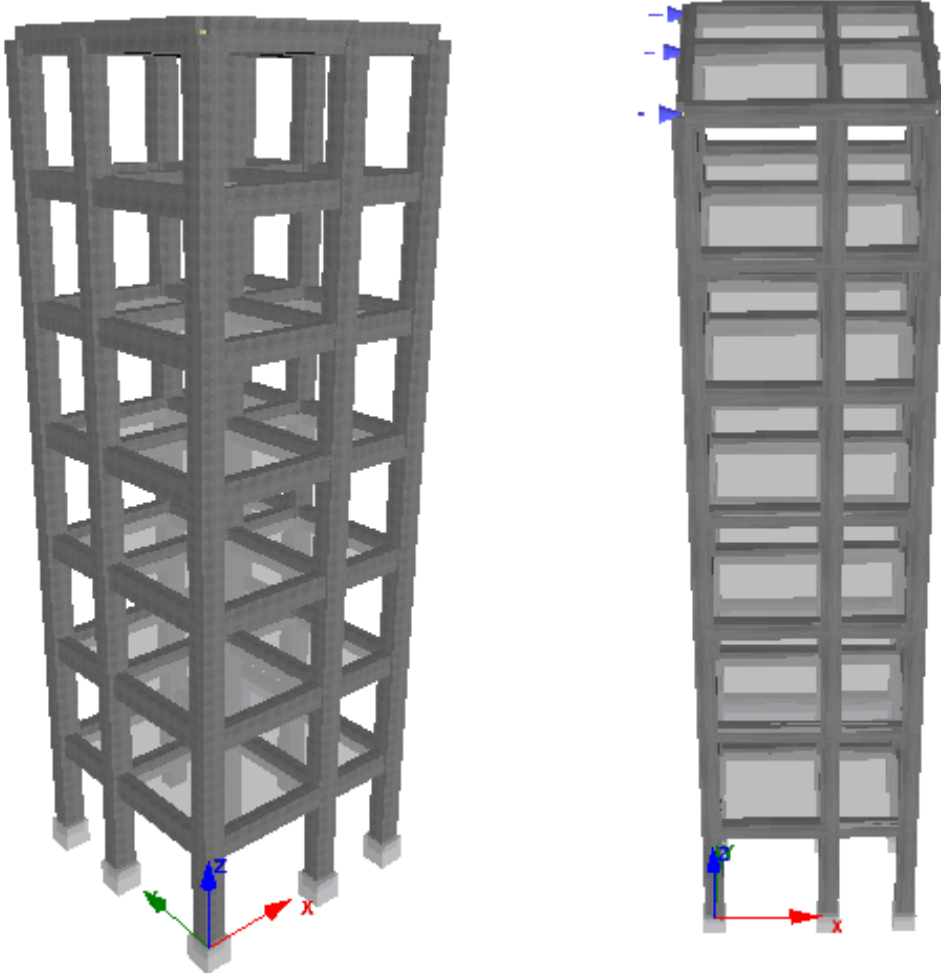
$h_{kat}=3.25m$ olan 5 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değıştirme miktarı en fazla 76 cm'ye ulaşmaktadır.

4.3.4. 7 Katlı Yapının Modal Yer Değıştirme İstemi (2.5m, 2.75m, 3.0m, 3.25m, 3.50m)

Yapı modelimiz aşağıda bulunan plana göre modellenmiştir. 5 katlı yapı modelimizle aynı plana sahip olduğu farklı olarak sadece kat adedidir. 7 katlı, kat yükseklikleri farklı olarak seismostruct programında modellenerek tepe düğüm noktalarına tanımlanan kuvvetler doğrtusunda Statik İtme (Pushover) analizi yapılmıştır. Analiz sonucu yapının yer değıştirme istemi belirlenmiştir.



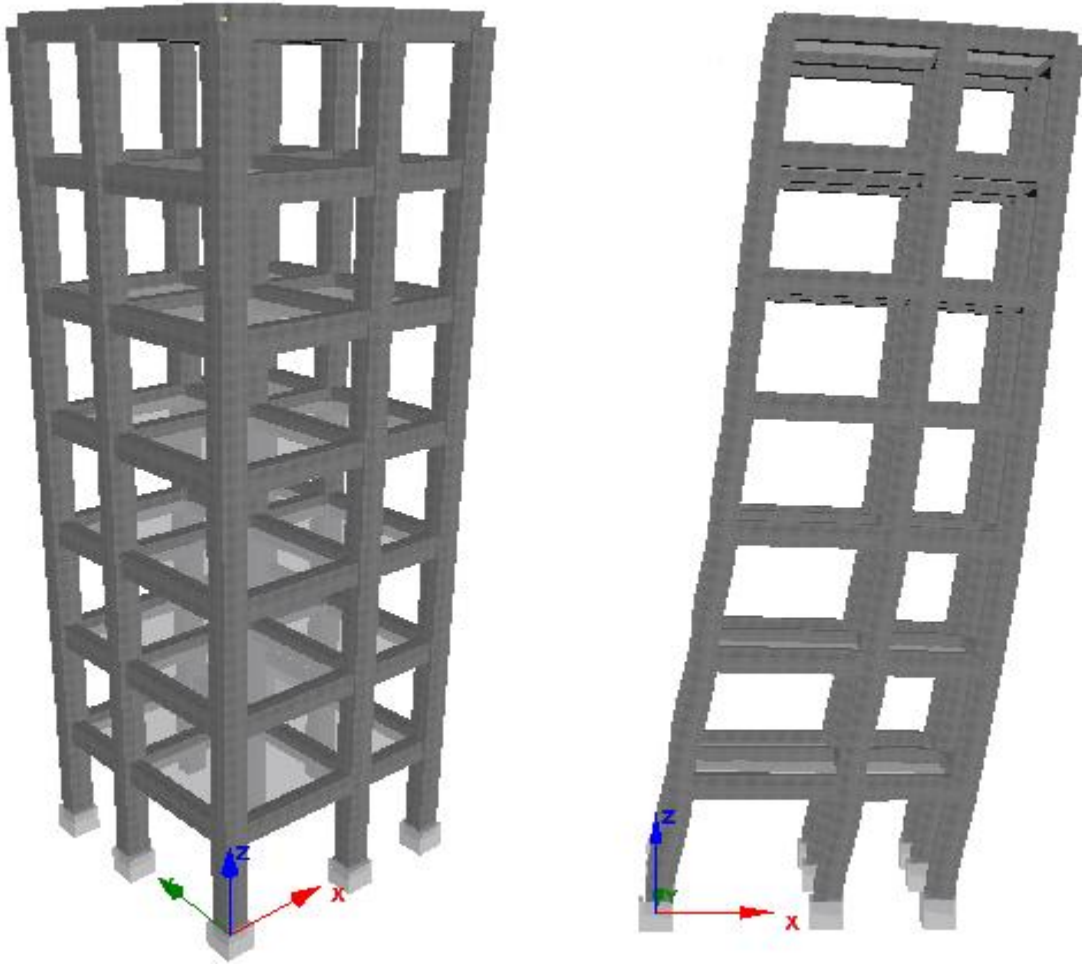
Şekil 4.15. Yapı planı



Şekil 4.16. X yönünden yük tanımlı 7 katlı yapı modeli

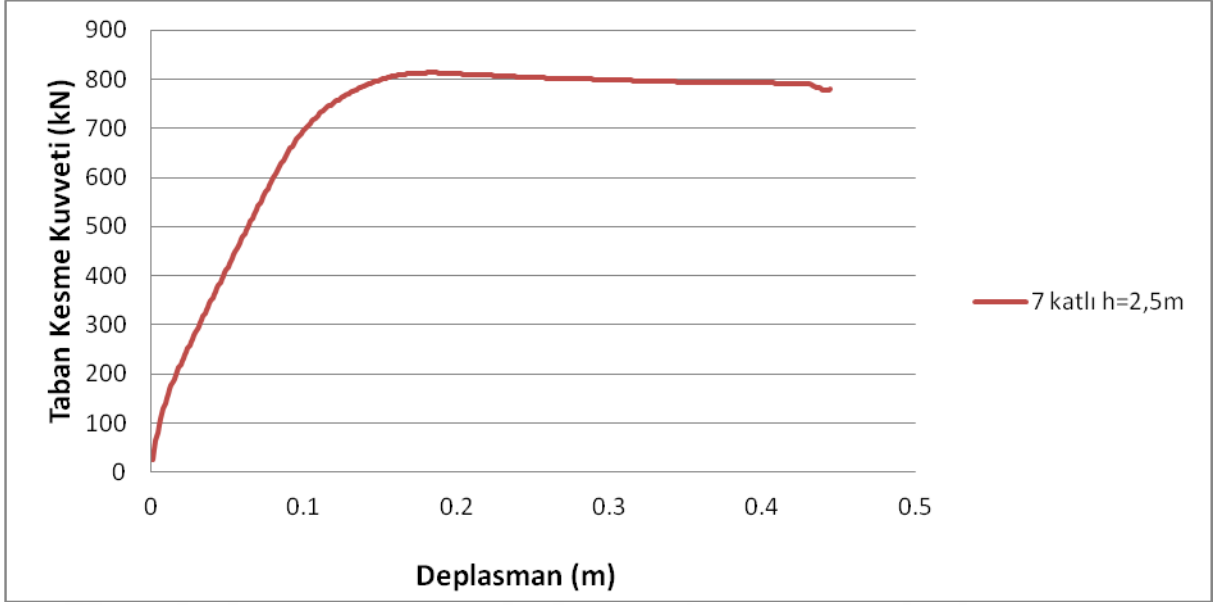
4.3.4.1. $h_{kat}=2.5m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

7 katlı yapıda $h_{kat}=2.5m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. $h_{\text{kat}}=2.5\text{m}$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{\text{kat}}=2.5\text{m}$ olması durumunda 7 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.18’ de gösterilmiştir.

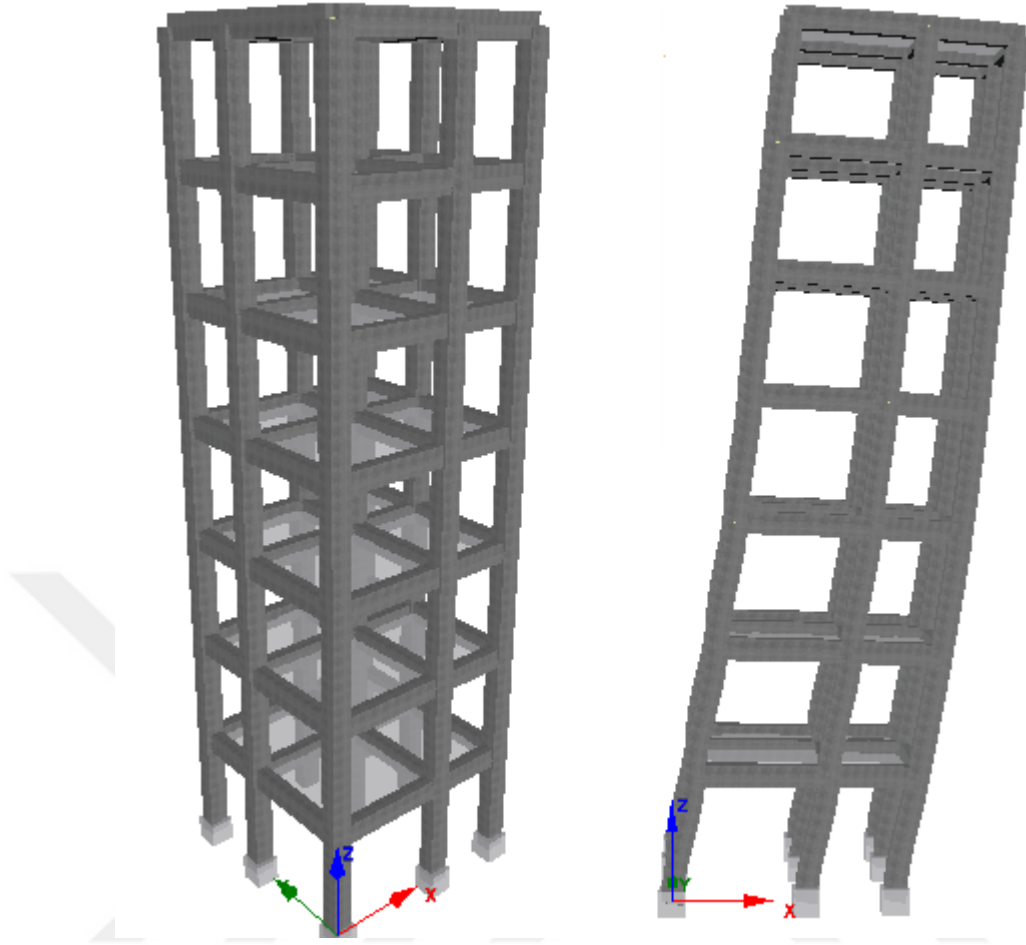


Şekil 4.18. $h_{kat}=2.5m$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi.

