

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

**YÜKSEK YAPILARDA DEPREM HASARLARI
ÜZERİNDEN PERFORMANS SEVİYESİNE GÖRE
MALİYET ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**ŞAHNAZ DEDEOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**GEBZE
2020**

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARDA DEPREM HASARLARI
ÜZERİNDEN PERFORMANS SEVİYESİNE GÖRE
MALİYET ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
VE DEĞERLENDİRİLMESİ

ŞAHNAZ DEDEOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMANI
PROF. DR. YASİN FAHJAN

GEBZE
2020

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

**EVALUATION AND COMPARISON OF
COST ANALYSIS BASED ON
EARTHQUAKE DAMAGES ACCORDING
TO PERFORMANCE LEVEL IN HIGH RISE
BUILDINGS**

ŞAHNAZ DEDEOĞLU

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**

DEPARTMENT OF EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING

**THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. YASİN FAHJAN**

**GEBZE
2020**



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17/07/2020 tarih ve 2020/34 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 23/10/2020 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Şahnaz DEDEOĞLU'nun tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı / Deprem ve Yapı Mühendisliği Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI)

: Prof. Dr. Yasin FAHJAN

ÜYE

: Dr. Öğr. Abdullah Can ZÜLFİKAR

ÜYE

: Dr. Öğr. Bahadır ŞADAN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

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

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; yüksek yapılarda birim maliyet ile bina yüksekliği arasındaki ilişkiyi tanımlamak ve aynı zamanda deprem performans seviyeleri bazında yapısal ve yapısal olmayan elemanların hasar tahminlerinin nasıl belirlendiğini irdelemektir. Literatürde bu konuda yapılmış çalışmaların yetersiz olduğu görülmekle beraber, bu çalışmaların birçoğu yükseklik maliyet ilişkisini iş grupları bazında detaylı bir şekilde incelememişlerdir. Bu çalışmada biri Avrupa öteki Anadolu yakasında, biri orta ölçekli, öteki daha üst bir standartta daha modern yapım teknikleri kullanılmış, ikisinin de taşıyıcı sistemi çekirdek perdeli çerçeveli sistem yapılmış, yükseklikleri 66 metre ile 187 metre arasında değişen iki binanın maliyet analizini ve bu analizin alt bileşenlerinin tutarlarının belirlenmesini, deprem sonrası binanın yapısal performansıyla beraber binada yapısal olmayan elemanların hasar dereceleri ile maliyet hesaplarının irdelenmesini sunmak amaçlanmıştır.

Deprem sonrasında binaların nasıl hizmet vermeye devam edeceği bunların yatırımcıya nasıl ve ne şekilde yansıtacağı henüz tam anlamıyla üzerine eğilinmiş bir konu değildir. Yüksek yapılarda en küçük bir detayın bile ciddi maliyetler oluşturabileceği göz önünde bulundurulduğunda maliyet analizlerinin yapılması ciddi bir önem arz etmektedir. Ama daha da önemlisi yapılan bu yatırımların nasıl korunacağı ve olası bir afet sonrasında geri toparlanmanın zaman ve maliyet açısından bedelleri, yapıda ciddi tedbirlerin daha en başında alınması gerektiğini gözler önüne sermektedir. Zira mimari ve mekanik bileşenler bir binanın mülk zararlarının %60-70'inden fazlasını oluşturabilir. Kayıp giderleri ve iş kesintisi maliyetleri binanın değerini aşabilir. FEMA P58 metodolojisinin arka plan belgeleri olarak sunduğu kırılma eğrilerinden yararlanılarak bazı yapı bileşenleri bazında hasar görme yüzde tahminleri, farklı deprem seviyeleri altında irdelenerek yeni nesil yöntemlerde yapının her bir parçasının nasıl davranacağı haritası çıkarılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek yapı, Maliyet, Hasar, hasar görülebilirlik, sismik tehlike, Deprem Seviyeleri, FEMA P58, ATC 58, Pact.

SUMMARY

The aim of this study is; to define the relationship between unit cost and building height in high-rise buildings and also to examine how damage estimates of structural and non-structural elements are determined on the basis of earthquake performance levels. Although it is seen that the studies on this subject are insufficient in the literature, most of these studies did not examine the height-cost relationship in detail on the basis of work group. In this study, one was built in Istanbul on the European side and the other on the Anatolian side, one was built with the logic of medium-scale mass housing, the other was built with a higher standard of more modern construction techniques, the carrier system of both was made of a core curtain framed system, medium-storey and high-rise, heights 66 meters and 187 meters. Cost analysis of two buildings between 66 meters and 187 meters. As sub-components of this analysis, it is aimed to determine the amounts on a group basis, and then to present the structural performance of the building after the earthquake, as well as the examination and grading of the non-structural elements in the building and cost calculations required for the building to serve. But more importantly, how to protect these investments and the cost of recovery after a possible disaster in terms of time and cost reveal that serious measures should be taken at the very beginning. Because architectural and mechanical components can account for more than 60-70% of a building's property damage. Lost expenses and downtime costs can exceed the value of the building. Following these studies, using the vulnerability curves provided as background documents by the FEMA P58 methodology, the damage percentage estimates on the basis of some building components were examined under different earthquake levels, and it was tried to map how of how each part of the building will behave in new generation methods can be drawn.

Key Words: High Rise Building, Cost, Damage, seismic risks, Earthquake Stages, FEMA P58, ATC 58, Pact.

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımda ve eğitimimde desteğini ve özverili yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, bu çalışmanın tüm aşamalarında, bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Prof. Dr. Yasin FAHJAN'a, bu çalışmanın oluşumunda katkıda bulunan Dr. Öğr. Abdullah Can ZÜLFİKAR ve Dr. Öğr. Bahadır ŞADAN'a. Çalışmam boyunca anlayış ve destekleri için EMAY Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. Firmasındaki yöneticilerim Ali BOZ, Tülay ŞENGEZER ve Ahmet YÜCESOY'a. Her daim bilgi ve tecrübelerini özgün tavrı ve yaklaşımı ile aktaran, öğretilerini zevkle dinlediğim sevgili babam Miral AY'a ve sevgili annem Songül AY'a. Süreç boyunca yanımda olan hem teknik anlamda hem de manevi olarak her zaman varlığını ve desteğini hissettiğim hayat ve yol arkadaşım Ali DEDEOĞLU'na, Bu süreçte annelik görevlerimi askıya almamı hoş gören, sabır gösteren, minik kalpleriyle ruhuma destek veren kızlarıma, onların bakımını üstlenerek benim boşluğumu dolduran sevgili kardeşim Emel AY'a en içten teşekkürlerimi sunar, bu çalışmayı bu sevgili insanlara adarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin İçeriği	3
1.2. Tezin Amacı	5
1.3. Tezin Katkısı	6
2. YÜKSEK YAPILAR, YÜKSEK BİNA TANIMI VE TAŞIYICI SİSTEMLERİ	7
2.1. Yüksek Yapı Nedir?	7
2.1.1. Mimari Açıdan Yüksek Yapı	7
2.1.2. Statik Açıdan Yüksek Yapı	7
2.2. Neden Yükselmek İstiyoruz?	8
2.3. Yüksek Yapı Tanımı ve Yapısal Formları	10
2.4. Geçmişten Günümüze Yüksek Yapılar ve Dünyadan Örnekler	13
2.5. Yüksek Yapılar ve Karşılaşılan Sorunlar	22
2.6. Yüksek Binaların Taşıyıcı Sistemleri	22
2.6.1. Çerçeve Sistem	25
2.6.2. Perdeli Çerçeve Sistem	25
2.6.3. Perdeli Sistemler	27
2.6.4. Çekirdek ve Outrigger Çerçeve Sistemi	27
2.6.5. Mantar (Kirişsiz Plak) Taşıyıcı Sistem	29
2.6.6. Tüp Sistem	30
2.7. Betonarme Elemanların Zamana Bağlı Şekil Değiştirme Özelliği	32
2.8. Yüksek Binaların Deprem Tasarımı	33

2.9. Yüksek Binaların Rüzgâr Tasarımı	34
2.10. Dünyada Yüksek Yapı Maliyetleri	39
2.10.1. Yapısal Yapı Bileşenleri	44
2.10.2. Yapısal Olmayan Yapı Bileşenleri	44
3. YAPISAL MÜHENDİSLİK ALANINDA ARAŞTIRMA YAPAN KURULUŞLAR	47
3.1. Uygulamalı Teknoloji Konseyi	47
3.2. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü	48
3.3. Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center)	48
3.4. Ulusal Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı (National Earthquake Hazards Reduction Program)	49
3.5. Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (Federal Emergency Management Agency)	49
3.6. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı	49
4. YENİ NESİL YÖNTEMLERLE TASARIM	50
4.1. Performansa Göre Tasarım Yöntemi	53
4.1.1. Kullanım (Servis) Depremi	55
4.1.2. Kullanım (Servis) Depremi	56
4.1.3. Maksimum (En büyük) Deprem	56
4.1.4. TBDY2018’de Deprem Düzeyleri	56
4.1.4.1. DD1 deprem düzeyi	56
4.1.4.2. DD2 deprem düzeyi	56
4.1.4.3. DD3 deprem düzeyi	57
4.1.4.4. DD4 deprem düzeyi	57
4.2. Bina Performans Düzeyleri	57
4.2.1. Kesintisiz Kullanım	58
4.2.2. Sınırlı Hasar	58
4.2.3. Kontrollü Hasar	58
4.2.4. Göçmenin Önlenmesi	58
4.3. Performansa Dayalı Tasarımda Yeni Gelişmeler	60
4.4. FEMA-P58 Metodolojisi Nedir?	61
4.5. Fema P58’in İçeriği	62

4.6. “Performance Assessment Calculation Tool” Nedir?	65
4.7. FEMA P 58 Örnek Sonuçları	67
4.8. FEMA E74 Yapısal Olmayan Deprem Hasarı Risklerini Azaltma Kılavuzu	68
5. SAYISAL ÖRNEKLER VE SONUÇLARI	70
5.1. Yapısal Model, Malzeme Özellikleri ve Yük Kabulleri	70
5.1.1. Yapı Özelliklerinin Belirtilmesi	70
5.2. Örnek Çalışma 1; 52 Katlı Proje Analiz Çalışması	72
5.3. 2. Çalışma; 22 Katlı Proje Analiz Çalışması	79
5.4. Yapı Bileşenlerinin Hasar Oranlarına Bağlı Maliyet Kayıplarının İncelenmesi	89
5.4.1. Jeneratör Sistemi	90
5.4.2. Asansör Sistemi	93
5.4.3. İç Kapı ve Pencereler	96
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	102
KAYNAKLAR	104
ÖZGEÇMİŞ	105

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
C_{vx}	: Dikey dağılım faktörü
F_x	: Yapının x seviyesine uygulanan yanal kuvvet
F_{px}	: Diyafram kuvveti
f_{yk}	: Donatı akma dayanımı
h	: Yükseklik
m	: Metre
S_{DS}	: Spektral tepki ivmesi
T	: Bina periyodu
V	: Sismik temel kesme kuvveti
τ_r	: Yatay kayma gerilmesi
ϵ_y	: Elemanın çekme bölgesinde birim şekil değiştirmesi
μ	: Sürtünme Katsayısı
δ_{ji}	: i 'inci katta j 'inci kolonun alt ve üst uçları arasındaki yer değiştirme farkı
w_x	: Yapının temel sismik ağırlığı
ASCE	: Amerikan Sivil Mühendislik Topluluğu
CG	: Can güvenliği
GÖ	: Göçme öncesi
PACT	: Performans Değerlendirme Hesaplama Aracı
USRC	: Performans Derecelendirme Konseyi
ZB	: Yerel zemin sınıfı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: a) Landmark 81 2018-Ho Chi Minh City, b) VIETNAM Omkar 1973 Worli Mumbai-INDIA.	10
2.2: Sigorta Binası (Home Insurance), Chicago.	14
2.3: 1891, Chicago, Monadnock binası.	15
2.4: 1930, New York, Chrysler binası.	16
2.5: 1902, New York, Flatiron binası.	17
2.6: Sears Tower (Willis Kulesi 2009).	19
2.7: Jeddah Tower (King Tower).	20
2.8: Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek bina sıralaması	21
2.9: 2018'de Dünyada 200 m üzeri yüksek yapı stoku.	21
2.10: New Jersey'den NYC'ye bakış.	21
2.11: Dünyada yüksek binalar.	24
2.12: Perdeli-Çerçevesiz sistem.	26
2.13: Merkezde çekirdek perde sistemi.	26
2.14: Perdeli sistem.	27
2.15: Outrigger ile oluşturulmuş taşıyıcı sistemi.	28
2.16: Dış destek sistemi.	29
2.17: Kirişsiz plak sistemler.	30
2.18: Kirişli plak tüp yapısal sistemin (a) plan, (b) fotoğraf görünümü.	31
2.19: Dış çaprazlı (truss sistem), (a) plan, (b) örnek fotoğraflar.	31
2.20: Birlikte sarmal tüp sistem.	32
2.21: İç içe tüp sistem.	32
2.22: Deprem altında yapısal sistemin davranışı.	33
2.23: Rüzgâr testi yapılan bir yapının görünüşü.	35
2.24: Rüzgâr yükünün etkileşim davranışı.	35
2.25: Rüzgâr testi yapılan yüksek yapı örneği.	38
2.26: (a) deprem ve (b) rüzgâr yükü analiz sonuçları.	38
2.27: Yüksek bir binanın rüzgâr tüneli testi sonuçları.	39
2.28: Rüzgâr tüneli testi için hazırlanan ölçeklendirilmiş maket.	39

2.29:	Atlanta eyaletinde kullanım amacına göre yapı birim maliyet karşılaştırılması	40
2.30:	Batı ve Doğu ABD şehirlerine göre yüksek yapı maliyetlerin birim fiyatları.	40
2.31:	Dünyada yüksek yapılar birim maliyet karşılaştırılması (2012).	41
2.32:	Dünyada yüksek yapılar yükseklik verimlilik karşılaştırılması.	41
2.33:	Bazı şehirler için, b) Atlanta eyaleti, birim maliyet karşılaştırılması.	42
2.34:	Kazan dairesi mekanik ekipmanlar.	46
2.35:	Havalandırma ekipmanları.	46
4.1:	FEMA 440 Doğrusal olmayan statik analiz prosedürü kitabı.	52
4.2:	ATC 40 kılavuzu.	55
4.3:	Yönetmeliklerdeki (a) SH, (b) KH, (c) G+ performans düzeyleri.	59
4.4:	Bina performans seviyeleri.	59
4.5:	Yapısal ve Yapısal olmayan elemanların performans ölçüleri ve etkenleri.	62
4.6:	Yapısal ve yapısal olmayan elemanlar ve bunlar için kırılma eğrileri gösterilmektedir.	65
4.7:	FEMA P58 Akış şeması.	66
4.8:	Farklı seviyelerdeki depremlerde yapı bileşenlerinin ortalama onarım süreleri.	67
4.9:	Farklı seviyelerdeki depremlerde, (a) yapı bileşenlerinin ortalama mali kayıp dağılımı, (b) ortalama beklenen mali kayıp.	67
4.10:	Örnek bir yapısal olmayan bileşenin, (a) toplam, (b) kat sayına göre geri dönüş zamanları ve (c) toplam, (d) performans gruplarına göre maliyet grafiği.	68
4.11:	Yapısal olmayan deprem hasarı risklerini azaltmak.	69
5.1:	Yıllara göre maliyet değişim endeks katsayıları.	71
5.2:	52 Katlı 1. Çalışma olan A blok projesinin render görünüşü.	72
5.3:	52 Katlı 1. (Çalışma) Binanın Sismik harita üzerinden görünümü.	74
5.4:	52 katlı 1. Çalışma; B.A. binanın bodrum kat planı.	74
5.5:	52 katlı 1. Çalışma; B.A. binanın podyum kat planı.	75
5.6:	52 katlı 1. Çalışma B.A. binanın normal kat planı.	75
5.7:	Örnek çalışma 2 yapısının deprem haritası üzerindeki konumu	79