$h_{kat}=2.5m$ olan 7 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değişme miktarı en fazla 45 cm'ye ulaşmaktadır.

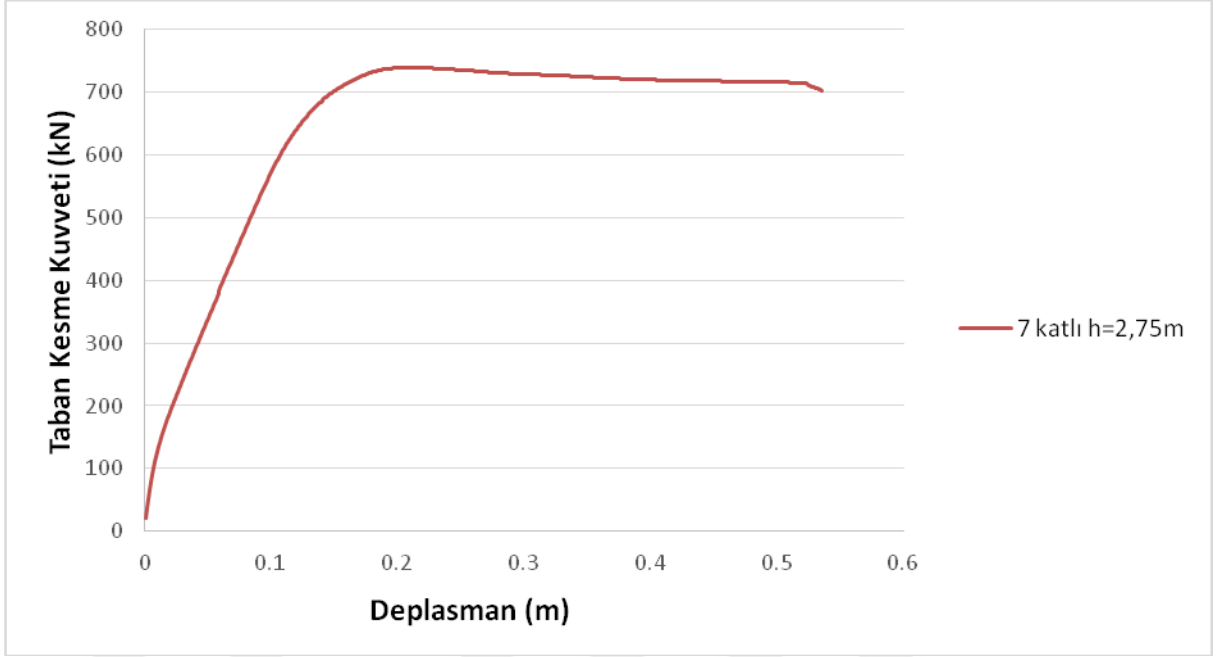
4.3.4.2. $h_{kat}=2.75m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

7 katlı yapıda $h_{kat}=2.75m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. $h_{kat}=2.75m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{kat}=2.75m$ olması durumunda 7 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.20' de gösterilmiştir.

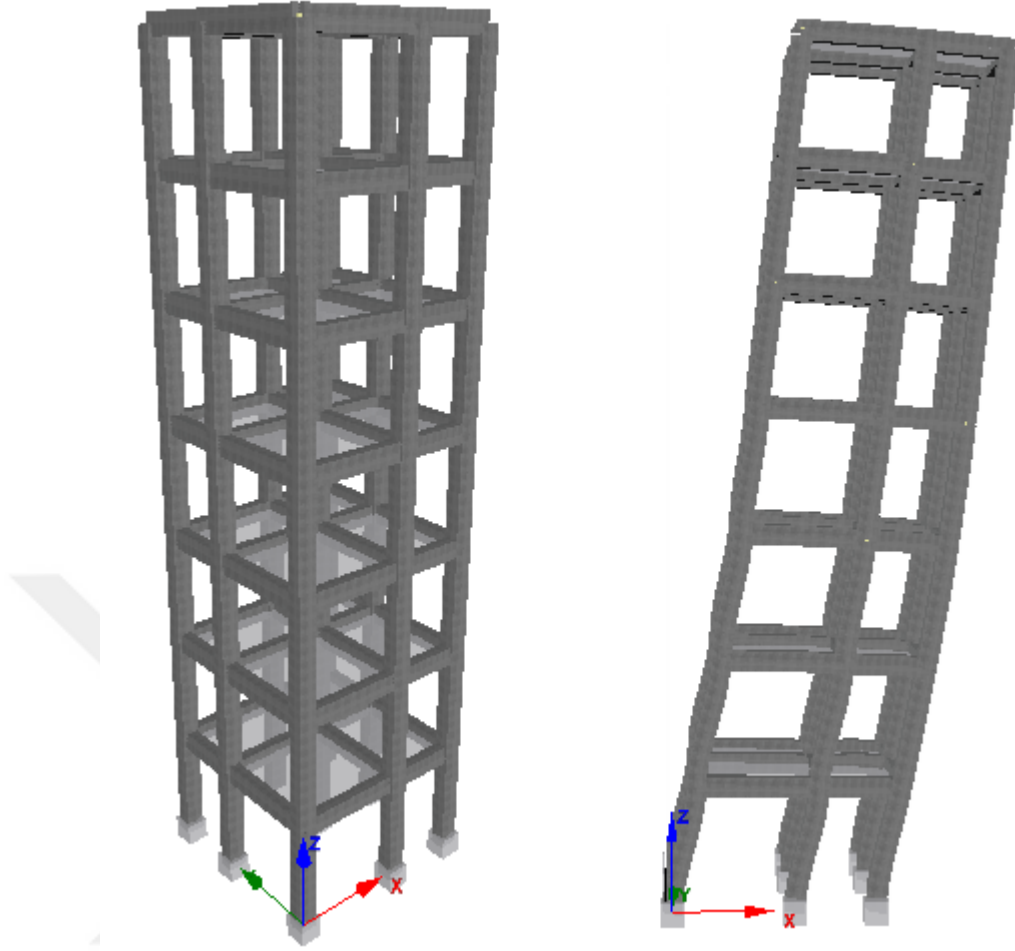


Şekil 4.20. $h_{kat}=2.75m$ olan 5 katlı yapının statik itme eğrisi.

$h_{kat}=2.75m$ olan 7 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değişme miktarı en fazla 54 cm'ye ulaşmaktadır.

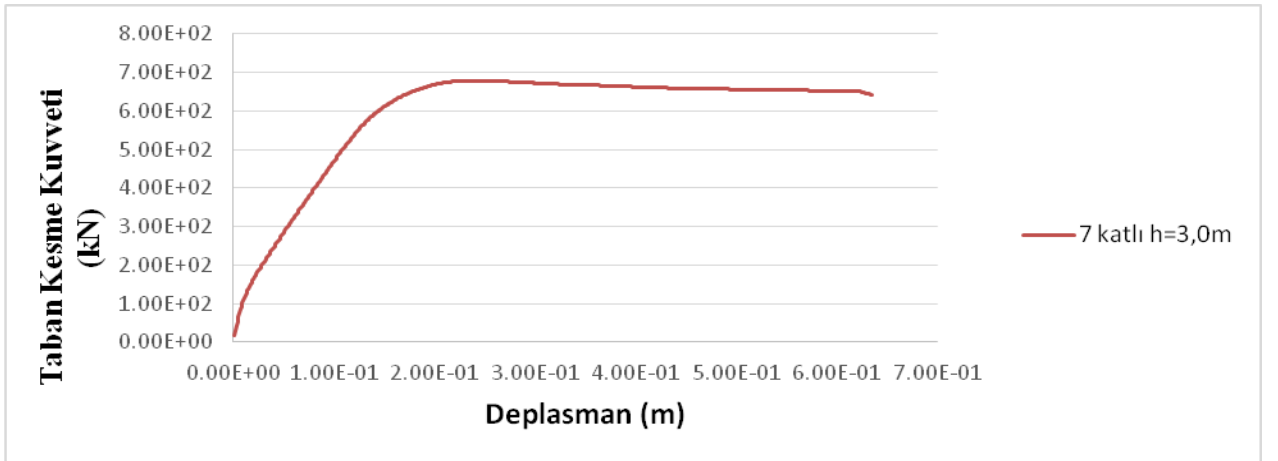
4.3.4.3. $h_{kat}=3.0m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

7 katlı yapıda $h_{kat}=3.0m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. $h_{\text{kat}}=3.0\text{m}$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{\text{kat}}=3.0\text{m}$ olması durumunda 7 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.22’ de gösterilmiştir.

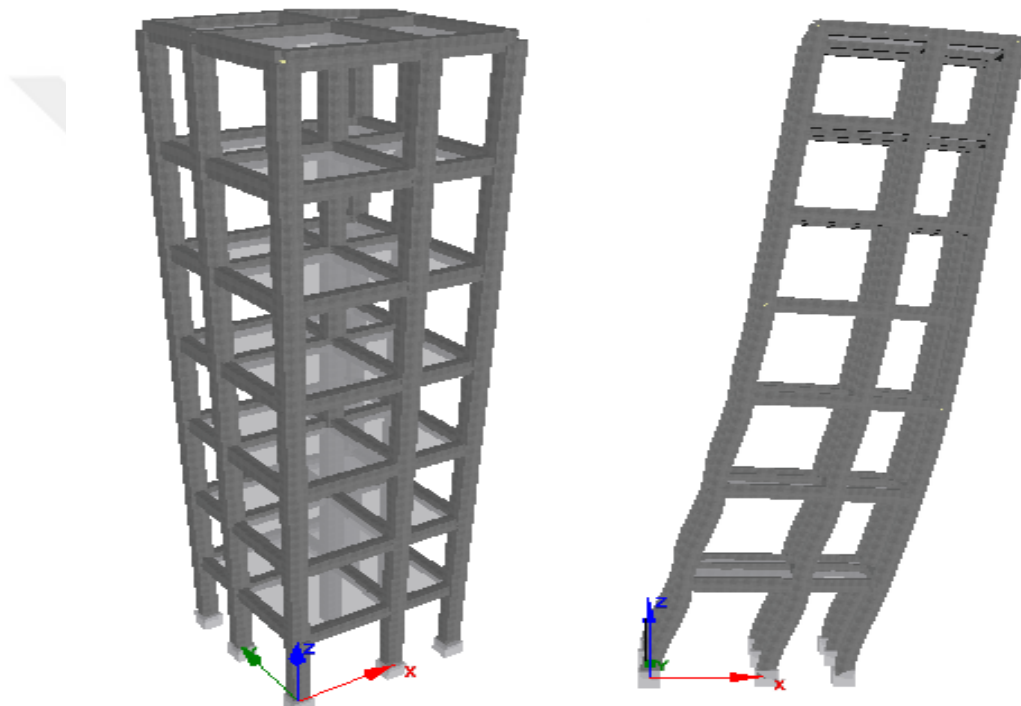


Şekil 4.22. $h_{\text{kat}}=3.0\text{m}$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi

$h_{kat}=3.0m$ olan 7 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değışme miktarı en fazla 64 cm'ye ulaşmaktadır.

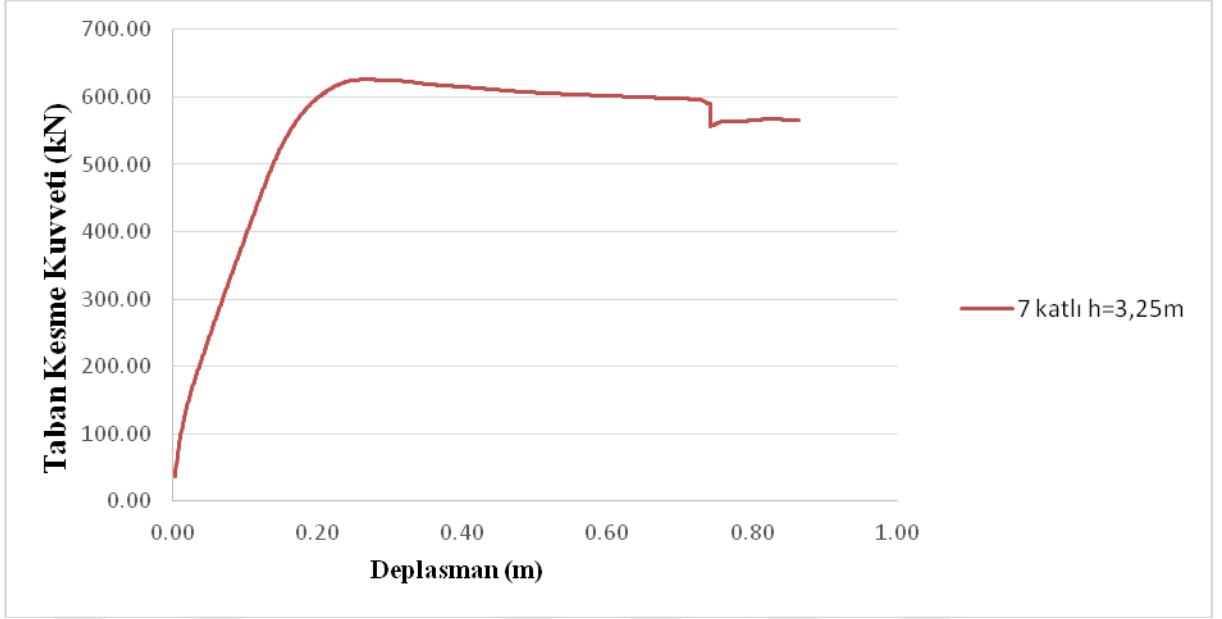
4.3.4.4 $h_{kat}=3.25m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

7 katlı yapıda $h_{kat}=3.25m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deformasyon durumu Şekil 5.23'te gösterilmiştir.



Şekil 4.23. $h_{kat}=3.25m$ için yapı modeli ve deformasyon durumu

$h_{kat}=3.25m$ olması durumunda 7 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.24' de gösterilmiştir.

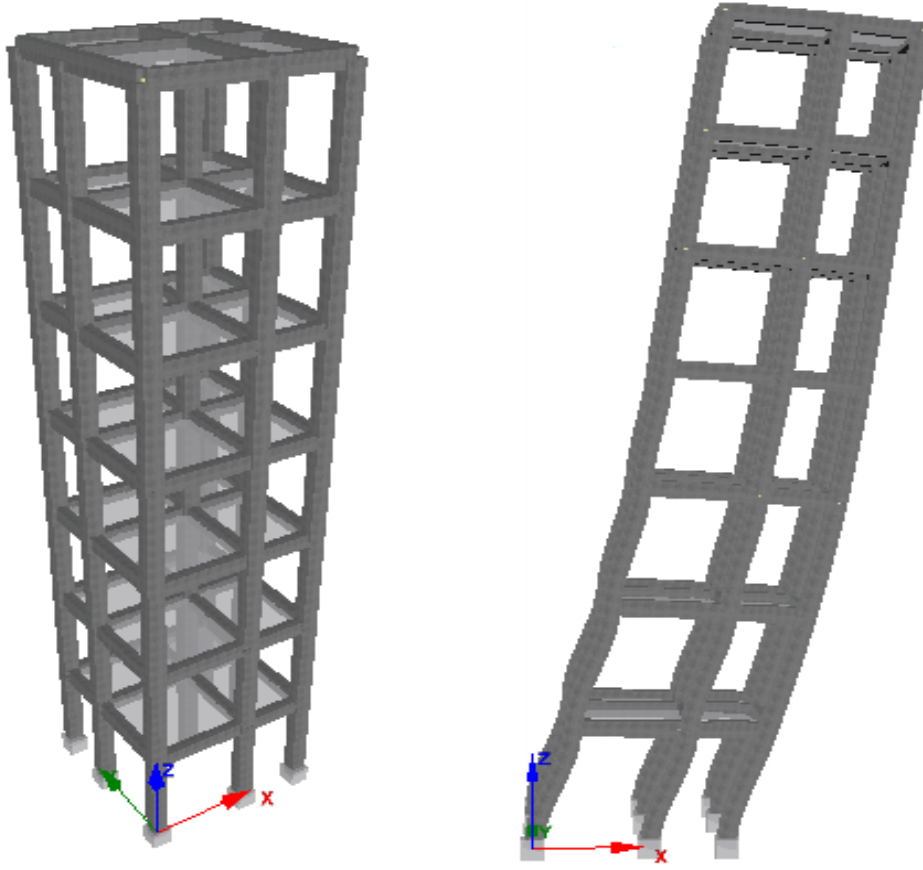


Şekil 4.24.. $h_{kat}=3.25m$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi

$h_{kat}=3.25m$ olan 7 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değişme miktarı en fazla 85 cm'ye ulaşmaktadır.

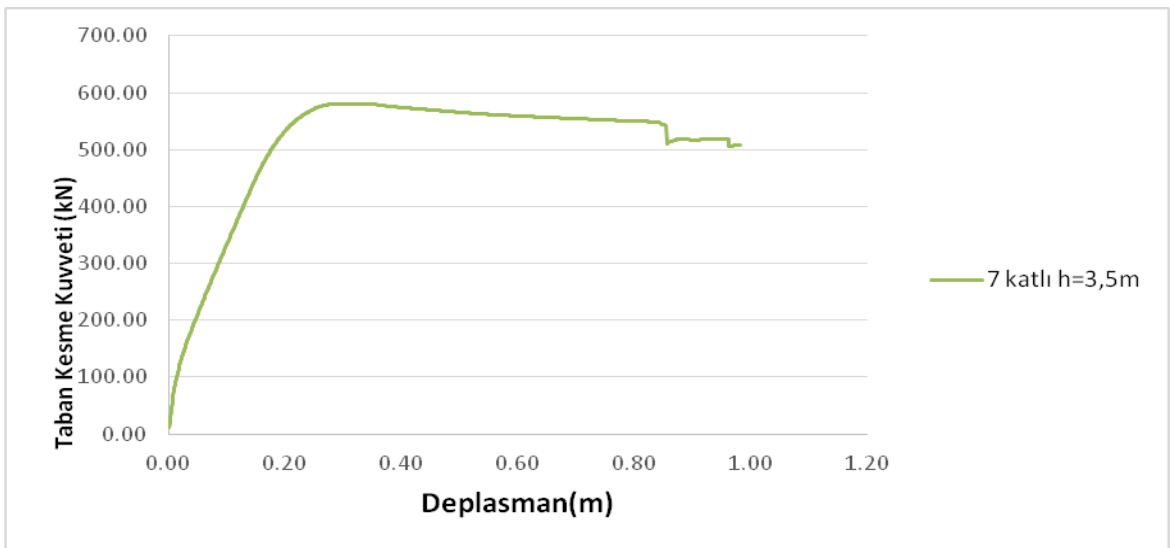
4.3.4.5 $h_{kat}=3.5m$ Olması Durumunda 7 Katlı Yapı İçin Analiz Sonuçları

7 katlı yapıda $h_{kat}=3.5m$ olması durumunda yazılım programından elde edilen model ve deформasyon durumu Şekil 5.25'te gösterilmiştir.



Şekil 4.25. $h_{\text{kat}}=3.25\text{m}$ için yapı modeli ve deформasyon durumu

$h_{\text{kat}}=3.5\text{m}$ olması durumunda 7 katlı betonarme yapı için elde edilen statik itme eğrisi Şekil 5.26' da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. $h_{\text{kat}}=3.5\text{m}$ olan 7 katlı yapının statik itme eğrisi.

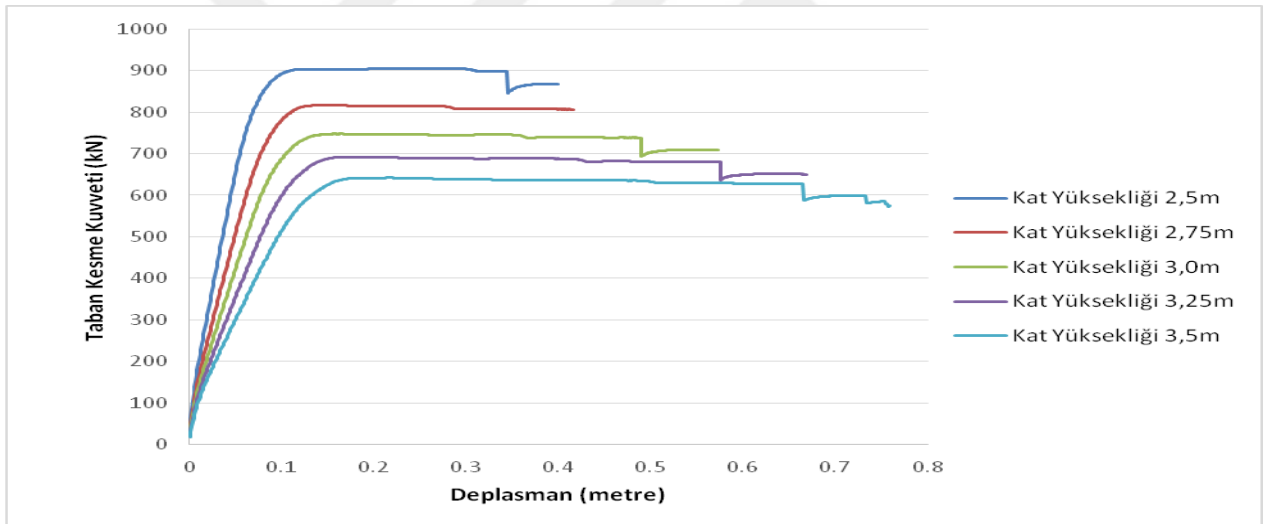
$h_{kat}=3.5m$ olan 7 katlı yapıda analiz sonrası yük uygulanan C1- C4 – C7 düğüm noktalarında modal yer değişme miktarı en fazla 98 cm'ye ulaşmaktadır.

4.4. Yapıların Performansının Belirlenmesi

Statik itme analizine tabi tutulan 5 katlı ve 7 katlı 2.5m, 2.75m, 3.0m, 3.25m, 3.5m kat yüksekliği bulunan yapılara gelen taban kesme kuvvetine karşı göstermiş oldukları yer değiştirme istemleri karşılaştırılarak kat yüksekliği farklı olan yapıların performansı belirlenecektir.

4.4.1. 5 Katlı Yapının Performansının Belirlenmesi

5 katlı yapı modeli için kat yüksekliğinin değişimini statik itme eğrileri Şekil 5.27'de gösterilmiştir.