5.8:	Çalışma 22 katlı B.A. binanın bodrum kat kalıp planı.	81
5.9:	Çalışma 22 katlı B.A. binanın normal kat kalıp planı.	81
5.10:	Çalışma 22 katlı B.A. Binanın vaziyet planındaki yeri.	82
5.11:	Çalışma 22 katlı B.A. binanın kesit görünüşü.	83
5.12:	İstanbul yüksek yapı birim maliyet ortalama yüzdeleri.	88
5.13:	Örnek çalışma 1 yapısının deprem spektrum grafikleri.	89
5.14:	A ve B1 blok için kullanılan jeneratör sistemi.	91
5.15:	Motor jeneratörü kırılganlığı a) iyi izole, b) ortalama koşul, c) tam sabit.	91
5.16:	Jeneratör Elamanının DD1 deprem düzeyine göre hasar yüzdeleri, 1.çalışma (a), 2.çalışma b).	92
5.17:	Jeneratör Elamanının DD2 deprem düzeyine göre hasar yüzdeleri, 1.çalışma (a), 2.çalışma b).	93
5.18:	Jeneratör Elamanının DD3 deprem düzeyine göre hasar yüzdeleri, 1.çalışma (a), 2.çalışma (b).	93
5.19:	Asansör sistemi bileşenleri.	94
5.20:	DD1 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.	94
5.21:	DD2 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.	95
5.22:	DD3 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.	95
5.23:	DD4 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.	95
5.24:	Hasar durumu 1'e karşılık gelen ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu.	97
5.25:	Hasar durumu 2'e karşılık gelen ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu.	98
5.26:	Havalandırma sistemi örneği.	100
5.27:	Bina çatısına konulan merkezi havalandırma sistemi.	100
5.28:	Havalandırma cihazların hasar oranları (Yer ivmesine göre zeminde kurulu olan sistem için verilmiştir.).	101

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: İstanbul yüksek yapı birim maliyet ortalama yüzdeleri.	43
2.2: Yapı bileşenlerinin yüzde bazında dolar üzerinden birim maliyet dağılımı.	43
4.1: ATC adlı kuruluşun halihazırda tamamlanmış ve halen devam eden çalışmalarından bazıları.	53
4.2: Deprem tasarım sınıflarına göre performans düzeyleri.	57
4.3: Geleneksel tasarım ve performans bazlı tasarım karşılaştırmaları.	60
5.1: Çalışma 1 malzeme özellikleri.	73
5.2: 1. Çalışma inşaat işleri maliyet tablosu.	76
5.3: 1. Çalışma elektrik işleri maliyet tablosu.	77
5.4: Çalışma mekanik işler maliyet tablosu.	78
5.5: İnşaat-elektrik ve mekanik maliyetleri.	79
5.6: Çalışma 2 malzeme özellikleri.	80
5.7: Çalışmadaki toplu konut projesinin B1 Blok'a düşen tutarı.	84
5.8: 2. Çalışma inşaat işleri maliyet tablosu:	85
5.9: Çalışma elektrik işleri maliyet tablosu:	86
5.10: Çalışma mekanik işleri maliyet tablosu:	87
5.11: Yapı bileşenlerinin yüzde bazında dolar üzerinden birim maliyet dağılımı.	88
5.12: Çalışma için seçilen yapısal olmayan elemanların toplam maliyet içindeki yeri.	90
5.13: Jeneratör sistemi deprem düzeyi hasar oranları.	91
5.14: Jeneratör elemanı hasar durum tablosu.	92
5.15: Asansör elemanlarının deprem düzeylerine göre hasar durumları.	96
5.16: Göreli kat ötelemeleri (Deprem durumu olumsuz olan "X" yönü dikkate alınmıştır.)	98
5.17: Göreli kat ötelemeleri (olumsuz olan "Y" yönü dikkate alınmıştır.)	99
5.18: İç kapılar elemanı hasar durum tablosu.	99
5.19: Background Document FEMA P-58/BD-3.9.21 dökümanından alınan kırılma eğrisi için kriterleri.	101

1. GİRİŞ

Yüksek yapılar dünyada, 1800'lerin sonunda ABD'de Chicago ve New York'ta 1900'lere gelindiğinde Avrupa'da, 1900'lerin sonlarına doğru ise Uzak Doğu'da görülmeye başlamıştır. Günümüzde ise yüksek yapılar, tüm dünyada giderek talep gören ve yaygınlaşan bir kavram haline gelmiştir. Yüksek yapılarda en küçük bir detayın bile ciddi maliyetler oluşturabileceği göz önünde bulundurulduğunda maliyet analizlerinin yapılması ciddi bir önem arz etmektedir.



Şekil 1.1: İstanbul'da yapımı tamamlanmış yüksek yapı örneği.

Yüksek yapıların yapımında Çeşitli tasarım yöntemleri ve tercihleri bulunmaktadır. Yüksek yapılar betonarme olabileceği gibi, tamamen çelik sistemin kullanıldığı veya kompozit (karma) sistemlerin kullanıldığı yapılar olabilmektedir. Çeliğin hızlı yapım süreci ve mukavemeti, betonun ekonomik oluşu ve yangına karşı direnci, kompozit yapıların ise, özellikle çok yüksek yapılarda birçok sorunu aynı anda çözebilmesi nedeniyle kullanılması, tasarım tercihlerini şekillendirmede önemli rol oynamaktadır. Yukarıda belirtilen sistemlerdeki binalar ileri analiz yöntemleri ile analiz edilir ve yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem; betonarme perde ve çevre kirişli, çerçeve sistemli elemanlarla tasarlanır. Binanın hesap modeli oluşturulmadan önce, yapıda gereksinimlere göre hangi malzeme ile tasarım yapılacağı kararlaştırılır. Örneğin betonarme yapılacak bir yapıda betonarme perde, kiriş ve kolonların sistem bazında nasıl modelleneceği ayrıntılı bir şekilde araştırılır. Biz bunları yapının taşıyıcı sistemi için gerekli olan çalışmalar diye tabir ederiz.

Yüksek yapıların sayılarının artmasıyla birlikte bu yapıların analizinde ve olası deprem sonrasında binanın bize nasıl hizmet vermeye devam edeceği konusunda akla takılan sorular son zamanlarda sürekli karşımıza çıkmaktadır. Tasarımda birçok sorunla karşılaşılmaktadır. Binalar yükseldikçe bina ağırlığı, kesit büyüklükleri gibi sorunlar farklı malzeme arayışlarını zorunlu kılmakta ve taşıyıcı sistemin 2 önemli ana unsurla baş etmesi gerekmektedir. Bunlardan biri rüzgâr diğeri ise depremdir. Çelik sistemlerle çözümlenen binalarda olası yangın afetlerinde binayı ayakta tutmak ve hasarı engellemek yine ayrı bir sorunsaldır.

Tasarım mühendisleri binalarımızın bu unsurlarla olan mücadelesini gerek teknolojinin gelişmesiyle gerekse yapılan gerçek bina simülasyon testleriyle bir nebze de olsa kazanmayı başardılar.

Ancak deprem sonrasında binaların nasıl hizmet vermeye devam edeceği bunların yatırımcıya nasıl ve ne şekilde yansıtacağı henüz tam anlamıyla üzerinde durulan bir konu değildir. Şekil 1.2'de depremde hasar görmüş fabrika binası gösterilmiştir. Yüksek yapılarda en küçük bir detayın bile ciddi maliyetler oluşturabileceği göz önünde bulundurulduğunda maliyet analizlerinin yapılması ciddi bir önem arz etmektedir.

Ama daha da önemlisi yapılan bu yatırımların nasıl korunacağı ve olası bir afet sonrasında geri toparlanmanın zaman ve maliyet açısından bedelleri, yapıda ciddi tedbirlerin daha en başında alınması gerektiğini gözler önüne sermektedir. Zira mimari

ve mekanik bileşenler bir binanın mülk zararlarının %60-70'inden fazlasını oluşturabilir. Kayıp giderleri ve iş kesintisi maliyetleri binanın değerini aşabilir.

İşte tam da bu noktada binanın fonksiyon ve performansının değerlendirilmesinde, mühendislerin çalışmalarına yön veren mali tablodur. Maliyet diğer etkenler arasında önemli bir parametredir. Bu çalışmada var olan, örnek iki konut projesinde yapılmış olan taşıyıcı sistemlerle inşa edilmesi durumunda, oluşabilecek maliyetler incelenmekte ve olası hasar durumlarında kayıp oranları karşılaştırılmak istenmektedir. Deprem sonrası, bina kullanım performans çalışmaları ile ilgili literatürde özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar az da olsa bulunmaktadır.



Şekil 1.2: Depremde hasar görmüş fabrika binası.

1.1. Tezin İçeriği

Bu çalışma, 2 farklı türde yüksek yapının yapısal ve yapısal olmayan elemanlar üzerinde maliyet araştırmaları yapılmasını ve bu elemanların farklı deprem düzeyleri altında oluşabilecek hasar ihtimal yüzdeleri üzerinden mali kayıpların hesaplanmasını kapsamaktadır.

Bir yapının performans ve fonksiyon değerlendirmesinde, maliyet önemli bir parametredir. Bu çalışmada, seçilen örnek konut projelerinin öngörülen maliyetleri ile olası deprem durumlarında hasar düzeyi karşılaştırılmaktadır. Bunun yanında; zemin iyileştirme elektrik mekanik altyapı girdilerinin maliyetleri ve girdilerin toplam

maliyet içindeki yüzdeler payları; taşıyıcı sistem maliyetleri ve taşıyıcı sistem maliyetlerinin toplam maliyet içindeki payları belirlenerek oranları hakkında bilgi verilmiştir.

Yüksek binalarda en önemli etkenlerden olan yapısal sistemin yanında bir o kadar önemli olan yapısal olmayan elemanlardır. Yapısal mühendisler yıllarca yapısal sistem üzerinde yoğunlaşmışlar ve çalışmalarını bu doğrultuda geliştirmişlerdir. Ancak yapısal elemanların yüksek yapı maliyetine etkisinin taşıyıcı olmayan elemanlara göre az olduğu biliniyor olsa da bu oranın hangi mertebelerde çıkacağı araştırılmalıdır. Çünkü; yapısal olmayan elemanların görsel etkileri nedeniyle bütçe ayarlamaları yapılırken ilk kesinti yapılacak kalem, yapısal elemanlar olarak görülmektedir. Oysa Yapı iskeletini oluşturan elemanların doğru hesaplanmasının, kullanılan malzeme kalitesi, doğru teknik ve işçilik, yeterli ekipman ve doğru planlama ile oluşturulan sistemin güvenliğinin, geri kalan tüm maliyet kalemlerini koruyan bir sigorta görevi göreceği, yapılacak olan çalışma ile gösterilmeye çalışılacaktır.

Çalışmada, farklı fonksiyon ve özelliklerde yapıların çok değişken iş kalemlerini gerektireceği düşünülerek, rasyonel bir maliyet tahmini yapılabilmesi amacıyla, baz alınan projelerin yapısal özelliklerinin benzer olması hedeflenerek, yapı tipi olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na yayınlanan, Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ içinde yapı sınıf ve gruplarında tanımlanan çerçevede III. Sınıf B Grubu ve IV. Sınıf A Grubu yapılardan İstanbul'da uygulaması yapılmakta olan İhalesi tamamlanmış bir bina ile yaklaşık maliyet çalışmaları yapılmış ve iki bina için titizlikle metraj çalışması yapılmış ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı maliyet kodlarından yola çıkılarak belirlenen her iş kalemi için poz fiyatları yazılmış pozlarda bulunmayan kalemler için piyasa fiyatları toplanarak, her projenin toplam doğrudan yapım maliyeti hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılacak olan binalardan biri İstanbul Avrupa yakasında projelendirilmiş, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toplu Konut İdaresi'nce ihale edilmiş bir projede yer alan 21 katlı bir bina olup ihale sözleşmesinde yer alan ihale bedelinin yüzde olarak binaya düşen tutarının hesaplanarak bu tutarın karne katsayısı ile 2020 yılına taşınmasıyla bir maliyet tablosu oluşturulacaktır. Çalışmada inşaat, elektrik, mekanik bölümlerin birbirine olan oranları irdelenecektir. Çalışmada kullanılacak olan binalardan diğeri ise İstanbul'un Anadolu yakasında yapımı planlanan bir binadır, toplam 52 katlı bir yapı olup 2020 yılı için maliyet tablosu

oluşturulacaktır. Ayrıca yapısal olmayan elemanların olası maliyet yüzdeleri kullanılarak son yaklaşık maliyet elde edilecektir.

Bu çalışmaların ardından FEMA P58 metodolojisinden yararlanılarak her bir yapı bileşeni bazında hasar görme yüzde tahminleri farklı deprem seviyeleri altında irdelenecek böylece yeni nesil yöntemlerde yapının her bir parçasının nasıl davranacağı haritası çıkarılabilecektir. Ayrıca hasar gören bileşenlerde tekrar yapım maliyetlerinin incelenecek ve karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Örnek yapıların yapısal ve yapısal olmayan bileşenleri bölüm 3'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

1.2. Tezin Amacı

Yönetmeliklere uygun binaların çoğu, yaralanmaları önlemek, hasarı sınırlamak veya hızlı yenilenmeyi sağlamak için değil, can güvenliğini sağlamak için tasarlanmıştır. Örneğin yeni deprem yönetmeliğinde, “tasarım depremi” olarak da – adlandırılan DD-2 seviyesinde “Kontrollü Hasar” performans düzeyinin sağlanması şart koşulmuştur. Kontrollü Hasar tanımı ise yönetmelikte can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyi olarak yapılmıştır. Tasarım mühendisinin ana görevi yapıda can güvenliğini sağlamaktır. Oysa İnsanların bir mühendisten beklentisi bunların çok üzerindedir. Dayanıklılık, planlama ve hazırlık, afet sonrası kullanım gibi terimler yapıyı kullanan ve yapı sahipleri için giderek daha önemli unsurlar haline geliyor. Bir depremde veya başka bir afette, bina yönetmeliklerinin minimum kriterlerine göre tasarlanmış binalar kullanılamaz durumda olabilir ve ağır mali kayıplara yol açabilir. Binanız için bu durum kabul edilebilir mi?