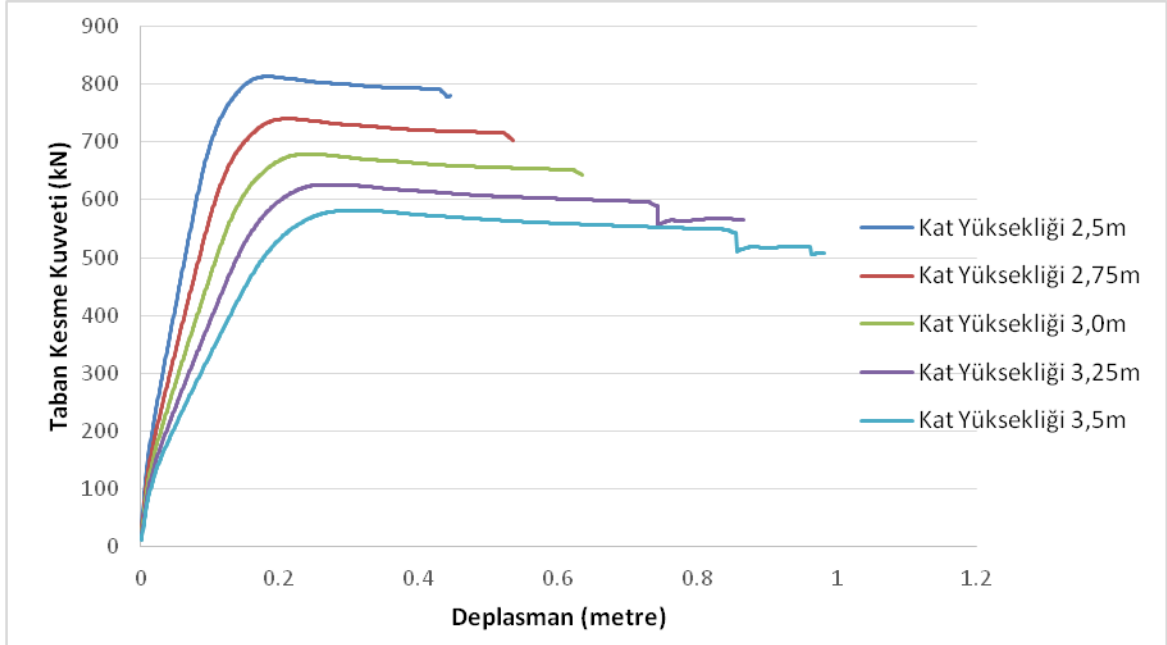


Şekil 4.27. 5 katlı kat yükseklikleri farklı yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

Statik itme analizine (pushover) tabi tutulan kat yükseklikleri farklı 5 katlı yapının taban kesme kuvvet – deplasman grafiklerinden de anlaşılacağı gibi, kat yükseklikleri arttıkça maruz kalınan taban kesme kuvvetinin düşmesine rağmen yapının yer değiştirme istemi artmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda kat yüksekliği fazla olan yapılarda yer değiştirme istemi fazla olduğundan meydana gelecek hasar oluşumu daha fazla olabilecektir.

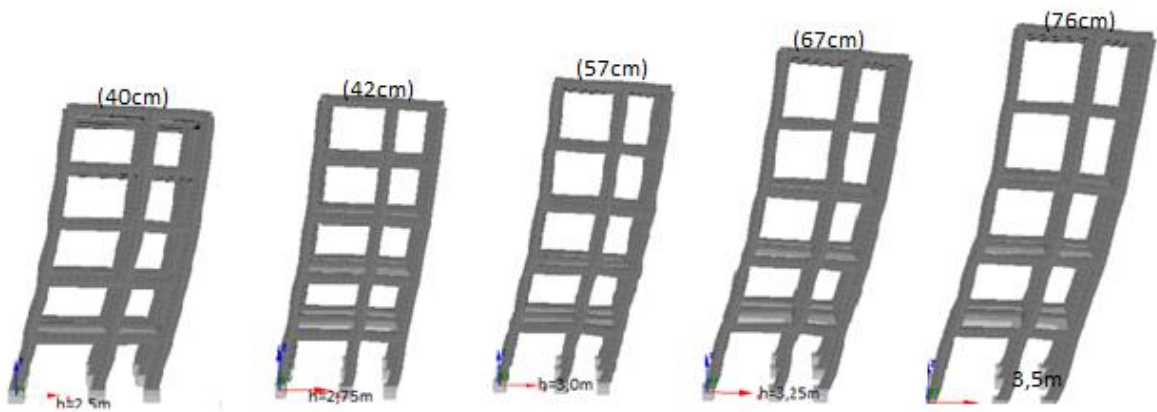
4.4.2. 7 Katlı Yapının Performansının Belirlenmesi(2.5m, 2.75m, 3.0m, 3.25m, 3.50m)

7 katlı yapı modeli için kat yükseklik değerinin değişiminden dolayı elde edilen statik itme eğrileri Şekil 5.28’de gösterilmiştir.

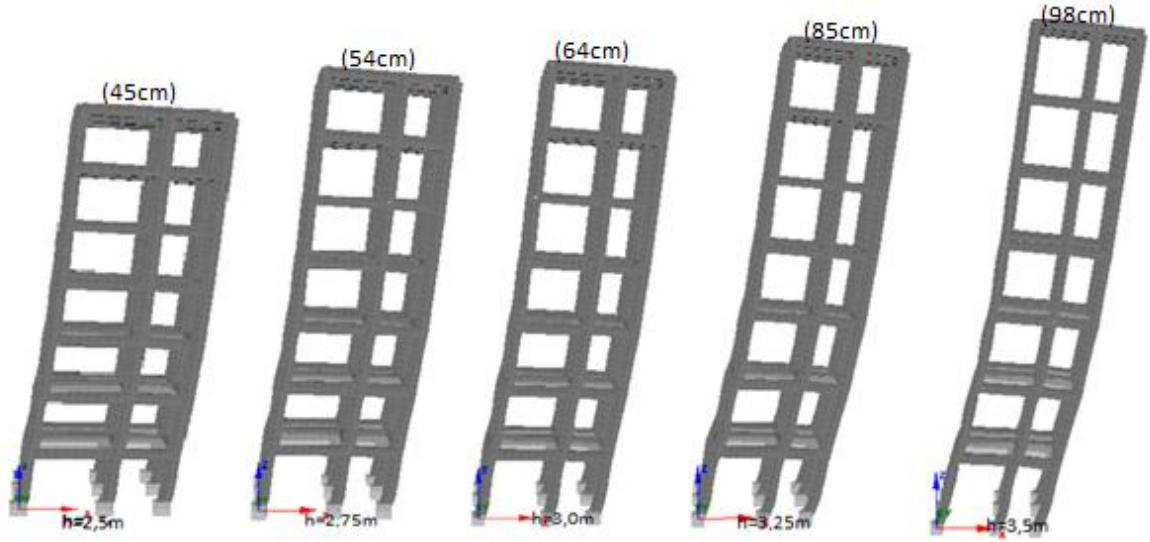


Şekil 4.28. 7 katlı kat yükseklikleri farklı yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

5 ve 7 katlı yapılar için yapılan analizlerden elde edilen yer değiştirme istemlerinin karşılaştırılması Şekil 5.29.a’da ve Şekil 5.29.b’de verilmiştir.



Şekil 4.29.a. 5 katlı yapıların farklı kat yüksekliklerinin yer değiştirme istemlerinin karşılaştırılması

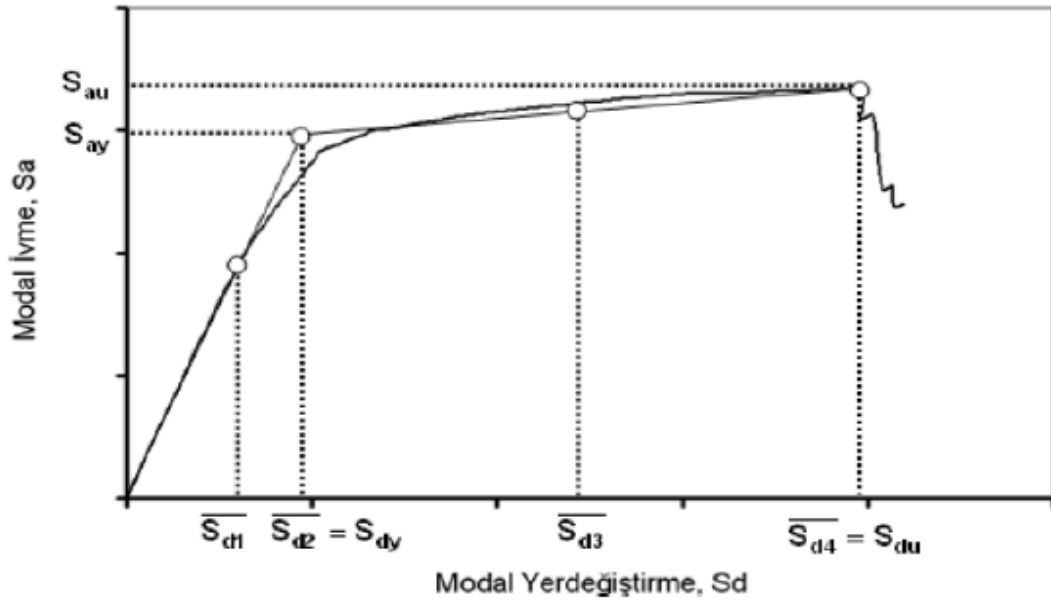


Şekil 4.29.b. 7 katlı yapıların farklı kat yüksekliklerinin yer değiştirme istemlerinin karşılaştırılması

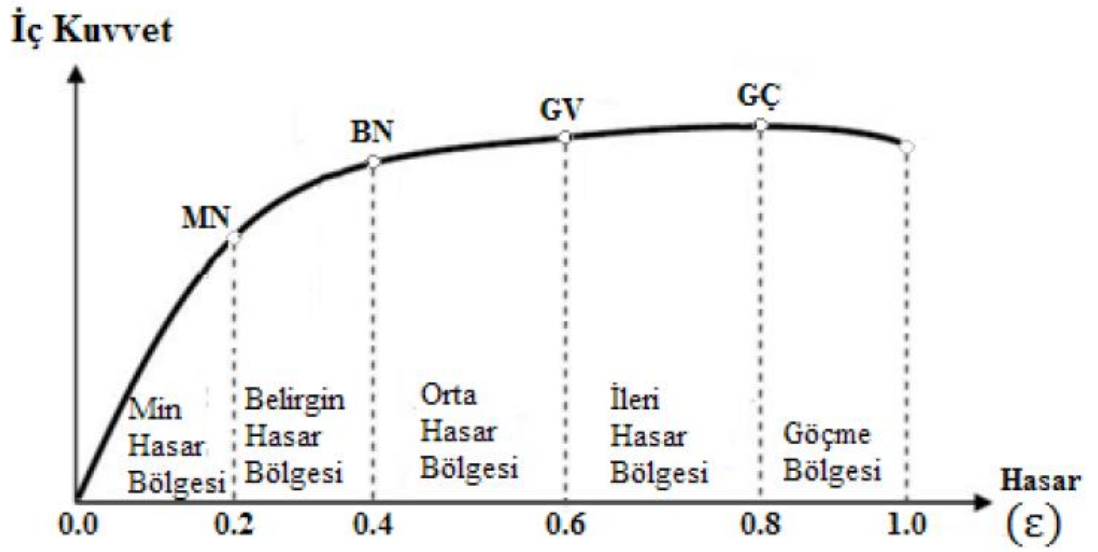
İtme Analizine (pushover) tabi tutulan kat yükseklikleri farklı 5 katlı modellerimizin performanslarını gösteren Taban Kesme Kuvvet – Deplasman grafiklerinden de anlaşılacağı gibi, kat yükseklikleri arttıkça maruz kalınan taban kesme kuvveti düşmesine rağmen yapının yer değiştirme istemi artmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda kat yüksekliği fazla olan yapılarda yer değiştirme istemi fazla olduğundan meydana gelecek hasar oluşumu daha fazla olabilecektir.

4.4.3. Yapıların Performansının Karşılaştırılması

Yapılan bu tez çalışmasında sınır hasar seviyelerinin belirlenmesi için FEMA-356'ya benzer bir yaklaşımla iki doğru parçası kullanılarak hesaplanmıştır. Mevcut modal kapasite eğrilerinin idealleştirilmiş modal kapasite eğrilerine dönüştürülmesi amacıyla şekil 5.29 'da görüldüğü gibi teğetler çizilip gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra (S_d) cinsinden beş hasar sınırı bütün modellenen yapıların spektrum eğrilerinden elde edilen sınır değerlerinin ortalama değerleri alınarak sisteme tanımlanmıştır[34]. Bunlar sırasıyla; Hafif hasar sınırı (S_{d1}), orta hasar sınırı (S_{d2}), ileri hasar sınırı (S_{d3}) ve göçme (çok ağır hasar) sınırı (S_{d4})'dır. Bu hasar sınırlarına karşılık beş hasar bölgesi tanımlanmaktadır. Bunlar; hasarsızlık bölgesi, hafif hasar bölgesi, orta hasar bölgesi, ileri hasar bölgesi ve göçme (çok ağır hasar) bölgesidir [34].



Şekil 4.30. Sınır hasar seviyelerinin idealize edilmiş modal kapasite spektrumları üzerinde tanımlanması[34]



Şekil 4.31. Kesit hasar sınır ve bölgeleri

Yapı modellerimizde oluşan hasar sınırlarını temsil eden renkler Şekil 5.32’de belirtilmiştir.

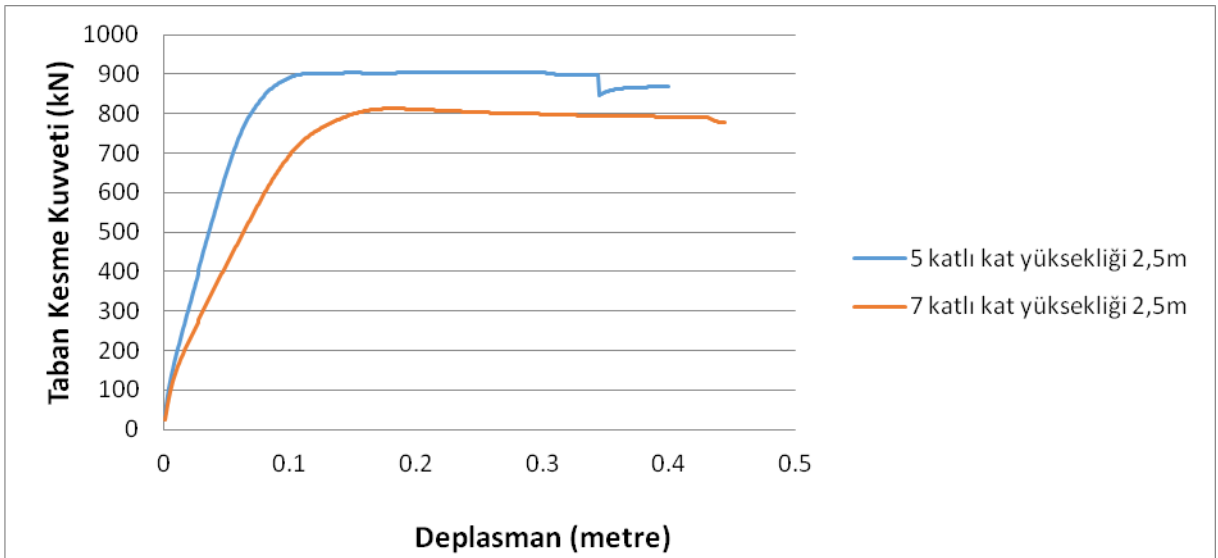


Şekil 4.32. Kesit hasar sınır ve bölgeleri temsil renkleri

4.4.4. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 2.5m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması

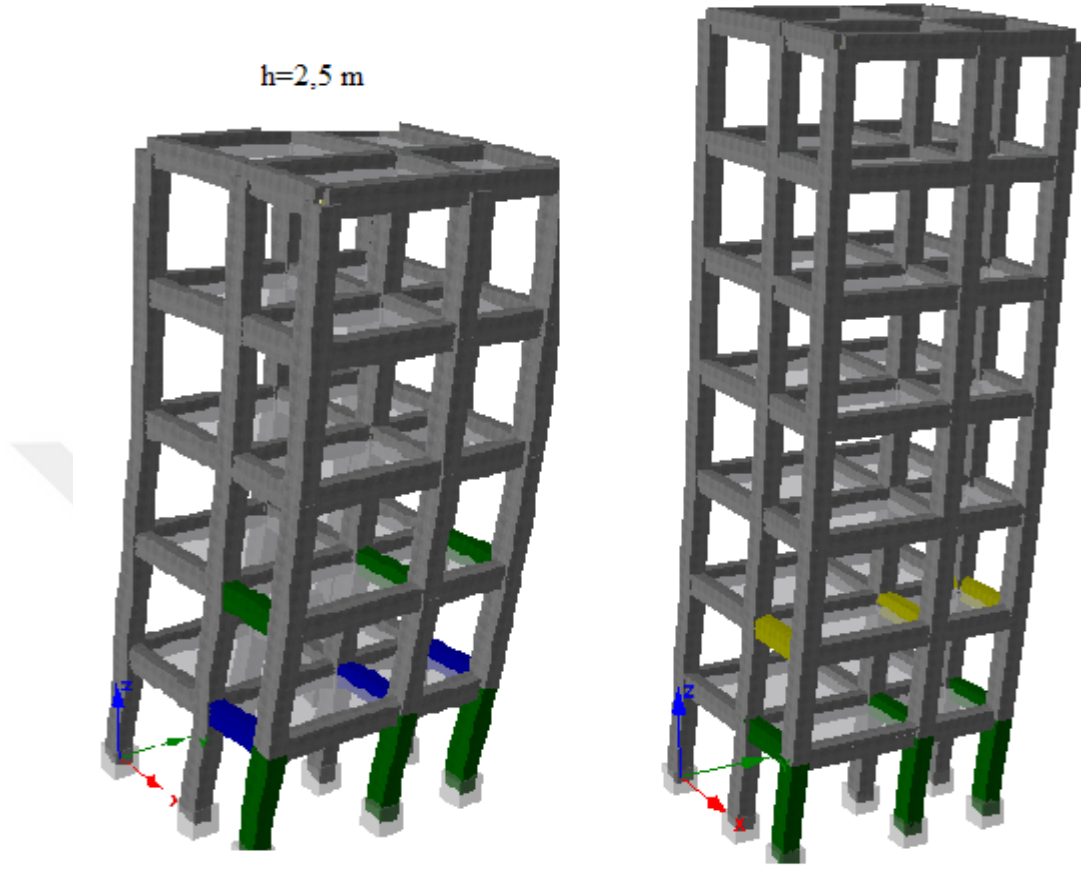
Seismostruct programında yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler ile Excel de oluşturduğumuz 5 ve 7 katlı Şekil 5.32’de görülen deplasman istemlerinin karşılaştırılması sonucunda; bina yüksekliği arttıkça deplasmanın arttığı ve Şekil 5.31’deki hasar durum modellerinde de görüldüğü gibi betonarme elemanlardaki hasar durumları da farklılık göstermektedir.

$h_{kat}=2.5m$ olması durumunda 5 ve 7 katlı betonarme yapılar için elde edilen statik itme eğrilerinin karşılaştırılması Şekil 5.33’ te gösterilmiştir.



Şekil 4.33. 5 ve 7 katlı $h_{kat}= 2,5$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

5 ve 7 katlı betonarme yapılarda $h_{kat}=2.5m$ olması durumunda yapılan statik itme analizi sonucu oluşan hasar durumunun karşılaştırılması Şekil 5.34'te gösterilmiştir.



Şekil 4.34. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2,5m$ olan yapıların hasar durumları

5 ve 7 katlı yapılarda hasar gören eleman sayısının toplam yapıdaki eleman sayısındaki yüzdelik dilimi Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2.5m$ olan yapıların hasar durumu

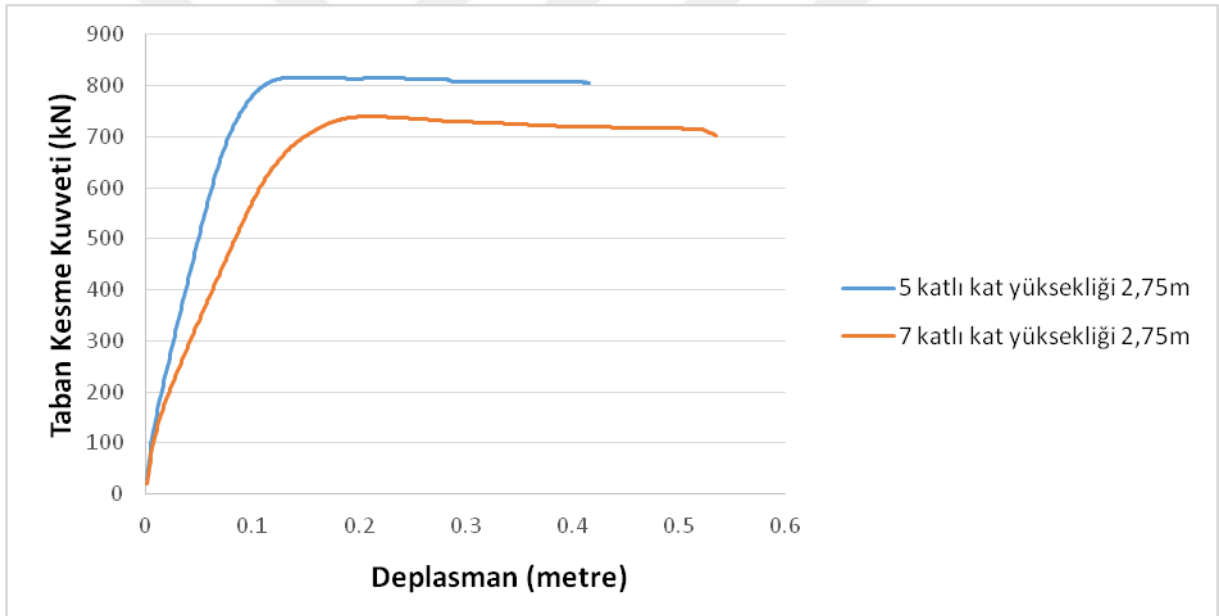
Toplam betonarme Eleman Sayısı (kolon-kiriş) 5 ve 7 kat	5 Katlı 2.5m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı	7 Katlı 2.5m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı
105 - 147	9	9
Hasar Yüzdesi	%8,6	%6,1
İleri Hasar ve Göçme Bölgesi Yüzdesi	-	-

5 katlı yapı için hasar yüzdesi %8,6 iken 7 katlı bir yapıda bu değer %6,1'dir. 5 katlı yapıda belirgin hasar oluşurken, 7 katlı yapıda orta seviyede hasarlar oluşmaktadır.