Bu çalışmada örnek olarak sunulan taşıyıcı sistem özellikleri diğer bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacak olan, orta katlı ve yüksek katlı , yükseklikleri 66 metre ile 187 metre arasında değişen iki binanın maliyet analizi ve bu analizin alt bileşenleri olarak grup bazında tutarlarının belirlenmesi, sonrasında ise deprem sonrası binanın yapısal performansının yanı sıra, binada yapısal olmayan elemanların ve binanın hizmet vermesi için gereken zaman ve maliyet hesaplarının irdelenmesini ve derecelendirilmesini sunmak amaçlanmıştır.

FEMA P58 metodolojisinin arka plan belgeleri olarak sunduğu kırılma eğrilerinden yararlanılarak bazı yapı bileşenleri bazında hasar görme yüzde tahminleri,

farklı deprem seviyeleri altında irdelenecek böylece yeni nesil yöntemlerde yapının her bir parçasının nasıl davranacağını haritası çıkarılabilecektir. Ayrıca hasar gören bileşenlerde tekrar yapım maliyetlerinin incelenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

1.3. Tezin Katkısı

Yapısal mühendisler yıllarca yapısal sistem üzerinde yoğunlaşmışlar ve çalışmalarını bu doğrultuda geliştirmişlerdir. Ancak taşıyıcı elemanların yüksek yapı maliyetine etkisinin yapısal olmayan elemanlara göre daha az olduğu biliniyor olsa da bu oranın hangi mertebelerde çıkacağı araştırılmalıdır. Çünkü; yapısal olmayan elemanların görsel etkileri nedeniyle bütçe ayarlamaları yapılırken ilk kesinti yapılacak kalem yapısal elemanlar olarak görülmektedir. Oysa Yapı iskeletini oluşturan elemanların doğru hesaplanmasının, kullanılan malzeme kalitesinin, doğru teknik ve işçilik, yeterli ekipman ve doğru planlama ile oluşturulan sistemin güvenliğinin, geri kalan tüm maliyet kalemlerini koruyan bir sigorta görevi göreceği, aşikardır.

Tez kapsamında, elde edilen veriler ışığında yüksek yapı sınıfı yapıların yaklaşık yapım maliyetleri, aralarındaki farklar, ana iş kalemleri bazında maliyet dağılımları, incelenen yapılardaki farklılıkların toplam maliyete etkileri vb. bulgulara yer verilmiş sonuç olarak bu konuda yapılabilecek gelecekteki çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Projelendirme aşamasında biz inşaat mühendislerinin statik anlamda verdiği özveri ve yoğun çalışmanın binanın hangi kısmına ait maliyet kalemlerini ne oranda etkileyeceğini görmek açısından önemli bir çalışma olduğu öngörülmektedir.

2. YÜKSEK YAPILAR, YÜKSEK BİNA TANIMI VE TAŞIYICI SİSTEMLERİ

2.1. Yüksek Yapı Nedir?

2.1.1. Mimari Açından Yüksek Yapı

Var olduğu günden bugüne, insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılayabilmesinin yansira, doğaya egemen olma ve sahip olduğu gücü gösterebilme isteği ön planda olmuştur. İnsanoğlu, bu temel içgüdü ile içinde bulunduğu çağın gereklerini karşılamak amacıyla çağın imkanlarını kullanarak hızla yükselmeye başlamıştır. Yüksek yapıların ortaya çıkışı bu esasa dayanmaktadır. Günümüzde ise yüksek yapılar, tüm dünyada giderek talep gören ve yaygınlaşan ve hatta gelişmişliğin sembolü olan bir kavram haline gelmiştir. Yüksek yapı olgusu ilk olarak dinsel, askeri ve kültürel işlevlerde uygulama alanı bulmuş ve ticaret, konut, konaklama gibi yeni işlevlerle, giderek yükselerek günümüze kadar gelmiştir.

Yüksek yapıların tanımlanmasında genel ölçüt yüksekliğinden ötürü diğer binalardan farklı tasarım ve yapım kuralları içermektedir. Yüksek yapılar taşıyıcı sistem, tesisat sistemleri, cephe sistemleri, yangın önlemleri açısından karmaşık sistemler gerektirir. Teknolojik açıdan bakıldığında yüksek binalar; yatay ve düşey yüklere karşı dayanım sağlayarak daha yükseğe daha ferah alanları olan, yenilikçi taşıyıcı sistem tasarımları, farklı ve detaylı kazı yöntemleri, karmaşık ve kompleks temel sistemleri, hızlı asansörler, yenilikçi iklimlendirme sistemleri, geniş cam yüzeyler, iç aydınlatma, haberleşme, görüntüleme ve güvenlik sistemleri ile temizlik robotları gibi bir dizi yeniliği içeren binalardır.

2.1.2. Statik Açından Yüksek Yapı

Bir yapının “yüksek yapı” veya “çok yüksek yapı” olarak tanımlanması için kat adedi ve yükseklik sınırı üzerinde genel bir tanım bulunmamakla birlikte yüksekliğin ölçümü üzerinde bile farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Yüksek Binalar ve Kentsel Yaşam Alanı Konseyi- Council on Tall Buildings and Urban Habitat adındaki kuruluşa göre 14 kat veya 50 metreden daha yüksek binalar “yüksek bina”, 300-600 metre arasında kalan binalar “çok yüksek bina”, 600 metreden daha uzun olan binalar “mega

bina” olarak sınıflandırılmaktadır. Emporis Standartlarına göre 12 kat veya 35 metreden daha yüksek binalar “yüksek bina”, 100 metreden daha yüksek olanlar ise “gökdeleni” olarak sınıflandırılmaktadır.

Türkiye Bina Yeni deprem yönetmeliği TBDY 2018’ de yüksek bina için deprem tasarım sınıfına göre üç farklı yükseklik sınırı verilmektedir.

Buna göre DTS=1, 1e, 2 ve 2a için yüksekliği 70 metreden büyük binalar, DTS=3 ve 3a için yüksekliği 91 metreden büyük binalar, DTS=4 ve 4a için yüksekliği 105 metreden büyük binalar “Yüksek Bina” olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma deprem hesabı ve yükseklik yönünden verilmiştir. Gerek ülkeler arasında gerek ilgili kuruluşlar arasında yüksek yapı ve çok yüksek yapı için üzerinde uzlaşmış tek bir tanımlama bulunmamaktadır. Bu aslında normal bir durumdur. Çünkü yüksek bina kavramı özünde göreceli bir kavramdır. Dünyanın ilk gökdeleni sayılan ve 1885 yılında ABD’de yapılan “Insurance Home” binası sadece 12 katlıydı ve yüksekliği ise 55 metre idi. Oysa günümüzde böyle yapılar Amerika ve pek çok ülkede yüksek yapı olarak kabul edilmemektedir.

Türkiye Bina Yeni deprem yönetmeliği TBDY 2018 deprenselliği yüksek olan bölgelerde bina özelliklerine de bağlı olarak 70 m’den daha yüksek binaları yüksek bina olarak kabul etmektedir ve bu binalara daha ayrıntılı tasarım kuralları öngörmektedir. Ülkemiz yönetmeliklerinin kapsamadığı konularda ve özel binaların tasarımında sıklıkla başvurulanan Amerikan Yönetmeliği ASCE 7-10 yapı sistemleri için yaklaşık 50 m’yi yüksek bina sınırı olarak kabul etmektedir [ASCE, 2002].

2.2. Neden Yükselmek İstiyoruz?

Yüksek yapıların ilki, Mısır’da MÖ 2600’de yapılan, Firavun’un gücünü gösteren 138 metrelik Keops piramididir.

Tanrısal gücün sembolü olarak yapılan Piramitler, Ziguratlar, Camilerin kubbe ve minareleri, Kiliselerin çan kuleleri, Katedrallerin külahları, Budist tapınakları, vb. dini yapılar çevresindeki yapılardan yüksek ve farklı özelliklerde inşa edilmişlerdir.

Orta çağda Şatolar, aristokrat sınıfın sahip olma gücü ve ezici üstünlüğünü vurgulayan yapılardır. Kaleler ise, yüksekliğin vermiş olduğu etkiyle gücü sembolize etmişlerdir. Yönetim yapıları egemenliğin simgesi, zafer anıtları ise yine gücün simgesi olarak yükselmişlerdir. Saat kuleleri, Yangın kuleleri, Deniz fenerleri izleme ve görülebilme amacına hizmet etmek üzere yüksek olarak yapılmışlardır.

Yapılar, farklı formlarda ve giderek daha yüksek yapıldıkları sürece prestij sembolü olarak ilgi toplamaya başlamışlardır. Böylece benzersiz formlarda ve daha yüksek yapıyı yapmak yüksek yapıların en önemli amacı haline gelmiştir. Sayıları giderek artan yüksek binaların ortaya çıkış nedenleri incelendiğinde;

- İlgüdüsel nedenler: İnsanoğlunun yerçekimi gibi doğal güçleri yenebilme ve yükselme arzusu
- Teknolojinin ilerlemesi: Hızlı asansörün bulunması, çeliğin kullanılmaya başlanması, hidroforun icadı, yangına karşı korumadaki yenilikler, havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi, tasarım yöntemlerinin gelişmesi, sismik tasarımın ileri seviyeye ulaşması, beton ve malzeme kalitesindeki artışlar yapı yüksekliklerinin arttırılabilmesini sağlamıştır.
- Nüfusun artması: Nüfusun sürekli olarak artması şehirlerde yaşayan insan sayısının ve şehir merkezlerindeki işyerlerinin artmasına neden olmuş, bu da yüksek bina potansiyelini arttırmıştır.
- Bina yapılacak alanların azalması: Şehirlerdeki yoğunlaşma nedeniyle her türlü bina ihtiyacı artmaktadır. Bölgedeki kısıtlı alanlar kat sayısının fazlaşması yönündeki talebi arttırmaktadır.
- Arsa fiyatlarının artması: Bina yapılabilecek arsaların azalması, arsa fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Yüksek değerli bu arsalardan maksimum kazanç sağlamak amacıyla da yapıların kat adetleri artmaktadır.
- Yeşil alan ihtiyacı: Kent merkezi dışındaki yerleşmelerde ve mevcut doku içinde yeşil alanı arttırmak amacıyla da arsanın tümünün kullanılması yerine yükselmek yeşil alanın artmasını sağlamaktadır.
- Geniş bina programlarının yerleştirilmesi ihtiyacı: Sınırlı bir alana sahip arsada birden çok işlevin bir arada bulunabilmesi amacıyla kat adedi arttırılmaktadır.
- Firma büyümesi: Firmaların birbirleriyle yakın ilişkide bulunabilmesi ve ulaşım kolaylığı sağlanabilmesi amacıyla aynı bölgede toplanma talebi yüksek yapıları arttırmaktadır.
- Manzaradan yararlanma: Bulunduğu bölgenin güzelliklerinden daha fazla yararlanmak yapıların yükselme sebeplerindedir.

- Prestij: Firmaların sahip oldukları gücü göstermek amacıyla daha yüksek yapılar inşa ederek reklam aracı olarak kullanmaları yüksek binayı ortaya çıkaran sebeplerdendir.
- Gelişme göstergesi: Yüksek binalar gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin modernleşmelerini gösterir. Azgelişmişlik sürecinden gelişme sürecine dönüşürken çağdaşlığın biçimsel yanı bu tür yapılarda bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Politik yatırım: Bu tür binalar aynı zamanda politik yatırım aracı olarak görülmektedirler.



Şekil 2.1: a) Landmark 81 2018-Ho Chi Minh City, b) VIETNAM Omarkar 1973 Worli Mumbai-INDIA.

2.3. Yüksek Yapı Tanımı ve Yapısal Formları

Yüksek Yapı Tanımları Yapıların yükselmeye başlamasından günümüze kadar, dünyada bulunduğu döneme, ülkeye ve çevreye göre, çeşitli kriterlerde birçok yüksek yapı tanımı yapılmıştır. Bu yüksek yapı tanımlarından bazılarını kronolojik olarak şöyle sıralayabiliriz:

- Federal Almanya’da geçerli olan yönetmeliklerde, yapı kuralları bakımından, topraktan 22 metreden fazla yükseklikte olan ve insanların sürekli ikametine tahsis edilmiş olan binalar yüksek bina olarak kabul edilirler.
- “İlk örneklerine ABD’de rastlanan çok katlı yapıdır.”
- “Çok sayıda kat içeren, genellikle arsa fiyatlarının yüksek olduğu yerlerde yapılan, yapılardır.”
- “Bilhassa büro tipinde kullanılan ve Amerikan özellikleri taşıyan, yeterli miktarda arazi olmaması nedeniyle yapılan yüksek bir binadır.”
- “Yirmi, otuz ya da daha çok katlı yapılardır.” ABD’de 19. yüzyılın son yirmi yılında ortaya çıkan metal iskeletli yüksek büro binaları, “Taban alanı küçük, yüksekliği taban boyutlarına göre fazla, genellikle kule biçiminde yapılmış, narin binalardır.”
- 10 kat ve üzerindeki binalar Yüksek yapılar ve Kentsel Yerleşimler Konseyi (Council on Tall Buildings and Urban Habitat)’ne göre yüksek yapı olarak adlandırılmaktadır. New York’ta gökdelenler oluşmaya başladığında itfaiyecilerin yapının içine girmeden ulaşabildikleri yükseklik sınırı 10 kattı.

Kat sayıları arttıkça Yüksek bina terimi, yerini ‘Gökdelen’ terimine bırakır. “Yüksek bina” ve “Gökdelen” terimleri çoğu zaman eş anlamda kullanılmasına karşın içerik olarak farklılık gösterir. “Yüksek binalar” teriminin 25 kata kadar olan binalar için, “gökdelenler” teriminin ise 25 katın üstündeki tüm binalar için kullanılması gerektiği belirtilmektedir.

Prof. Dr. Doğan Kuban’ın tanımına göre ise “Gökdelen, sanayi toplumlarının yarattığı ya da benimsediği bir simge yapıdır.”

Yüksek binalar teknik problemler bakımından dört kategoriye ayrılmıştır:

- 10-12 katlı: yaygın ve alışılmış teknoloji, sorunsuz
- 20-25 katlı: taşıyıcı ve tesisat sorunları çözümlenmeli ve bina hafifletilmeli
- 55-60 katlı: genellikle çelik taşıyıcı sistemler, ara katlarda teknik çözümler gerekmeye başlar, asansörler gruplanmaya başlar ve hızlanır.
- 70 kat ve üzeri: süper gökdelenler, ekonomik avantajları kaybolmuş, prestij amacıyla yapılmakta olanlar.

Bazı mühendisler ise yüksek yapıyı, “Rüzgâr yükünün, ağırlığa göre daha belirleyici faktör olduğu yapı” olarak tanımlamaktadırlar. Ancak bu tanım iskan işlevi olmayan yüksek yapıları da içine almaktadır. Yüksek yapıyı kulelerden ve direklerden ayıran en önemli özelliği oturulma olgusudur. Bir yapının “yüksek” olarak tanımlanması için kabul edilmiş sınırlar ülkeler arası farklılıklar göstermektedir; örneğin, Alman standartları en yüksek noktası 22 m. ’yi aşan yapıları “yüksek yapı” olarak tanımlarken, Amerika’da bu sınır 12 kat olarak kabul edilmiştir.

1800’lerin sonlarında ABD’de yapılan çevresindekilere göre önemli ölçüde yüksek ilk binalar “Skyscraper” (Gökdelen, Gökkaşyan) adını almış, Fransızca’da “Gratte Ciel” (Gök kaşyan), Almanca’da ise “Wolkenkratzer” (Bulut kaşyan), olarak adlandırılmıştır. İngilizce’de, taban boyutlarına oranla yüksekliği fazla olan yapılar anlamına gelen “Tall Building” ve çevreye göre yükselen binalar anlamına gelen “High-Rise Building”, Almanca’da ise çok katlı bina anlamına gelen “Hochhaus” terimleri de tercih edilmiştir.

Günümüzde Yüksek yapılar için kullanılan bir diğer terim ise, yuvarlak, kare veya çok açılı bir yüzey üzerinde yükselen yapı anlamına gelen “Tower (Kule)” dir. Gökdelen’in kaynağı olarak görülen ABD’de yüksek yapılar için, keskin sınırlar verilme de bir terminoloji mevcuttur.

- “Yüksek Yapı (High-Rise Building)”: Genellikle 6 kattan daha yüksek binalar için kullanılmaktadır. Başka bir kabule göre yüksekliği 23 m. (75 ft.) ile 150 m. (491 ft.) arasında olan yapılar için kullanılmaktadır. Massachusetts yasalarında, 21 m’den (71 ft.) daha yüksek yapılar “High-Rise” olarak kabul edilmektedir. İngilizler buna “Tower Block” demektedir, Emporis Data Committee ise, 35 m. (115 ft.) ve üzerindeki yapıları “High-Rise” olarak kabul etmektedir.
- “Gökdelen (Skyscraper)”: ABD’de 150 m üzerindeki binalar için kullanılmaktadır. Bu terim, bir denizcilik terimi olarak yelkenli gemideki en yüksek direğin adıyla ortaya çıkmıştır. 19. yüzyıl sonlarında yapılar için de kullanılmaya başlanmıştır. Başka kabullere göre çevresindeki diğer binalara göre yükseklik farkı çok olan binalarla, 100 m. (330 ft.) üzerindeki binalar skyscraper olarak kabul edilmektedir.
- “Çok Yüksek Yapı (Supertall Building)”: Türkçede henüz kesin terimsel bir karşılığı bulunmayan, ABD’de ise 300 m.’nin üstündeki binalar için kullanılan

bir terimdir. Skyscraper Müzesi'nin kabulüne göre ise 80 kat ya da 380 m üstü binalar için kullanılabilir.

Özetle; ABD literatüründe bütün gökdelenler yüksek yapıdır, ancak bütün yüksek yapılar gökdelen değildir. Gökdelenler bazı yükseklikleri aşanlardır. Bulunduğu çevreden algılanabilecek yükseklikteki her yapı çevresindeki yapılara göre yüksek yapı olarak kabul edilmektedir. Kentsel çevrede biri diğerine oranla daha yüksek olan ve silüette farklılaşarak aynı zamanda bir nirengi niteliği de taşıyan yapılara yüksek yapılar denilmekte, bu kavram göreceli olarak değişmektedir. Çünkü ait olduğu dönem için yüksek olarak kabul edilen bir yapı zamanla kendinden daha yüksek yapılar karşısında bu özelliğini kaybetmektedir.

2.4. Geçmişten Günümüze Yüksek Yapılar ve Dünyadan Örnekler

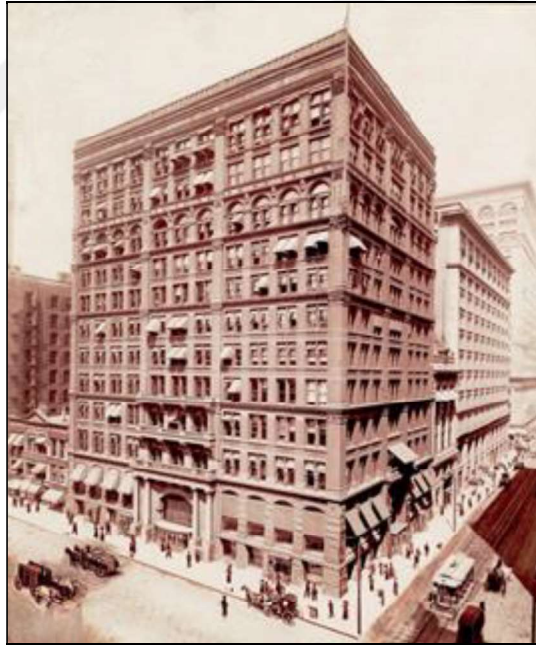
Antik çağda dikilen Menhirler, insanoğlunun doğaya egemenliklerinin ilk sembolleri olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Bunlar, 10-12 metre yüksekliğinde dev mezar taşlarıdır. Yüksek yapıların ilki ise, Mısır'da MÖ 2600'de yapılan, Firavun'un gücünü gösteren 138 metrelik Keops piramididir. Tanrısal gücün sembolü olarak yapılan Piramitler, Ziguratlar, Camilerin kubbe ve minareleri, Kiliselerin çan kuleleri, Katedrallerin külahları, Budist tapınakları, vb. dini yapılar çevresindeki yapılardan yüksek ve farklı özelliklerde inşa edilmişlerdir.

Orta çağda Şatolar, aristokrat sınıfın sahip olma gücü ve ezici üstünlüğünü vurgulayan yapılardır. Kaleler ise, yüksekliğin vermiş olduğu etkiyle gücü sembolize etmişlerdir. Yönetim yapıları egemenliğin simgesi, zafer anıtları ise yine gücün simgesi olarak yükselmişlerdir. Saat kuleleri, Yangın kuleleri, Deniz fenerleri izleme ve görülebilme amacına hizmet etmek üzere yüksek olarak yapılmışlardır.

Sanayinin gelişmesi ile kullanılan genişleme kuleleri, silolar, yıkama kuleleri gibi spesifik yapılar da yüksek yapılardır. Çeliğin üretilip, çerçevelerin oluşturulması ve yığma duvarlardan iskelet sisteme geçilmesi çok katlı tasarımlara ilk adım kabul edilir. Yangına karşı korumadaki yenilikler, asansörün ve hidroforun icadı, havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi, tasarım yöntemlerinin teknolojiyle birlikte gelişmesi, sismik tasarımın ileri seviyeye ulaşması, beton kalitesindeki sürekli yükselişler yüksek yapıların artışına neden olur.

Bu gelişmelerin ilk olarak görülmeye başladığı ve yüksek yapıların ilk ortaya çıktığı ülke ABD'dir. Dünyada, 1800'lerin sonunda ABD'de Chicago ve New York'ta ortaya çıkan "Yüksek Yapılar", 1900'lere gelindiğinde Avrupa'da, 1900'lerin sonlarına doğru ise Uzak Doğu'da görülmeye başlanmıştır. 1800'lerin sonlarında Türkiye'de yüksek yapı olarak apartmanlar yapılmaya başlanmış, 1950'lerden sonra ise 20 kat üzeri projeler uygulanmıştır. Bu nedenle Gökdelenlerin tarihi için ilk olarak Chicago ve New York olmak üzere Amerika'ya bakmak gerekir.

1857 yılında New York'lu makine mühendisi Elisha Graves Otis New York Broadway'de bir iş merkezine tesis edilen, ilk güvenli asansörü tasarlamıştır. Böylece 45 metre üzerindeki yükseklikler erişilir olmuştur. Bazı kaynaklara göre (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) dünyanın ilk yüksek yapısı sayılan, 1885 yılında ABD'de yapılan Insurance Home binası, 12 katlı ve 55 metre yüksekliğindedir. Amerika'da kısa sürede 40 kata ulaşan yüksek yapılar, 20. yüzyılda 50 katı geçmiştir ve 1930'lu yıllarda 100 kata ulaşmıştır.



Şekil 2.2: Sigorta Binası (Home Insurance), Chicago.

1833 yılında ilk çelik iskelet Chicago'da George W. Snow tarafından yapılmış, hafif ve tahta ile kaplanmış yapıdır. 1890'lı yıllara gelindiğinde kule biçiminde gökdelen projeleri yapılmaya başlamıştır. 1888'de Lerroy Buffington'un yaptığı 28 katlı büro binası ilk kule biçimli projelerdendir. Bu binalar, kaide, gövde ve başlık olarak binayı 3 bölüme ayırması tutumuna örnektir. Bu tutum II. Dünya Savaşı sonuna

kadar tüm yapılarda devam etmiştir. 1891, Chicago, Monadnock Building, Burnham and Root, 65,5 m yüksekliğindeki ofis binası, bu yapı çelik iskelet kullanmadan gerçekleştirilen son yapıdır. Duvar kalınlığı zemin katta 180 cm'e ulaşmıştır. Bu yapının ağırlığını devasa boyutlara taşımış bina yarım metre kadar toprağa gömülmüştür. Bu bina duvarların taşıyıcı özelliklerini ortadan kaldırmadan belirli bir yüksekliğin üzerine çıkılamayacağını göstermiştir. 1880-1910 yılları arasında Chicago'da modern tekniği ve metal konstrüksiyonu tasarımda temel alan bir akım gelişmiştir. Bu akım "Chicago Okulu" olarak bilinir. Bu dönem yapıları genellikle işlevi ön planda tutan, dışta iskeleti ve düşeyliği vurgulayan çok katlı, benzer katlarda pencere boşlukları tekrarlanan yapılardır. O dönemde yapılan yapıların birçoğu yerlerine daha büyüklerinin yapılması için yıkılmıştır.



Şekil 2.3: 1891, Chicago, Monadnock binası.

1902, New York, Flatiron Building, D. Burnham, 22 kat, 87 m, ofis bu yapı gökdelenin bir dikdörtgenler prizması olma niteliğini, kentsel konumu niteliğiyle kıran ilk yapıdır. Günümüzde de bir New York ikonu olma özelliğini sürdürmektedir. Statik açıdan tamamen çelik yapılan ilk yüksek binadır. Taşıyıcı sistemi çelik dışı ise taş kaplamadır.

20. yüzyılın ikinci çeyreğine ait yüksek yapılarda taban-gövde-başlık formülü korunmaya devam etmiştir, ancak bazı üslup değişiklikleri olmuştur. Chrysler Building ve Empire State, “setback” sistemine göre yapılmıştır. Empire State yapıldıktan sonra, Chrysler Building’in ulaştığı rekor yükseklik ünvanını elinden almıştır. Bitiş tasarımıyla ise Chrysler hala en etkileyici yüksek yapılardan biridir.



şekil 2.4: 1930, New York, Chrysler binası.

Devrin mühendislik açısından en üstün yapılarından biri olan, Empire State 102 kat, 381 m yüksekliğindeki ofis binası ile hala dünyanın yüksek yapıları arasında yer alır. Taşıyıcı sistem elik, rijit ereve. 1945 yılında 450 km/saat hızla B25 tipi bir bombardıman uçağı Empire State Binasının 79. katına çarpmış, ancak binada meydana gelen hafif hasar onarılarak giderilmişti.



şekil 2.5: 1902, New York, Flatiron binası.

- 1950'lerde dış cephelerde cam en çok kullanılan malzemedir. Diğer yeni malzemeler ise alüminyum, çelik ve bronzdur. Prizma gökdelen anlayışı ortaya çıkmıştır:
- 1969, Chicago, John Hancock Center, Skidmore, Owings ve Merrill, 95 kat, 344 m, karma Bu yapı yukarı doğru daralmaktadır ve cephesine çapraz destekler yerleştirilmiştir. 1969'da yapılmış olan John Hancock Center ve 1974'te yapılmış olan Sears Tower günümüzde Chicago'nun en yüksek yapıları arasında yer almaktadırlar. New York'ta ise günümüzde, Empire State Building (1931), Chrysler Building (1930) ve Trump Building (1930), New York'un en yüksek yapıları arasındadır.

Tasarımının bir paket sigaradan ilham alındığı söylentileri olan Sears Tower ise yüksek ve ikonik yapılar arasında taşıyıcı sistemi ve görüntüsü ile farklı bir yer edinmiştir. Mimarı Bruce Graham ve yapı mühendisi Fazlur Rahman Khan, böylesine devasa bir binada istikrar ve stilin bir araya getirilmesi sorunuyla uğraştılar ve estetik çekiciliğinden ödün vermeden binanın hedef yüksekliğine nasıl ulaşılacağından emin değillerdi. Özellikle Khan, tüp sisteminin şık görümlü bir gökdelen oluşturacağından emin değildi. Hikâye devam ederken, bu çekinceleri tartışmak için bir öğle yemeği sırasında Graham, cebinden bir avuç Camel sigarası aldı ve her biri yumruğundan farklı yüksekliklerde bulunan paketlenmiş silindirleri arkasına gösterdi. Görüntü her iki adam için de ilgi çekiciydi ve Sears Kulesi için tüp yönteminin kullanılmasını sağladı.

1973'te New York, World Trade Center, 110 kat, 417 m, ofis binası, Minoru Yamasaki, Emery Roth & Sons tarafından inşa edilmiştir. Bu kuleler 11 Eylül 2001 yılında terör saldırısı sonucu çeliğin erimesi nedeniyle yıkılmıştır ve yüksek katlı yapılarda alınması gereken önlemlerin ön plana çıkmasını sağlamıştır. 1965-1975 yılları arası 200-400m yüksekliğinde olan yapıların hâkim olduğu Süper Yüksek Dönem'dir.