4.4.5. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 2.75m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması

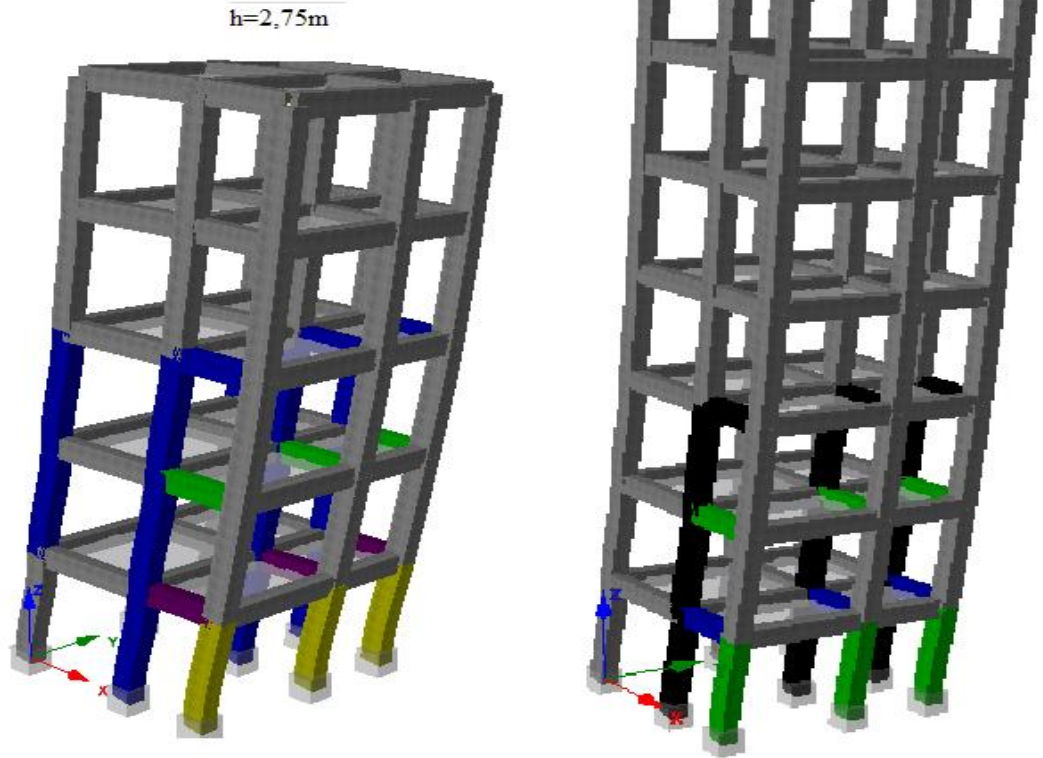
Şekil 5.34'teki yapı modellerinde görüldüğü gibi 5 katlı yapı modelinde hasar oranı daha yüksek fakat 7 katlı yapıdaki hasar oranını boyutu daha büyüktür. 5 Katlı yapıda 3 kolonda ileri hasar durumu gözükürken 7 katlı yapı da 12 kolonda göçme durumu meydana gelmiştir.

$h_{kat}=2.75m$ olması durumunda 5 ve 7 katlı betonarme yapılar için elde edilen statik itme eğrilerinin karşılaştırılması Şekil 5.35'te gösterilmiştir.



Şekil 4.35. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2.75$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

5 ve 7 katlı betonarme yapılarda $h_{kat}=2.75m$ olması durumunda yapılan statik itme analizi sonucu oluşan hasar durumunun karşılaştırılması Şekil 5.36' da gösterilmiştir.



Şekil 4.36. 5 ve 7 katlı $h_{kat}= 2.75m$ olan yapıların hasar durumları

5 ve 7 katlı yapılarda hasar gören eleman sayısının toplam yapıdaki eleman sayısındaki yüzdelik dilimi Tablo 5.3'te gösterilmiştir.

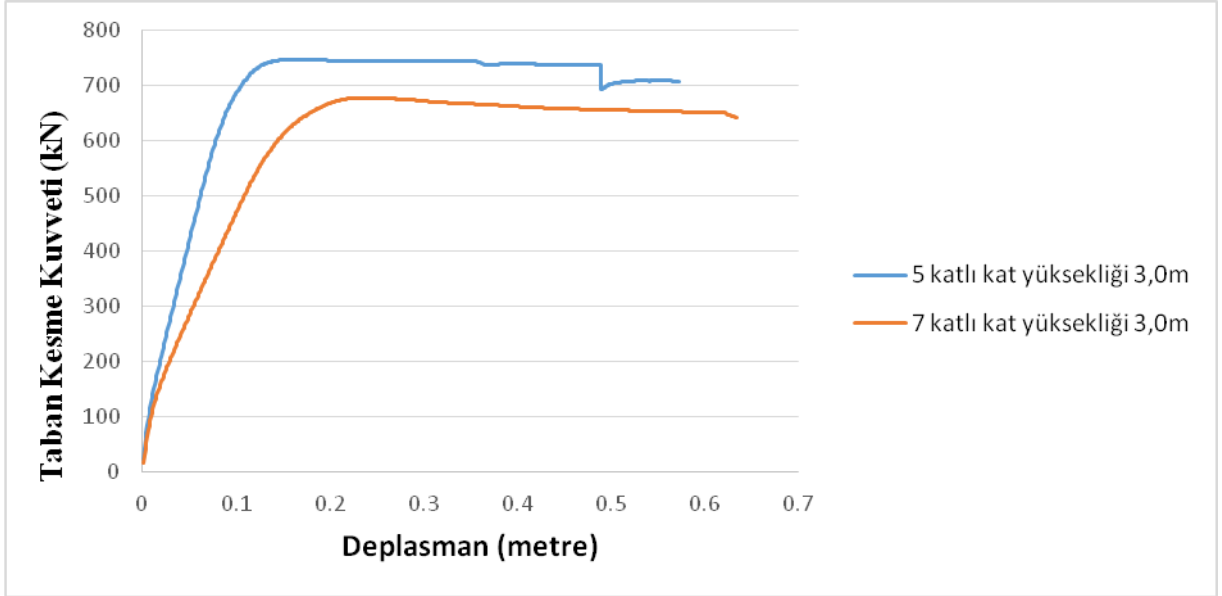
Çizelge 4.3. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=2.75m$ olan yapıların hasar durumu

Toplam betonarme Eleman Sayısı (kolon-kiriş) 5 ve 7 kat	5 Katlı 2.75m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı	7 Katlı 2.75m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı
105 - 147	24	21
Hasar Yüzdesi	%22,9	%14,3
İleri Hasar ve Göçme Bölgesi Yüzdesi	%12,5	%57,1

Tablo5.3'te görüldüğü gibi 5 katlı yapı modelimizin hasar oranı daha fazladır. Ama Şekil 5.32'deki hasar durum renklerine bakıldığında 5 Katlı yapı modelimizde ileri hasar ve göçme durumunu oluşturan elemanlar hasarlı elemanlar içinde % 12,5 gibi bir dilimdeyken 7 katlı yapıda %57,1'lik bir dilimi kapsamaktadır.

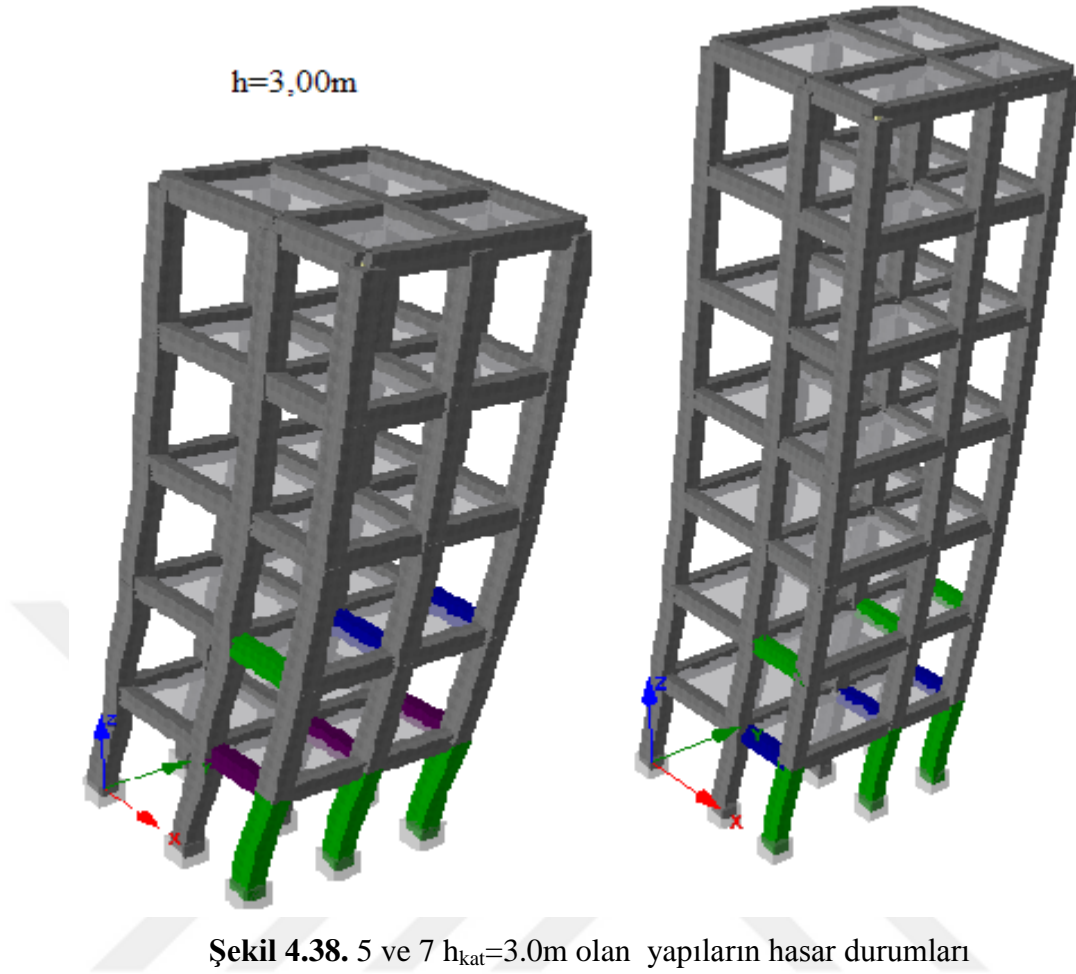
4.4.6. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 3.0m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması

$h_{kat}=3m$ olması durumunda 5 ve 7 katlı betonarme yapılar için elde edilen statik itme eğrilerinin karşılaştırılması Şekil 5.37’de gösterilmiştir.



Şekil 4.37. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.0m$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

5 ve 7 katlı betonarme yapılarda $h_{kat}=3m$ olması durumunda yapılan statik itme analizi sonucu oluşan hasar durumunun karşılaştırılması Şekil 5.38’ de gösterilmiştir.



5 ve 7 katlı yapıların hasar gören eleman sayısının toplam yapıdaki eleman sayısındaki yüzdeleri Tablo 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.0m$ Olan Yapıların Hasar Durumu

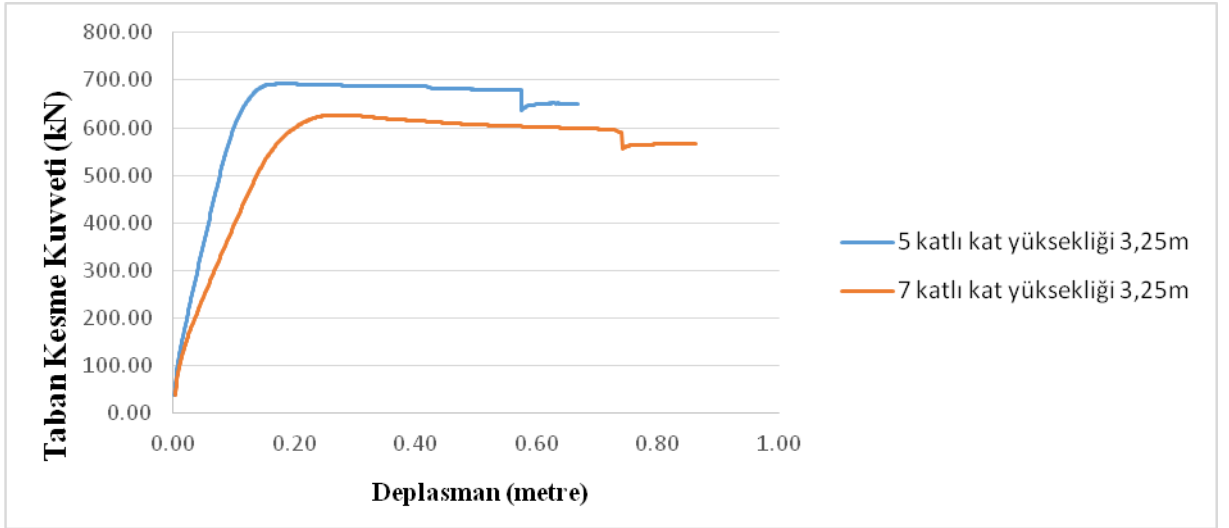
Toplam betonarme Eleman Sayısı (kolon-kiriş) 5 ve 7 kat	5 Katlı 3.0m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı	7 Katlı 3.0m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı
105 - 147	9	9
Hasar Yüzdesi	%8,6	%6,1
İleri Hasar ve Göçme Bölgesi Yüzdesi	%33,3	-

Şekil.5.35'teki Pushover Eğrilerinin karşılaştırılmasında da görüldüğü gibi 5 katlı maksimum deplasman yaptığı noktada yaklaşık 750 kN taban kesme kuvveti gelirken, 7 katlı yapıya 650 kN taban kesme kuvveti gelmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi yapılardaki hasarlı eleman sayısı

aynıdır. Fakat hasar boyutları değişiklikler göstermektedir. 5 katlı yapının 1. katın K102, K107 ve K112 nolu kirişlerinde ileri hasar durumu gözükmemektedir. 2. katta ise belirgin hasar ve orta hasar durumlarıyla karşılaşmaktayız. 7 katlı yapı modelimizde ise hasar durumu orta hasar bölgesinde kalmıştır.