Avrupa'da yüksek binalar konusunda daha tutucu bir yaklaşım görülmekte olup Avrupa şehirlerinin çoğunda yüksek binalar tarihi çekirdekte yasaklanmış veya kontrol altına alınmıştır. Yüksek yapılar için genellikle şehir dışındaki belirli alanlar belirlenmiştir. 1889'da Paris, Eiffel Tower, Gustave Eiffel, 324 m ile yapı modern çağı işaret eden ilk yüksek yapıdır. İki yıl, iki ayda tamamlanan yapı Fransız İhtilali'nin 100. yılı için Paris'te açılan Evrensel Sergi'nin simgesel yapısı olmuştu. Sergiden

sonra yıkılmak üzere yapılmıştı ancak yıkılmadı ve uzun yıllar boyunca dünyanın en yüksek yapısı olarak kaldı. Almanya ve İtalya'da 1950'li yılların sonlarında gökdelenler yapılmaya başlanmıştır. Alman şehirleri gökdelenleşmeye pek sıcak bakmamıştır. İngiltere'de 1960 yılına kadar gökdelen yapımına izin verilmemiştir. Rusya'da II. Dünya Savaşı'ndan sonra gökdelenler görülmektedir. Japonya, Güney Amerika, Meksika ve Avustralya'da deprem sebebiyle 1960'larda gökdelen yapılmaya başlanabilmiştir. 1949-1953, Moscow, Moscow University, L.V. Rudnev, S.E.Chernyshev, P.V.Abrosimov, A.F. Khriakov, 31 kat, 240 m, üniversite Bu yapı Moskova'da ki ilk yüksek yapılarıdır. Stalin döneminde 1947-53 arası yapılan "Yedi Kız kardeşler" olarak anılan, dış görünüşleri birbirinin aynı olan yedi adet yüksek yapıdan biridir.

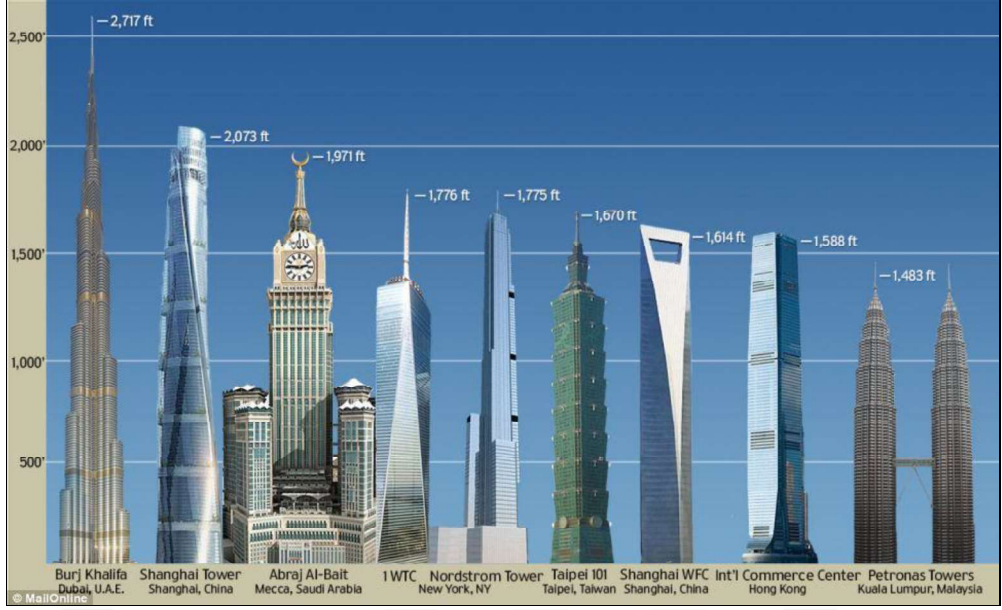


Şekil 2.6: Sears Tower (Willis Kulesi 2009).

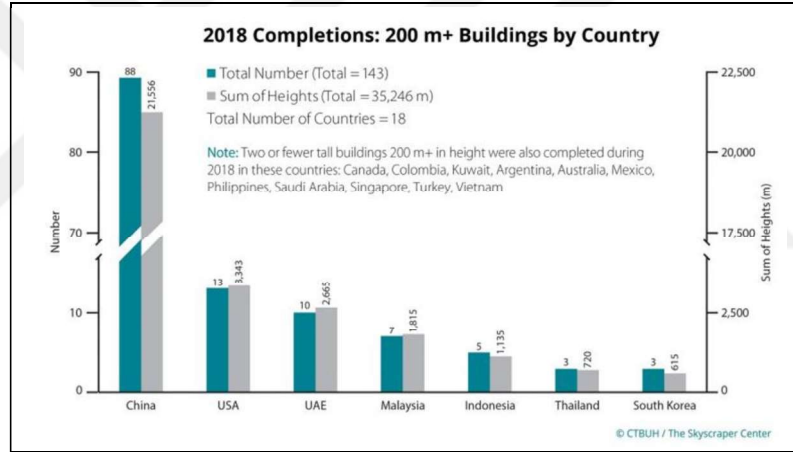
Günümüzde ise dünyada ulaşılabilen en büyük yükseklik 828 m ile Dubaide yer alan Burj Khalifa'ya ait. Yapımı devam eden ve henüz tamamlanmamış olan Jeddah Tower'ın ise 1 km yüksekliğinde yapılması planlanıyor.



şekil 2.7: Jeddah Tower (King Tower).



Şekil 2.8: Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek bina sıralaması.



Şekil 2.9: 2018'de Dünyada 200 m üzeri yüksek yapı stoku.



Şekil 2.10: New Jersey'den NYC'ye bakış.

2.5. Yüksek Yapılar ve Karşılaşılan Sorunlar

Çeliğin üretilip, çerçevelerin oluşturulması ve yığma duvarlardan iskelet sisteme geçilmesi çok katlı tasarımlara ilk adım olarak kabul edilir. Yangına karşı korumadaki yenilikler, asansörün ve hidroforun icadı, vinç sistemlerinin ve havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi, tasarım yöntemlerinin teknolojiyle birlikte gelişmesi, sismik tasarımın ileri seviyeye ulaşması, beton kalitesindeki sürekli yükselişler yüksek yapıların artışına neden olur.

Devrin mühendislik açısından en üstün yapılarından biri olan, Empire State binasının taşıyıcı sistemi Çelik, rijit çerçevedir. 1945 yılında 450 km/saat hızla B25 tipi bir bombardıman uçağı Empire State Binasının 79. katına çarpmış, ancak binada meydana gelen hafif hasar onarılarak giderilmiştir.

1973'te New York'ta, World Trade Center, 110 kat, 417 m, ofis binası olarak tasarlanmış ve bu ikiz kuleler 11 Eylül 2001 yılında terör saldırısı sonucu çeliğin erimesi nedeniyle yıkılmıştır ve yüksek katlı yapılarda yangın gibi etkenlerde, alınması gereken önlemlerin ön plana çıkmasını sağlamıştır.

2.6. Yüksek Binaların Taşıyıcı Sistemleri

Tasarım ve inşaatları açısından alçak veya orta katlı binalardan çok farklı olan yüksek binaların tasarımı ve yapımı, deprem, rüzgâr ve yangın gibi etkiler konusunda özel uzmanlık gerektirir. Konumu trafik, altyapı, iklim, çevre, şehir manzarası, ulaşım ve iletişim sistemlerinden etkilenmekte ve bu sistemleri de önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, yüksek inşaat maliyetleri ile bu yapıların yer seçimini ve inşa edildikten sonra üreteceklerini araştırmak gerekir.

Önemli bir deprem bölgesinde yer alan ülkemizde deprem etkilerine karşı direnç çok önemli bir tasarım parametresidir. Dünyada yürürlükte olan çoğu düzenleme düşük katlı binalar için hazırlandığından, yüksek binaların tasarımı bu düzenleme kuralları dışında özel araştırma ve tasarım yöntemleri gerektirir.

Yüksek binalar genellikle hassas yapılardır. Narinlik, bina yüksekliğinin en küçük plan boyutuna oranı olarak tanımlanır. Son yıllarda, yüksek binalardaki incelik 8: 1 veya 9: 1'e kadar çıkabilir. İncelik, binanın kullanılabilirliği ve konfor koşulları açısından dikkatle düşünülmesi gereken önemli bir tasarım parametresidir. Genel olarak, yüksek binaların doğal titreşim periyodu büyüktür ve daha yüksek modların

etkisi dinamik analizde daha belirgin hale gelir. Yüksek bina yatay yük taşıma sistemlerinin tasarımında rijitlik daha belirleyicidir.

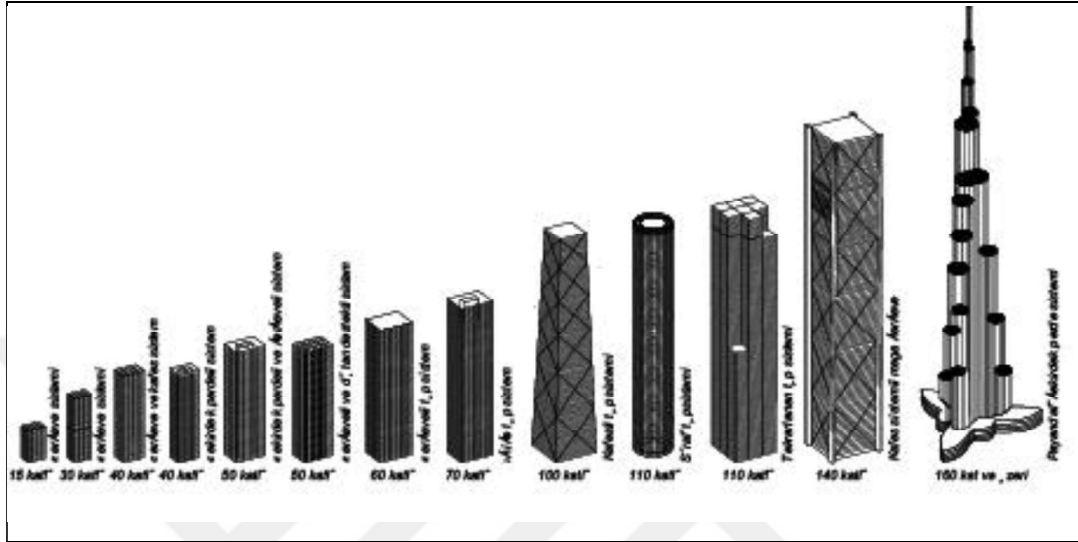
Rüzgâr yükü, yüksek binalarda konfor koşulları nedeniyle, yapısal tasarımı yönlendiren bir etki olabilir. Yüksek binalarda zamana bağlı deformasyonlardan kaynaklanan betonarme elemanların enine kesit etkileri, büyük kolon normal kuvvetleri ve toplam kolon uzunlukları nedeniyle önemli bir tasarım konusu olarak ortaya çıkmaktadır.

Yüksek bina temellerinin tasarımı, zemin gerilmesi ve stabilite sorunları nedeniyle düşük katlı bina temellerinden farklıdır. Yüksek katlı binaların yapım yöntemi, düşük katlı binaların yapımından farklıdır. Yüksek bina, zemine gömülü bodrumların üzerindeki podyum katları ve üzerinde yükselen bir kule bölümden oluşur. Yüksek binalarda deprem ve rüzgâr etkilerinin önemli bir kısmı, planın orta kısmında bir çekirdek perde sistemi ile kolonlar ve kirişlerden oluşan çerçeveler tarafından taşınmaktadır. Yüksek binalarda, iki yönde eğilme rijitliğinin yanı sıra dikey eksen etrafında yeterli burulma rijitliğinin olması önemlidir. Uygun bir rijitliğin düzenlenmesinde, ilk iki titreşim periyodu iki yönde eğilme, üçüncüsü burulma modu olarak meydana gelir. Simetrik olmayan sistemlerde, burulmanın eğilme moduna katkısı ve eğilmeli burulma moduna etkisi de vardır. Çekirdek bölümünün dışındaki kirişsiz döşeme durumunda, zemin perdelerinin çekirdek perdeleri ve dış kolonları bağlayacağı ve bu şeritlerin düzlem içindeki normal kuvvetten etkileneceği unutulmamalıdır. Bunun gibi orta bölümdeki çoklu çekirdek perdeleri bağlayan kirişler ve döşemeler, kısa açıklıkları nedeniyle büyük gerilmelere sahiptir. Kulenin zemin ve bodrum katlarındaki kulenin taşıyıcı sistemine ek olarak, genişleyen bölümlerde ek kolonlar ve toprak perdeleri oluşturulmuştur. Özellikle çevre perdeilerinin kesildiği zemin kat üzerindeki podyum katına transfer katı denir ve çekirdek perdelerin bazı etkileri düzlemsel gerilmelerle çevre perdesine iletilir.

Fazlur Rahman Khan, modern yüksek katlı binaların tasarımında öncülerden biri olarak kabul edilen ve John Hancock Merkezi ile Willis Tower Binası tasarımcılarından biridir. Burada 15 ve 30 katlı binalar için sunulan çerçeve sistemi yüksek deprem riski taşıyan bölgelerde yeterli değil, Çerçeve sistemine ek olarak, belirli miktarda perde kullanmak gerekir.

Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemin genel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir: Yükleme sistemi basit, rasyonel ve öngörülebilir olmalıdır. Taşıyıcı sistemi; mimari, elektrik, mekanik ve asansör ihtiyaçlarını karşılayabilir ve etkin bir şekilde organize

edilebilir olmalı. Taşıyıcı sistem bileşenlerinin işlevselliği, özellikle yatay yükleme sistemi, açıkça tanımlanmalıdır. Taşıyıcının bileşenlerinin önem sırası açık olmalıdır. Taşıyıcı elemanlarının tasarımı ve detayı önem derecesine göre ele alınmalıdır. Taşıyıcı sistemi ekonomik olmalıdır. Binanın yapımı kolay ve hızlı olmalıdır



Şekil 2.11: Dünyada yüksek binalar.

Yüksek Yapılarda Yapısal Sistemler ve yapıların formu, Yüksek katlı yapısal sistemler, kirişli plak çerçeve sistemlerinden başlayarak zaman içinde gelişmiştir, çeşitlendirilmiş ve yeni bina geometrileri ve yeni özgün sistemleri ortaya çıkmıştır.

1900'lü yılların başlarında, taşıyıcı sistemler yalnızca aksenal yükleri taşıyacak şekilde boyutlandırılırken, yüksek yapılar üzerinde çok önemli etkileri olan rüzgâr ve deprem yükleri gibi yatay dinamik yükler, boyutlandırmanın ana faktörleri olarak ortaya çıkmış ve bununla mücadele edilmesi gerekliliği gündeme gelmiştir. Yatay yükler olan deprem ve rüzgâr altındaki davranış biçimlerine göre çelik, betonarme ve kompozit taşıyıcı sistemleri aşağıdaki gibi gruplandırmak mümkündür.

- Çerçeve sistemleri
- Mantar döşeme (kirişsiz plak) sistemler
- Çekirdek perdeli Sistemler
- Tünel Kalıp Sistemleri
- Dual çerçeve sistemler
- Mega kolon (mega çerçeve, uzay çerçeve) sistemleri
- Mega kolon kirişli plak çekirdek sistemleri

- Outrigger çerçeve sistemleri
- Tüp + Çerçeve sistemler

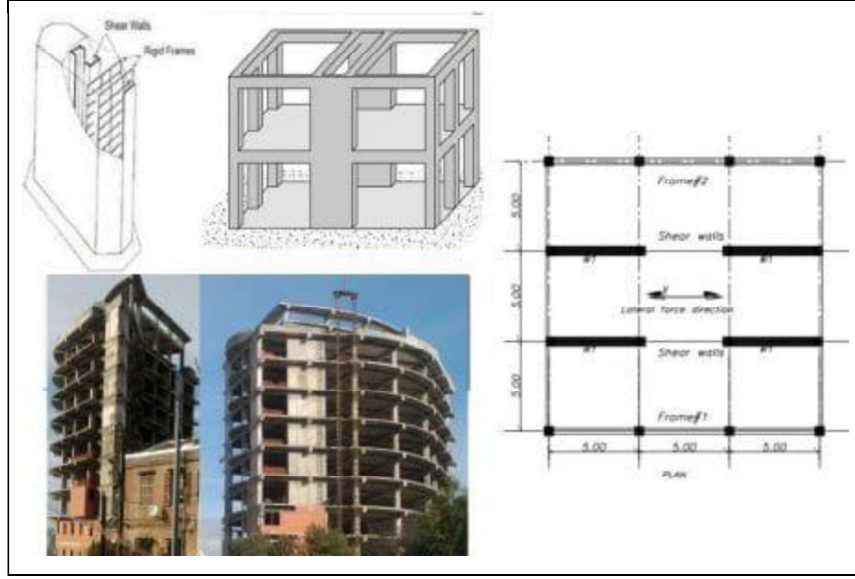
2.6.1. Çerçeve Sistem

Rijit çerçeve yapısında, kirişler ve kolonlar yüklerden kaynaklanan momentlere dayanacak şekilde monolitik olarak yapılır.

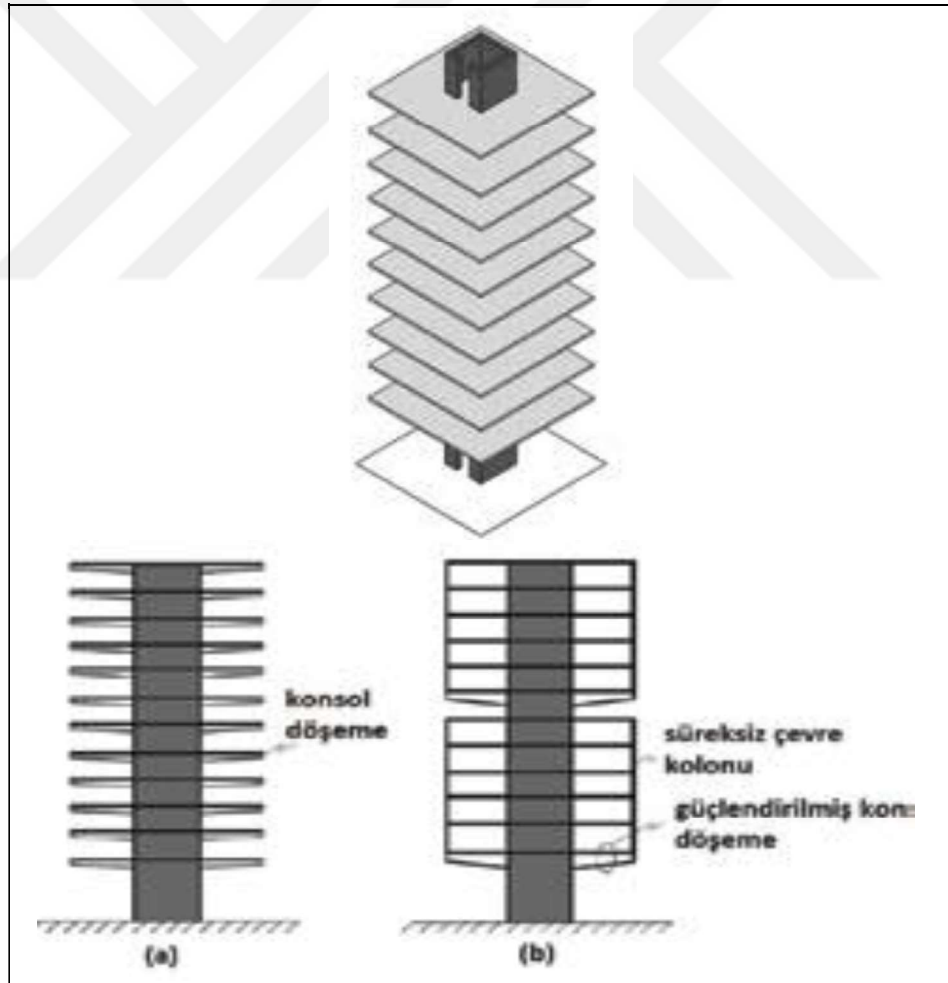
Rijit bir çerçevenin yanal rijitliği, kolonların, kirişlerin ve düzlemdeki bağlantıların eğilme rijitliğine bağlıdır. Betonarme binalar için uygundur. Çelik konstrüksiyonda da kullanılabilir, ancak bağlantılar maliyetli olacaktır. Rijit çerçeve sistemi elemanları eğilme momentine, kesme kuvvetine ve eksenel yüklere dayanır. Rijit çerçeve sistemi kullanılarak 20 ila 25 katlı binalar inşa edilebilir. Rijit çerçevenin avantajları arasında inşa etme kolaylığı, hızlı bir şekilde inşa edebilir ve yapı ekonomik olarak tasarlanabilir.

2.6.2. Perdeli Çerçeve Sistem

Kat sayısı arttıkça yanal yüklere karşı koyabilmek için sadece rijit çerçeve sistemler yeterli gelmeyebilir. Yatay yüklerin perdeler ile taşınması gerekebilir. Perdeli sistemler rijit çerçeve sistemlerle birlikte kullanılarak deprem ve rüzgâr yüklerini taşıyabilir. Bunun dışında çerçeve sistemler sadece düşey yük taşıyacak şekilde tasarlanıp, yatay yükleri sadece perdeli sistemler taşıyacak şekilde tasarımlar yapılabilir. Perdeli sistemler çelik çapraz elemanlar ile oluşturulabildiği gibi boşluklu/boşluksuz betonarme perde elemanlarla da oluşturulabilir.



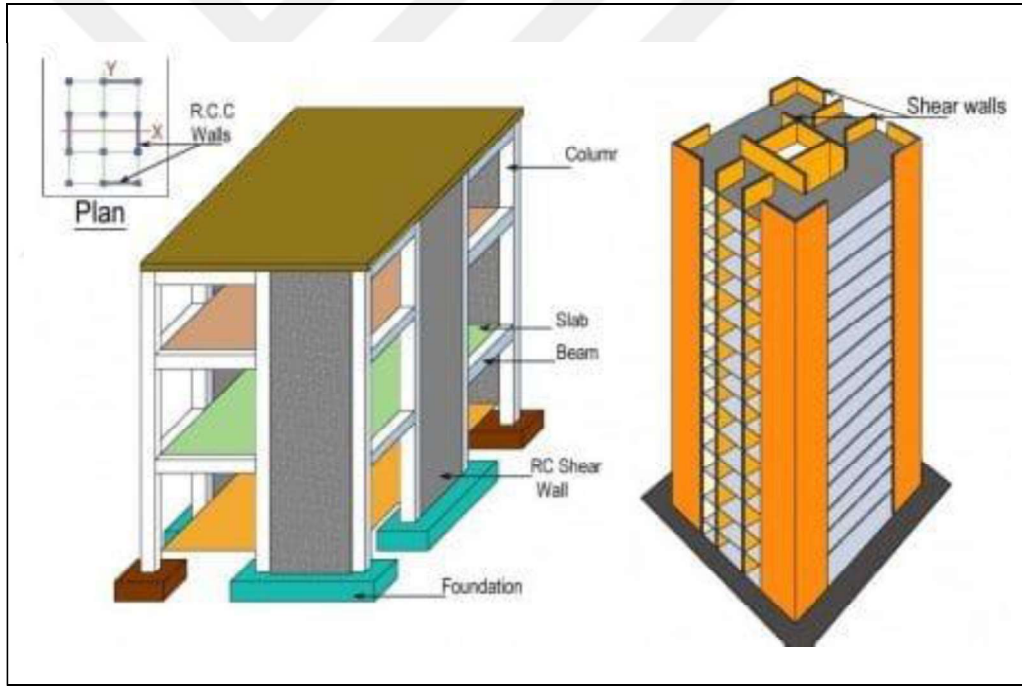
Şekil 2.12: Perdeli-Çerçeveli sistem.



Şekil 2.13: Merkezde çekirdek perde sistemi.

2.6.3. Perdeli Sistemler

Betonarme veya yığma duvardan inşa edilmiş sürekli yükselen dikey perdelerden oluşmaktadır. Perde duvarlar hem yerçekimi hem de yanal yüklere dayanır ve dar derin konsol kiriş gibi davranır. Genellikle, binaların çekirdeği olarak inşa edilir. Betonarme veya çelik yapıdaki yüksek binaları desteklemek için son derece uygundur. Bunun nedeni perde duvarların düzlem rijitliği ve mukavemeti bakımından önemli olmasıdır. Perde duvar sistemi, kat kat tekrarlayan planlamanın duvarların dikey olarak sürekli olmasını sağlayan otel ve konut binaları için uygundur. Odalar ve daireler arasında mükemmel akustik ve yangın izolatörleri görevi görebilir. Perde duvar yapısal sistemi 35 kat bina yapısına kadar ekonomik olabilir. Perde duvarların planda simetrik olması gerekmez, ancak burulma etkilerini önlemek için simetri tercih edilir.



Şekil 2.14: Perdeli sistem.

2.6.4. Çekirdek ve Outrigger Çerçeve Sistemi

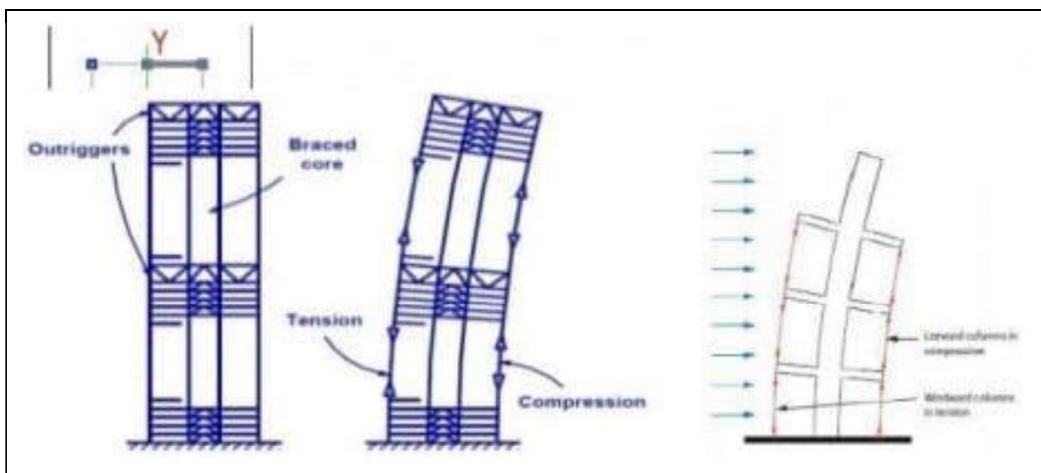
Yüksek binalarda, merkezde bulunan betonarme perdenin veya çelik çaprazlı çerçevelerin rijit elemanlarla çevredeki kolonlara bağlandığı sistemlere dıştan destekli (outrigger) sistemler adı verilir. Bu rijit elemanlar destek kirişi olarak isimlendirilen, bir veya iki kat yüksekliğindeki yapı elemanlarıdır. Merkezde bulunan çekirdek,

bu destek kirişleri yardımıyla tek cephedeki veya her iki cephedeki kolonlara bağlanabilirler.

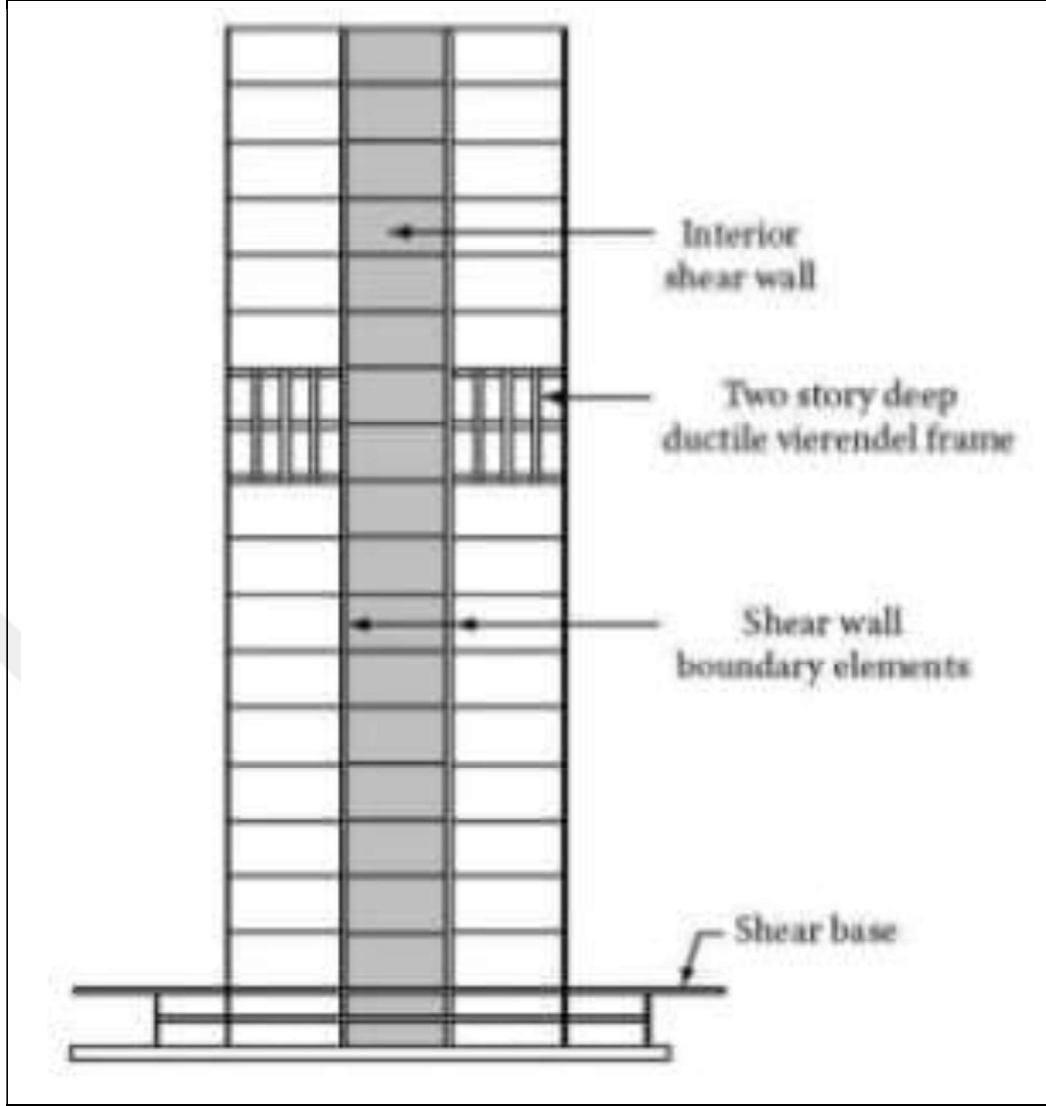
Dıştan destekli (outrigger) sistemler; yaklaşık olarak yarım yüzyıldır narin ve yüksek binalarda kullanılıyor olmalarına rağmen tasarım prensibi bin yıllık bir geçmişe sahiptir. Bu sistemler ilk olarak Polinezyenin açık denizlerde seyahat için kullandıkları kanoların dalgalara karşı yatay stabilitesini arttırmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Dıştan destekli kanonun çalışma prensibi dıştan destekli (outrigger) binaların çalışma prensibine ışık tutması açısından oldukça önemlidir. Dıştan destekli (Outrigger) sistemlerin avantajları;

Taşıyıcı sistemlerin etkinliği bina yüksekliği ile orantılı olarak artan yatay yüklere karşı koyabilmeleriyle ölçülür. Yüksek binaların tasarımında ise rijitlik ve stabilite problemleri, yatay ve düşey yüklerin taşınmasına nazaran daha ön plandadır. (Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri) Dıştan destek sistemi (outrigger) taşıyıcı sistemde sağladığı rijitlik artışı ile çokça tercih edilirler. Özellikle dıştan destek sisteminin ilavesiyle bina nispeten narin elemanlar ile daha fazla kat adedine ulaşabilir. Bu sebeple dıştan destekli sistemler günümüzdeki birçok yüksek binada kullanılmışlardır. O hâlde dıştan destekli sistemlerin başlıca avantajları olarak;

- Binanın devamlı olarak maruz kaldığı rüzgâr yükleri altında salınımları konfor şartı sınırları içine çekmesi,
- Küçük boyutlu yapı elemanları kullanılarak daha yüksek binaların inşa edilebilmesini mümkün kılması sıralanabilir.