4.4.7. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 3.25m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması

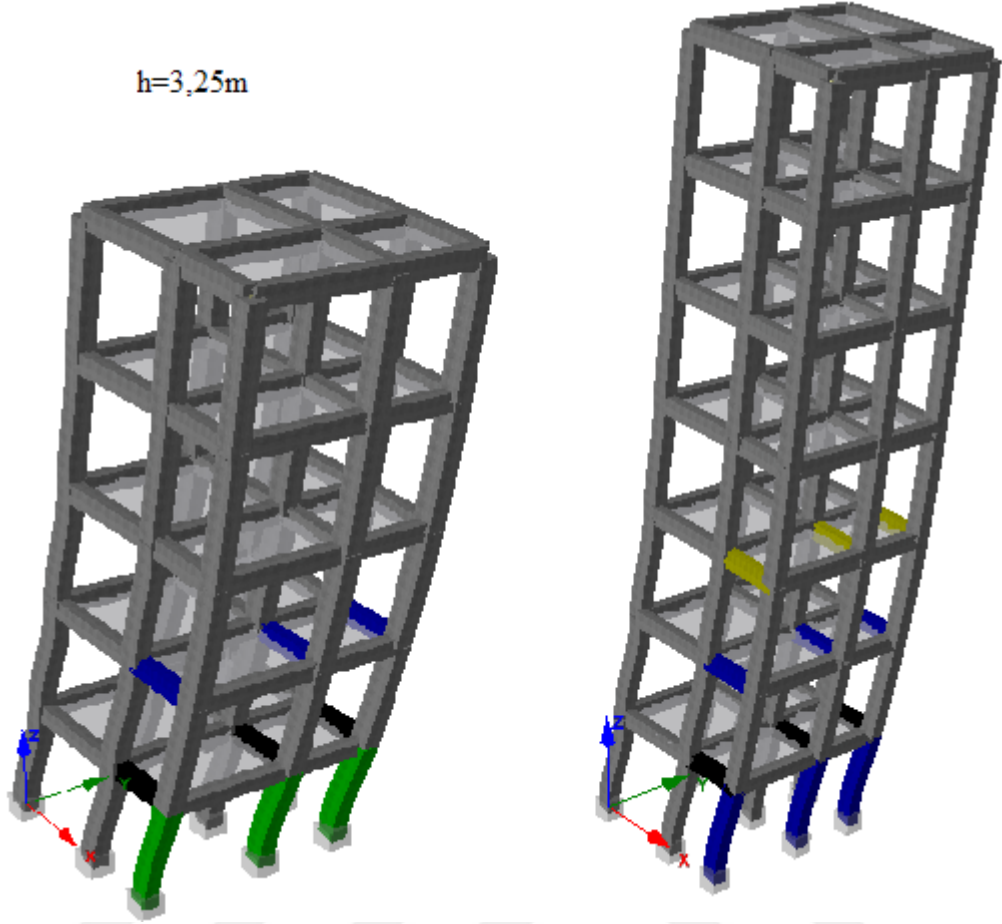
$h_{kat}=3.25m$ olması durumunda 5 ve 7 katlı betonarme yapılar için elde edilen statik itme eğrilerinin karşılaştırılması Şekil 5.39' da gösterilmiştir.



Şekil 4.39.5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.25$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

5 ve 7 katlı betonarme yapılarda $h_{kat}=3.25m$ olması durumunda yapılan statik itme analizi sonucu oluşan hasar durumunun karşılaştırılması Şekil 5.40' da gösterilmiştir.

$h=3,25m$



Şekil 4.40. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.25m$ olan yapıların hasar durumları

Şekil 5.38'deki yapı modelindeki hasar durumları incelendiğinde K102, K107 ve K112 kirişlerinde göçme meydana geldiği görülmektedir. 5 katlı yapının S3, S6, S9 kolonlarında belirgin hasarlar görülürken 7 katlı yapının belirttiğimiz kolonlarında ortada hasar durumu görülmektedir, ayrıca 5 katlı yapıda görülmeyen K302, K307 ve K312 numaralı kirişlerinde de minimum hasarlar görülmektedir.

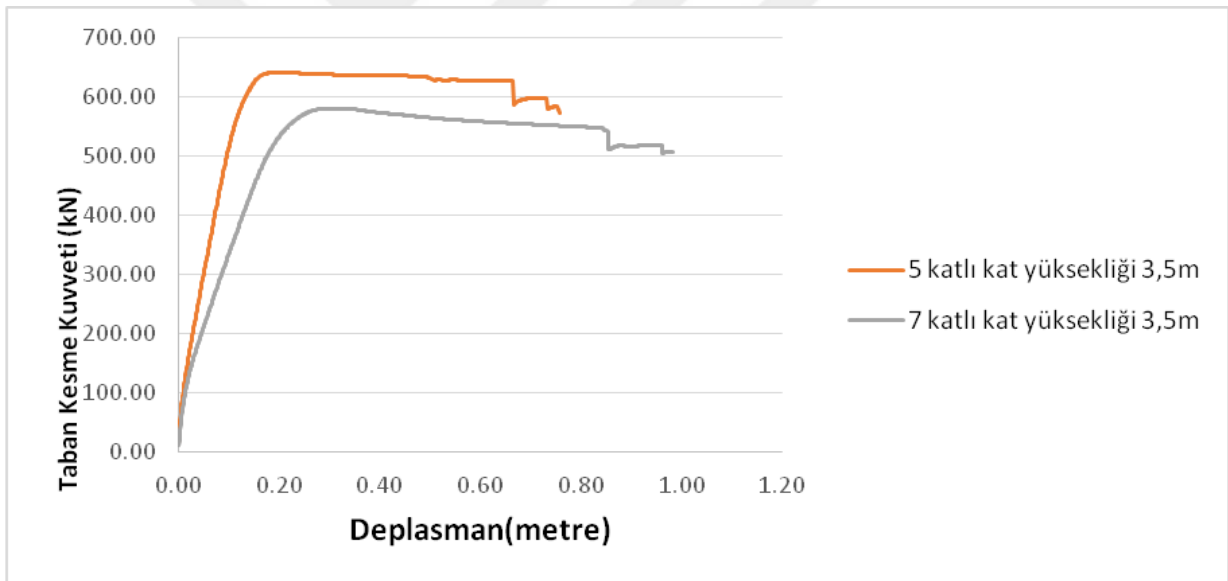
5 ve 7 katlı yapılarda hasar gören eleman sayısının toplam yapıdaki eleman sayısındaki yüzdelik dilimi Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.25m$ olan yapıların hasar durumu

Toplam betonarme Eleman Sayısı (kolon-kiriş) 5 ve 7 kat	5 Katlı 3.25m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı	7 Katlı 3.25m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı
105 - 147	9	12
Hasar Yüzdesi	%8,6	%8,2
İleri Hasar ve Göçme Bölgesi Yüzdesi	%33,3	%25

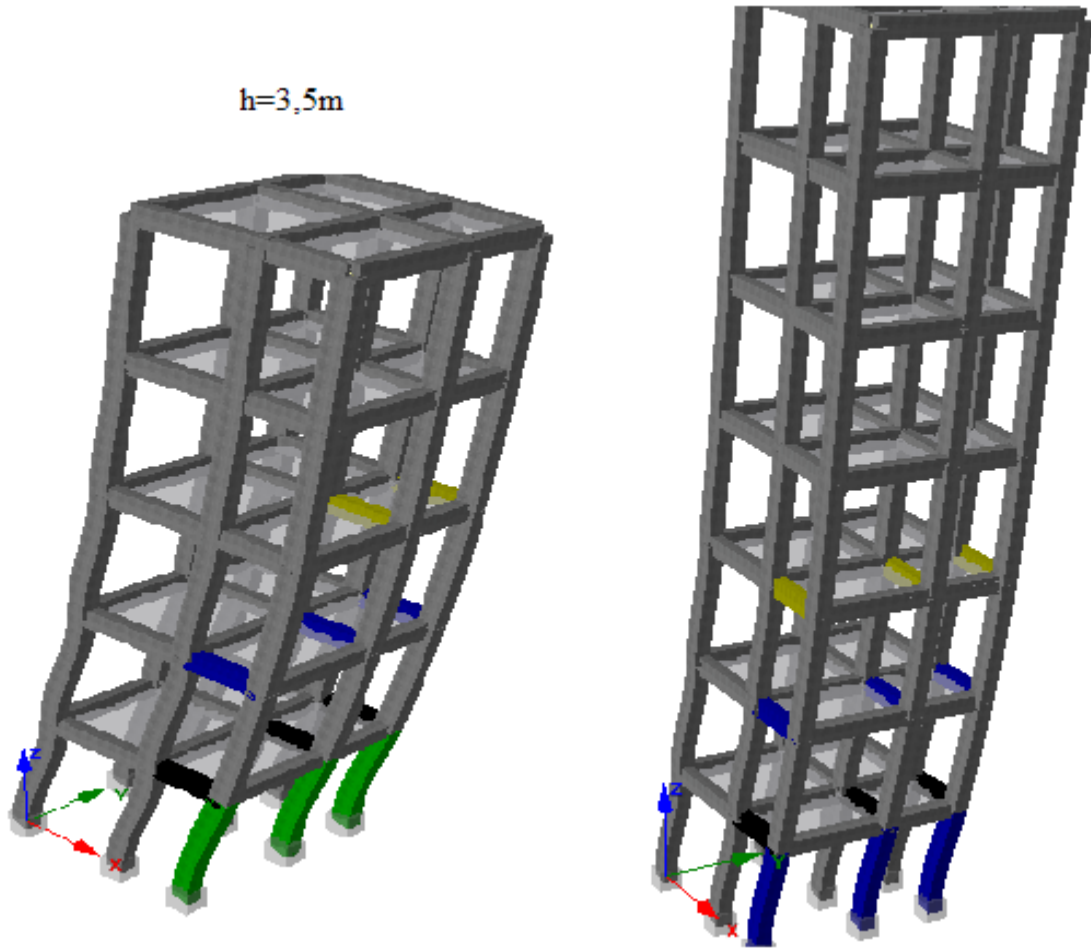
4.4.8. 5 ve 7 Katlı Kat Yüksekliği 3.5m Olan Yapının Performansının Karşılaştırılması

$h_{kat}=3.5m$ olması durumunda 5 ve 7 katlı betonarme yapılar için elde edilen statik itme eğrilerinin karşılaştırılması Şekil 5.41' de gösterilmiştir.



Şekil 4.41. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.5$ olan yapıların statik itme eğrilerinin karşılaştırılması

5 ve 7 katlı betonarme yapılarda $h_{kat}=3.5m$ olması durumunda yapılan statik itme analizi sonucu oluşan hasar durumunun karşılaştırılması Şekil 5.42' de gösterilmiştir.



Şekil 4.42. 5 ve 7 katlı $h_{kat}=3.5m$ olan yapıların hasar durumları

Şekil 5.40'teki hasar durumlarına bakıldığında 3,25m yüksekliği olan yapılardaki hasar durumuna benzer hasarlar görülmektedir. Sadece 5 katlı yapının K102 ve K107 numaralı kirişlerinde minimum hasar görülmektedir. Fakat 3,25m olan yapı modellerinde 5 katlı da 700 kN taban kesme kuvvetiyle 67 cm deplasman yaparken 3,5m yüksekliği olan yapı modelimiz ise 550 kN taban kesme kuvvetiyle 76 cm deplasman yapmaktadır. Aynı şekilde 7 katlı modellerimizde ise yüksekliği 3,25m olan yapıımız 650 kN kuvvet ile 76 cm yaparken 3,5m olan yapı modelimiz 98 cm deplasman yapmaktadır.

5 ve 7 katlı yapılarda hasar gören eleman sayısının toplam yapıdaki eleman sayısındaki yüzdelik dilimi Tablo 5.6'da gösterilmiştir

Çizelge 4.6. 5 ve 7 katlı $h_{\text{kat}}=3.5\text{m}$ olan yapıların hasar durumu

Toplam betonarme Eleman Sayısı (kolon-kiriş) 5 ve 7 kat	5 Katlı 3.5m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı	7 Katlı 3.5m Yüksekliği Olan Yapıdaki Hasarlı Eleman Sayısı
105 - 147	11	12
Hasar Yüzdesi	3	%8,2
İleri Hasar ve Göçme Bölgesi Yüzdesi	%27,3	%25

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem etkisine maruz kalabilecek yapıların yapısal özellikleri olası bir deprem sonucunda can ve mal kaybıyla doğru orantılı olacaktır.

Bu tez çalışmasında kat yükseklikleri 2,50m, 2,75m, 3,00m, 3,25m, 3,50m olan ve plan örneği aynı 5 ve 7 katlı 10 adet yapı modelinin malzeme özellikleri ve yerel zemin sınıfı sabit tutularak X yönünden aynı düğüm noktalarına tanımlanan deplasman kuvvetleri doğrultusunda yapılmış olacağı yer değişim istemleri incelenerek hasar durumlarına belirlenmiştir.

Bu amaçla SeismoStruct programına belirlenen malzeme özellikleri ve zemin sınıfları girilerek yapı modelimizi tanımlayarak statik (pushover) itme analizi yapılmıştır. Statik (pushover) itme analizi sonuçlarına göre;

5 katlı yapılarda kat yüksekliği arttıkça yapıya gelen taban kesme kuvveti düşüş göstermektedir. Bu düşüşe ters orantılı olarak yapının yapılmış olduğu deplasman miktarı artış göstermiştir. Aynı durum 7 katlı yapı modellerimizin analiz sonuçlarında da görülmüştür.

5 ve 7 katlı kat yükseklikleri aynı olan yapı modelleri incelendiğinde ise; 5 katlı yapı modellerine 7 katlı yapı modellerine gelen taban kesme kuvvetinden daha fazla bir taban kesme kuvveti geldiği, bu kuvvetlere ters orantılı olarak 7 katlı yapı modellerimizin daha çok deplasman yaptığı belirlenmiştir.

Yapı modellerinden hasar durumlarına bakıldığında ise hasar oranlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Hasar durumlarının sıklıkla 1. ve 2. katta bulunan kolon ve kirişlerde görüldüğü ve kat sayısı arttıkça hasar durumunun üst katlarda da görüldüğü belirlenmiştir.

Kat yükseklikleri ve kat sayıları farklı yapı modellerine uyguladığımız statik (pushover) itme analizi sonuçlarından da anlaşıldığı gibi; kat yüksekliği ve sayısı arttıkça daha az kat yüksekliği ve kat sayısı olan yapılara göre daha az taban kesme kuvvetine karşı koyabilmektedir. Kat yüksekliği ve kat sayısı az olan yapılara karşın fazladan yapılmış olduğu deplasman miktarı ise toplam bina yüksekliğindeki değişimle orantılıdır.

Yapı periyodunu değiştirmek rijitliği etkiler, buda yapı davranışını etkileyen bir faktördür. Yapı kütlesi sabit tutularak, rijitlik arttıkça periyot azalmaktadır. Tasarımı yapılan yapının zemin

hakim periyodunu dikkate alarak, yapı rezonansa getirecek periyot oluşturacak rijitlik değerinden kaçınmak gerekmektedir. Taşıyıcı sistemin rijitliğine bağlı olarak, yapı periyodu azaltılabilir ve ya artırılabilir. Bu durum göz önüne alındığında periyodu büyük olan zeminler üzerinde rijit yapıların, küçük olan zeminler üzerinde ise esnek yapıların inşa edilmesi rezonans oluşmaması açısından uygun olacaktır.

5 ve 7 katlı yapıların farklı kat yüksekliğinde ulaştıkları maksimum periyotları Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Analizi yapılan yapıların maksimum periyotları

Kat Yüksekliği	2,50m	2,75m	3,00m	3,25m	3,50m
5 Katlı	0,19441476	0,22488293	0,24590348	0,29163943	0,32792168
7 Katlı	0,28498997	0,32990122	0,37771696	0,42843093	0,48203773

5 ve 7 katlı yükseklikleri farklı yapılarda maksimum yer değiştirmeleri ve o anki etki eden taban kesme kuvvetleri Tablo6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Maksimum yer değiştirmeler ve taban kesme kuvvetleri

Kat Yüksekliği	Taban Kesme Kuvveti (kN)		Yer Değiştirme Miktarı (cm)	
	5 Katlı	7 Katlı	5 Katlı	7 Katlı
2.5m	868.1	779.3	40	45
2.75m	805.7	703.3	42	54
3.0m	708.6	643.1	57	64
3.25m	650.4	565.6	67	85
3.5m	574.4	507.5	76	98

Kat yüksekliği azaldıkça taban kesme kuvveti ortalama %10 oranında artmıştır. Buradan hareketle kat yüksekliğinin artması durumlarında yapının rijitliğini artıracak önlemler alınması gerekmektedir. Rijitliğin artması ile yapı periyodu aşağı seviyelere çekilmiş olacaktır. Bunun sonucu olarak yapılardan beklenen yeterli rijitlik sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Sucuoğlu H, 2006. 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi, Mühendislik Haberleri, 444-445: 267-284.
- [2] Aydınoğlu M.N. 2007. A Response Spectrum-Based Nonlinear Assessment Tool Practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA), ISET Journal of Earthquake Technology, 4(1): 169-172.
- [3] Doran B. , Akbaş B. , Sayım İ. , Fahjan Y., Alacalı S.N., 2011. Uzun Periyotlu Bir Yapıda Yapısal Sağlık İzlemesi ve Deprem Performansının Belirlenmesi, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011 ODTÜ, Ankara, 43-51.
- [4] Kutanis, M.2006. Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, YOGS-2006, Pamukkale Üniversitesi, 7-8 Aralık 2006, Denizli.
- [5] DBYYHY 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- [6] Habibullah A., Pyle S., 1988. Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis in SAP2000, Structure Magazine , 1: 1-4.
- [7] Ganzerli S. Pantelides C.P. Reaveley L.D., 2000. Performance- Based Design Using Structural Optimization, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 29(11): 1677-1690.
- [8] Freeman S.A., 2005. Performance Based Earthquake Engineering During the Last 40 Years, Earthquake Engineering: Essential and Applications Workshops, EERC METU, Ankara.
- [9] Chopra A.K., Goel R.K., 2002. A Modal Pushover Analysis Procedure for Estimating Seismic Building, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31: 561-582.

- [10] Maison B.F., 2005. Discussions of Evaluation of Modal and FEMA Pushover Analyses, Earthquake Spectra, 21: 275-279.
- [11] Işık E., Kutanis M., 2015. Performance Based Assessment for Existing Residential Buildings in Lake Van Basin and Seismicity of the Region, Earthquakes and Structures, 9(4), 893-910.
- [12] Özcan C., 2008. Kat Yüksekliği Aynı Olan Binalar İle Bodrum Kat Yüksekliği Daha Az Olan Binaların Performansının Karşılaştırılması, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [13] Gülkan P., Sözen M.A., 1974. Inelastic Response of Reinforced Concrete Structures to Earthquake Motions, In Journal Proceedings, 71(12): 604-610.
- [14] Aydınoglu N., 2006. DBYBHY-2007 Kapsamında Depreme Dayanıklı Tasarımın Genel İlkeleri, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Hüryaşar S. K. 2009. Taşıyıcı Sistemi Düzensiz Yapı Sistemlerinin Deprem Performanslarının Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [16] Işık, E. 2013. Bitlis İli Yapı Stoğunun Birinci Kademe (Sokak Tarama Yöntemi İle) Değerlendirilmesi Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1): 173- 178.
- [17] Işık E., 2015 Size Effects of Coloumns on Buckling” 5th International Science Technology and Engineering Conference (ISTE-C 2015), September, St.Petersburg, Russia
- [18] Erol O., 1999. Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [19] Anonim, 2016. Yapılar üzerinde deprem etkisi, <http://sismo.deprem.gov.tr/>, Erişim tarihi: (25.02.2016).

- [20] Işık E.2010. Bitlis Şehri Deprem Performans Analizi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya
- [21] Ağcakoca M. 2006. Burulma Modu Etkin Olan Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [22] Işık E, Kaya C, Tapancı T, 2015. Effects of Material Strength on Structural Performance for the Irregularity Structure, International Journal of Novel Research in Civil Structural and Earth Sciences, 2(2): 23-28
- [23] Celep Z, 2015. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Seçkin Yayınevi, İstanbul.
- [24] Darcan C, 2005. Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [25] Ülker M, Işık E, Bakır D, Karaşin İ.B, 2016. The Effect of Concrete Strength to Rigidity in RC Buildings, International Conference on Natural Science and Engineering(ICNASE'16), Kilis.
- [26] Aktan S, Kıracı N, 2010. Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi Univ. 23(1); 15-32
- [27] Doğangün A, 2013. Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı: DBYBHY-2007 TS500 - ye Uygun". Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [28] Mermer S, 2007.Mevcut Bir Yapının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Performans Değerlendirmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [29] Orak E, 2008. Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Deprem Geçirmiş Binalarla

İlişkilendirilerek Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya

- [30] Özer E, 2007. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme, İTÜ Ders Notları.
- [31] Celep Z, 2007. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme–Deprem Yönetmeliği 2007 Kavramları, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [32] Aydınoglu M.N, Önem G, 2010. Evaluation Of Analysis Procedures For Seismic Assessment And Retrofit Design, In Earthquake Engineering in Europe, Springer, 171-198.
- [33] Kutanis M, 2007.Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı, İMO Sakarya Şubesi, Sakarya.
- [34] Özdemir M, 2014. Betonarme Binaların Fibre Eleman Yöntemi ile Statik İtme ve Gerçek Zamanlı Deprem İvme Kayıtları Kullanılarak Sismik Performanslarının Belirlenmesi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- [35] SeismoStruct v6.5 (2016) – A Computer Program For Static And Dynamic Nonlinear Analysis Of Framed Structures. Seismosoft.
- [36] Aydınoglu M.N, 2003. Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi için Artımsal Spektrum Analizi (ARSA) Yöntemi, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

27.09.1988 yılında Merkez / Bitlis'te doğdu. İlköğretimi TOBB Okulu'nda, liseyi Bitlis Nurullah Eren A.Ö.L'nde tamamladı. 2008 yılında kazandığım Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında mezun oldu. Ocak 2014 yılında Bitlis Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünde çalışmaya başladı ve aynı kurumda çalışmaya devam etmektedir. Aynı yılın Eylül ayında Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.