Şekil 2.15: Outrigger ile oluşturulmuş taşıyıcı sistemi.



Şekil 2.16: Dış destek sistemi.

2.6.5. Mantar (Kirişsiz Plak) Taşıyıcı Sistem

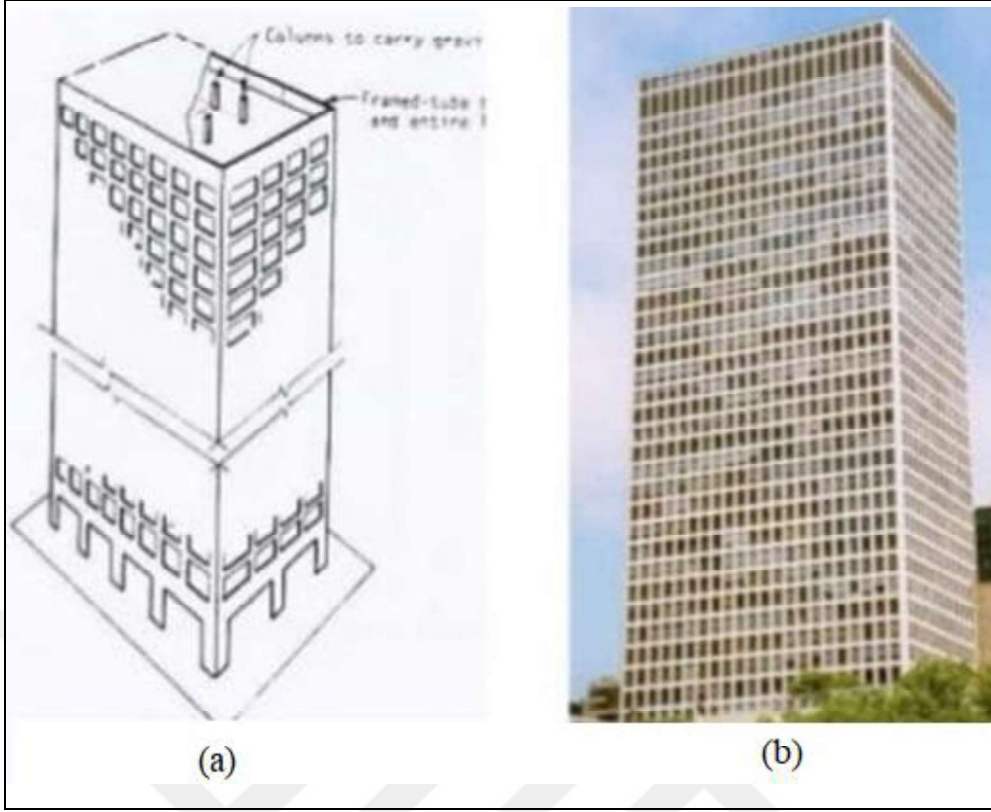
Bu sistem kolonlara (kiriş kullanılmadan) bağlanan döşemelerden oluşur. Düz plak betonarme döşemeden oluşur. Üzerindeki düşey yükleri kolonlar ve perdelerle direkt aktararak yük akışını temele kadar ilerlemesini sağlar. Mantar döşeme diye tabir edilen kirişsiz plak sistemler en önemli özelliklerinden biri yatay yükleri düzlem içinde perde sistemine aktarmasıdır. Bu sebeple deprem yüklerini karşılamak için sistemde düzgün yerleştirilmiş perdeler olması gerekmektedir.



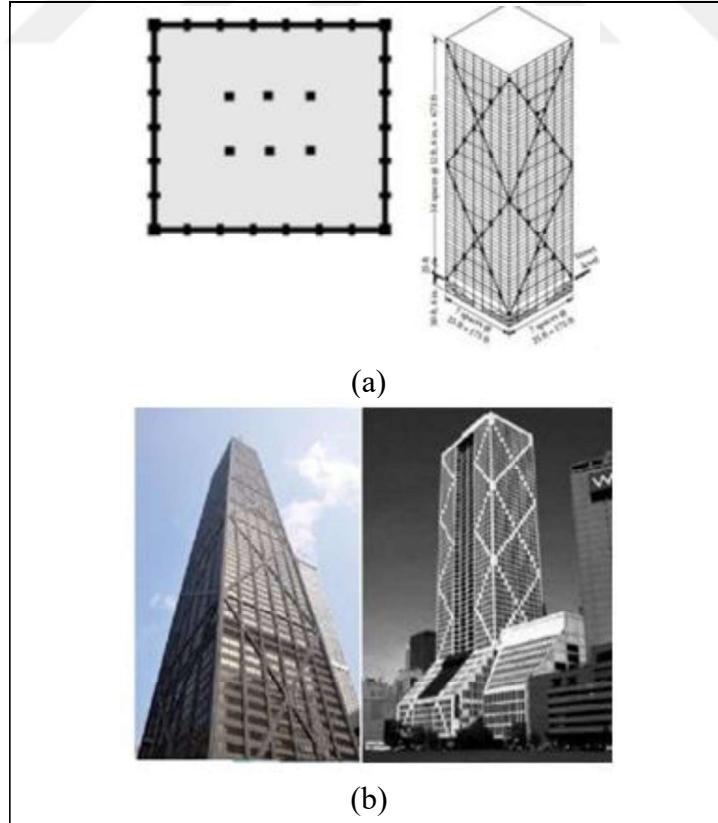
Şekil 2.17: Kirişsiz plak sistemler.

2.6.6. Tüp Sistem

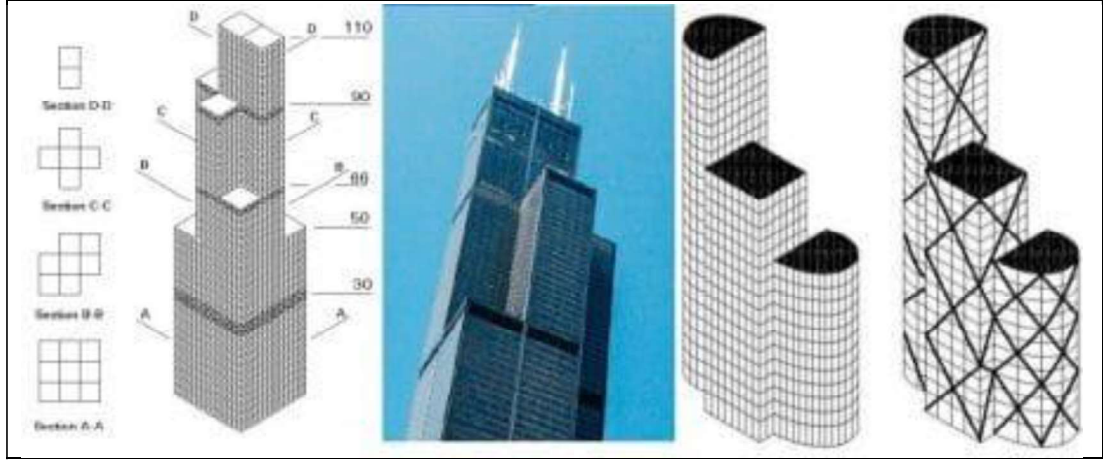
Çerçeve-tüp sistemler, “geleneksel çerçeve sistemlerin evrimi” olarak tanımlanabilir. Bu sistemler, perdeli çerçeve sistemin çok yüksek binalar için yetersiz kalması sebebiyle bir alternatif haline gelmiştir. Çerçeve-tüp sistemlerde, cephe aksında birbirlerine derin çevre kirişlerle bağlanan sık aralıklı kolonlar bulunmaktadır. Bu sistemde dışta oluşturulan tüp, delikli bir perde görünümündedir. Çerçeve-tüp davranışı, normal kolon aralığının (5-6 m) altındaki değerler kullanılarak elde edilir. Örneğin, World Trade Center Twin Towers'da (1972) kolon aksları arasındaki açıklık 1.02 m'ye ve kolonlar arasındaki net açıklık ise 0.70 m'ye kadar düşer. Sık aralıklı yerleştirilmiş cephe kolonları, bina içerisinden görülen dış manzarayı panoramik olmaktan uzaklaştırır. Bina girişinde yer alan kamusal lobi mekanına geçerken, kolon sıklığı yüzünden yaşanabilecek erişim zorluklarına karşı, derin aktarma kirişleri ya da New York'taki World Trade Center Twin Towers'da (1972) olduğu gibi branşlaşan kolonlar kullanmak çözüm olabilir.



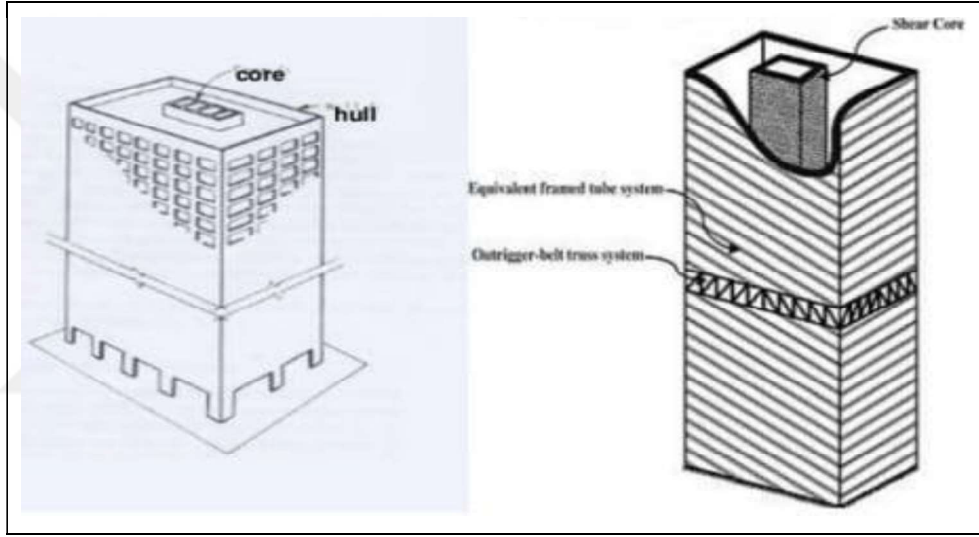
Şekil 2.18: Kirişli plak tüp yapısal sistemin (a) plan, (b) fotoğraf görünümü.



Şekil 2.19: Dış çaprazlı (truss sistem), (a) plan, (b) örnek fotoğraflar.



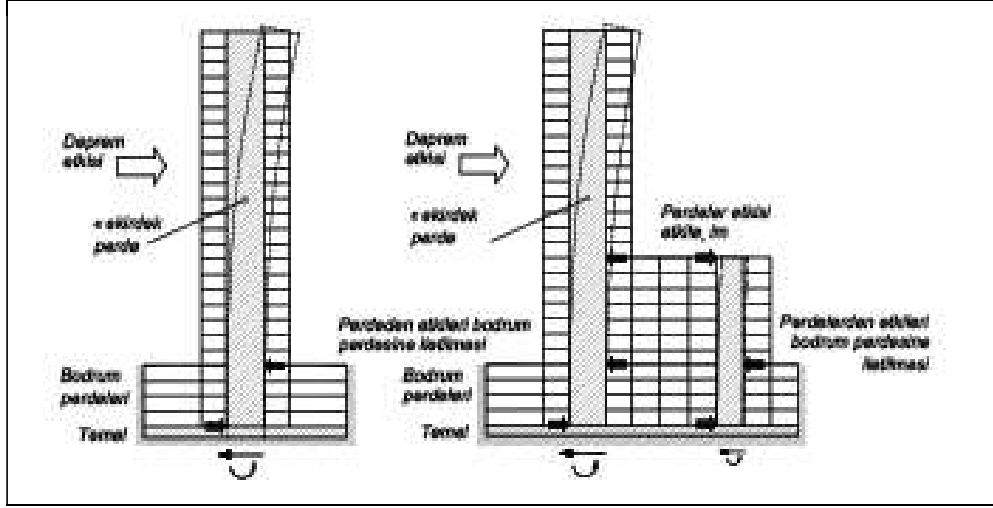
Şekil 2.20: Birlikte sarmal tüp sistem.



Şekil 2.21: İç içe tüp sistem.

2.7. Betonarme Elemanların Zamana Bağlı Şekil Değişirme Özelliği

Betonarme yapısal taşıyıcı elemanların hareketinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişmesine büzülme ve sünme denir. Büzülme ve sünme sadece beton içeriğine değil, aynı zamanda betonarme kesitin beton sınıfına ve donatı miktarına da bağlıdır. Yüksek betonarme binaların dikey yük taşıyıcı elemanlarında meydana gelecek olan toplam uzama ve kısalma önemli seviyelere ulaşabilir.



Şekil 2.22: Deprem altında yapısal sistemin davranışı.

Önemli tasarım ve yapım konularından biri, tasarım sırasındaki çeşitli kısaltmaların tahmini ve kontrolünü sağlamaktır. Yüksek binalarda zamanın bir fonksiyonu olarak deformasyon, dikey taşıyıcı kolon ve perdeler arasında farklı değerlerde meydana gelir, örneğin, kolonlar ve perdeler tarafından maruz bırakılacak basınç gerilmesi ve enine kesitteki donatı miktarı farklı kısaltmalara neden olur. Aynı şekilde Betonarme perdeler ve çelik kolonlar birlikte kullanıldığında, çelik kolonlarda zamanın bir fonksiyonu olarak kısalma olmazken, betonarme perdeler aksel bir kısaltmaya sahiptir.

Sonuç olarak, dikey taşıyıcılar arasındaki bu tür kuvvetler farklı kesit tesirlerinin dağılımına neden olur.

2.8. Yüksek Binaların Deprem Tasarımı

Depreme dayanıklı gökdelenlerin tasarımı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de ileri düzeyde uygulanmaktadır. Genellikle uygulanan sismik düzenlemeler, normal katlı binaların tasarımına ilişkin kuralları içerir. Yüksek binaların sismik tasarımı ile ilgili olarak bu yönetmeliklerin kapsamadığı özel sorunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Karmaşık dinamik davranış: ilk modun etkisi genellikle alçak binalarda belirleyici olurken, yüksek binalarda yüksek modların etkisi belirginleşir; bazı durumlarda, tasarımı yönlendiren modları vardır.

Eksenel kuvvetler: Kat sayısının fazla olması nedeniyle, kolon ve perde duvarların maruz kalacağı eksenel kuvvet önemli hale gelir; Sonuç olarak, kolon ve perde bölümleri genişletilir, böylece bölümlerin rijitliği artar.

Boyutsal etki: Güncel araştırmaların çoğu, küçük ölçekli laboratuvar numuneleri üzerindeki deneysel sonuçlara dayanmaktadır. Çok büyük yüksek binalar için bu tür araştırmalara dayanan düzenleyici kuralların geçerliliği ile ilgili çalışmaların sayısı sınırlı görünmektedir.

Yapısal Sönüm: Araştırmalar binanın yüksek doğal sönüm oranının geleneksel %5'ten daha düşük olduğunu ve %2 ila %3 aralığında olduğunu göstermiştir. Binanın düşük sönüm oranı, dinamik performansının daha düşük olduğu anlamına gelir. Günümüzde, yüksek binaların sismik tasarımıyla ilgili özel sorunsallar, sismik düzenlemelerin tasarım kurallarına ek olarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizle yapılan şekil değiştirmeye bağlı performansa dayalı tasarım yöntemi ile çözülmektedir.

2.9. Yüksek Binaların Rüzgâr Tasarımı

Bina ne kadar uzun olursa rüzgâr yüklerine o kadar duyarlı olur. Rüzgâr, özellikle yapıların etrafındaki ve üzerindeki rüzgâr akışlarının etkileşimi ile ilgili sonsuz çeşitli akış durumlarından oluşan karmaşık bir fenomendir. Yapılar rüzgârın etkilerine tamponlanma, girdap dökülmesi ve dörtnele gibi çeşitli şekillerde yanıt verir. Bina tasarımı, yüksek binaların güvenliği ve istikrarı için bunları ve diğer faktörleri erken bir aşamada dikkate alınmalıdır. İklim değişiklikleri öngörülemez ve tasarım sırasındaki rüzgâr koşulları, yapının ömrü boyunca rüzgâr koşullarından belirgin şekilde farklı olabilir.

Binaya etkiyecek rüzgarlar, binanın geometrisi ve yakındaki binaların yakınlığı ve geometrisi bir yapı üzerindeki rüzgâr basıncını etkileyebilir, ancak bu basınçlar büyük ölçüde dalgalanır ve hesaplanması zordur. Mühendisler, 200 metreden fazla yükseklikteki rüzgâr yüklerine dayanabilecek binaların tasarımında zorluklarla karşılaşılıyor.

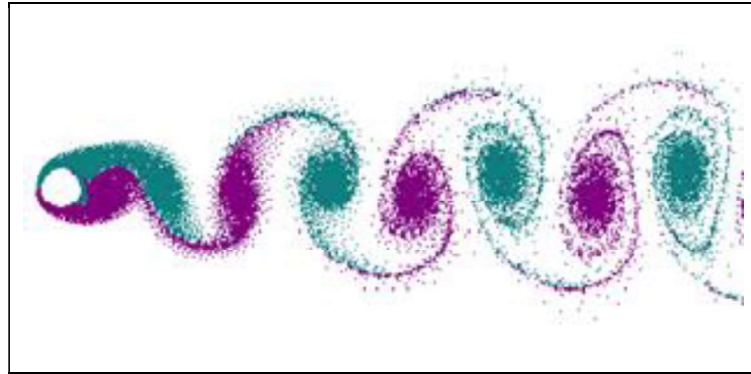
Rüzgârın bir yapı üzerindeki etkileri ile ilgili zorluklar karmaşıktır ve doğru bir şekilde değerlendirilmez ve dikkate alınmazsa, binaların kararsızlığına katkıda bulunabilirler. Yüksek binalar için ortalama rüzgâr hızı yükseklik ile artar ve parlaklık veya farklı girdap kombinasyonları (rüzgârın dairesel hareketi) yükseklikle azalır.

Türbülans büfesi (güçlü, tekrarlanan rüzgâr saldırıları) yüksek binaları veya kuleleri etkileyebilir.



Şekil 2.23: Rüzgâr testi yapılan bir yapının görünüşü.

Tamponlama, dörtnala ve girdap dökümü, çapraz rüzgâr tepkilerine neden olabilir. Dörtnala yüksek binalarda meydana gelir ve rüzgâr yükünün bir etkisi olarak üretilen kendinden kaynaklı titreşimlerden oluşur. Bu dörtnala, bu tür binalarda rüzgâr yönünü değiştirebilir. Vortex yüksek binalar için özel bir zorluktur.



Şekil 2.24: Rüzgâr yükünün etkileşim davranışı.

Yüksek bir binanın yüzeyleri etrafında rüzgârlar aktığında, dönen girdaplar deseni oluşturulur. Rüzgâr binanın dışına akarken, girdaplar dökülür ve düzenli aralıklarla rüzgâr basıncında bir azalmaya neden olur. Basıncıdaki bu değişiklikler, rüzgârın yönüne dik açılı yanal bir kuvvet ile sonuçlanır. Rüzgâr hızı arttığında, girdap

dökülme frekansı binanın doğal frekansıyla eşleşmeye çalışır. Bu, pencere camlarının yerinden çıkmasına neden olabilecek bir dereceye kadar bina sallanmasına yol açabilir.

Narin olarak tasarlanan bir binada rüzgâr kaynaklı hareketin en büyük zorluklarından biri de insan tepkisidir. İnsanlar titreşimlere ve hareket algısına son derece duyarlıdır. Düşük seviyeli stres veya gerinim kaynaklı titreşim bile huzursuzluğa mide bulantısına neden olabilir.

Rüzgâra duyarlı binaların çevresinde meydana gelen üç ana rüzgâr etkisi şunlardır:

Çevre üzerindeki etkisi- yeni bir binadan gelen rüzgâr akışlarındaki değişiklikler çevredeki ortamı etkileyebilir. Şehirlerde yüksek binalar veya gökdelenler için, önerilen yapının yakınında rüzgârın yayalar, araçlar, çeşmeler vb. Üzerindeki etkisi etkin bir şekilde değerlendirilmelidir.

Cephe üzerindeki etkisi rüzgâr basınçlarının binanın cephe kaplaması üzerindeki etkisi değerlendirilmelidir. Kaplama üzerindeki tasarım yüklerinin değerlendirilmesi, başlangıç maliyetlerini en aza indirebilir ve sızıntı / yapısal arızadan kaynaklanan maliyetli bakım faturalarından kaçınabilir.

Yapı üzerindeki etkisi- rüzgâr yükü, binanın yapısal sistemi üzerindeki yanal yükü etkileyecektir. Bunlar yüksek binalar için etkili rüzgâr yükü analizine katkıda bulunan hususlardır. Bir binanın etrafındaki rüzgâr akışı aerodinamik bir yüzeyi takip etmediği, bunun yerine ayrı akışlı yüzeyden ayrılan alanlardan ayrıldığı zaman, binanın aerodinamik olarak 'blöf' olduğu bilinir. En yüksek binalar blöftür. Rüzgâr akışı simülasyonları, akış ayrımlarını ve girdap oluşumunu doğru bir şekilde ölçmelidir. Bir maket olarak hazırlanan binada, rüzgâr akışını yüksek hızda rüzgâr akışıyla iki ayrı alana ayırma eğilimindedir. Binanın leeward tarafında daha düşük negatif basınç oluşur, bu da leeward yönünde sürüklenme kuvvetlerine neden olur. Rüzgâr yükü analizinin ilave bir özelliği, yanal rüzgâr yüküdür. Yanal Rüzgâr Yükleri için Temel Tasarım Kriterleri Rüzgar yükü analizi, aşağıdaki kriterlerin yerine getirilmesini sağlamak için kritik öneme sahiptir: Binanın devrilmesi, yukarı kaldırılması veya kaydırılması için kararlılık Binanın yaşam döngüsü boyunca aşırı yüklere dayanacak güçlü yapısal bileşenler Beklenen rüzgar sapmalarına rağmen binanın servis kolaylığı Cephenin, iç bölümlerin ve tavanların hasar görmesini ve çatlamasını sınırlamak için rüzgar sapmasını, sallanma hızlanmalarını, sallanma frekanslarını ve sapmayı kontrol etmek önemlidir. Yapının malzemesinin kütlesi ve rijitliği de rüzgâr yükleri ile mücadelede etkili bir faktördür. Dolayısıyla, rüzgâr

yüklerini doğru bir şekilde analiz etmek için dikkate alınması, değerlendirilmesi ve hesaplanması gereken çok sayıda faktör vardır. Bu analizi gerçekleştirmek için doğru bir yöntem tasarım MEP BIM modelleme sürecinde hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) tekniğidir. CFD simülasyon teknikleri kullanılarak belirlenen rüzgâr etkilerinin hesaplanması ve analizi, istikrarlı ve güvenli yüksek binaların tasarımına yardımcı olabilir. Sayısal yöntemler ve algoritmalar, CFD hesaplamalarındaki sıvı akışlarını hesaplamak ve analiz etmek için kullanılır ve hesaplama alanının 3B geometrik modellemesi ve meshlenmesi için SkyCiv, Rhino, SpaceClaim ve Salome gibi en son yazılımlar kullanılır ve Ansys Fluent, StarCCM ve SimScale bina çevresindeki türbülanslı akışlar için hızlı ve doğru simülasyonları kolaylaştırır. CFD simülasyonları ile bir binanın etrafındaki rüzgâr akışı davranışı ve binanın cam, panjur ve cephe elemanları gibi yapısal unsurları üzerindeki basınç yükleri tahmin edilebilir. Bazı geçerli koşullar yüksek rüzgâr yükleri veya türbülans üreterek yüksek binalarda rezonansa neden olabilir. CFD kullanan simülasyonlar, bir binanın rüzgâr tarafındaki rüzgâr basıncının yükseklikle arttığını ve tipik olarak 30. ila 40. katlar arasındaki zirveye ulaştığını göstermiştir. CFD analizini kullanarak, mühendisler rüzgâr nedeniyle binanın taban momentini, taban kesme ve burulma momentini tahmin edebilirler. Bir binanın şekli (dairesel veya kare veya dikdörtgen) bile, etrafındaki rüzgâr akışının eleştirel incelenmesini gerektirebilir. Bu faktörleri dikkate alan bilinçli tasarım kararları, tasarım sürecinin başlarında CFD teknikleri kullanılarak verilebilir. CFD teknikleri ile yüksek binalarda rüzgâr yüklerini hesaplamamanın yollarından biri, binanın kendisinin sınıflandırılmasıyla ilgilidir. Sınıflandırmalar şunlara bağlıdır: Bina konumu ve çevre (rüzgâr hızına karar vermek için) Binanın önem faktörü (hastaneler gibi kritik binalar için standartlar daha katıdır) Binanın geometrik şekli ve özellikleri Sınıflandırmalar ve standartlar belirlendikten ve binanın geometrik özelliklerine bağlı olarak, farklı ülke kodları aşağıdaki kriterlerin bir binadaki rüzgâr basıncının hesaplanmasını nasıl etkilediğini belirleyecektir:

Çevredeki cisimlerin rüzgâr akışı üzerindeki etkisi- Tepeler ve diğer binalar yüksek bir binadaki rüzgâr yüklerini etkileyebilir. Uyanma karakteristikleri, girdap oluşumu, tünel daraltma, rüzgâr hızları ve rüzgâr yönleri tahmin edilebilir ve etkileri CFD simülasyonları ile ölçülebilir.

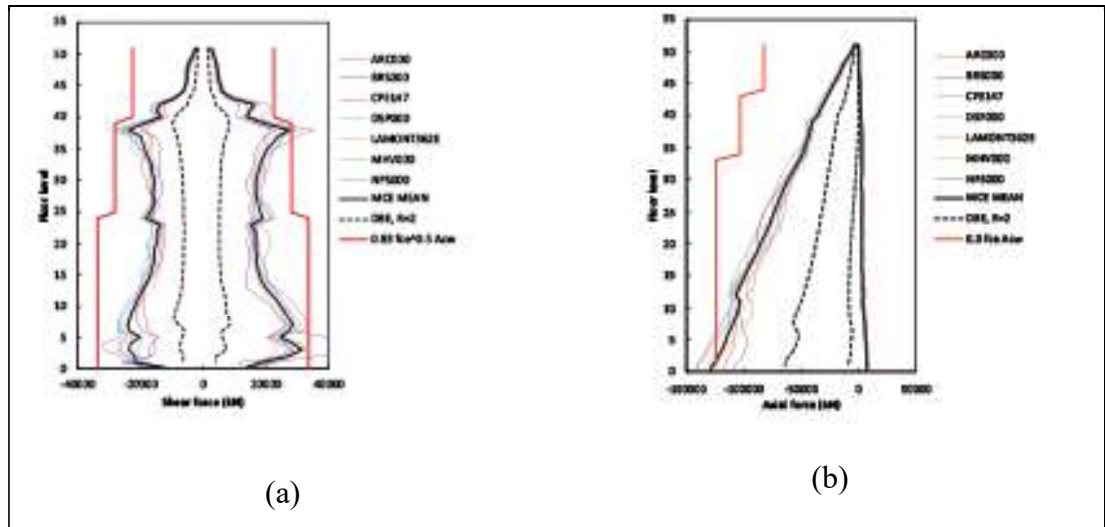
Türbülans ve girdap oluşumunun etkileri- Bina köşeleri, pürüzlü yüzeyler ve yüksek rüzgâr hızları rüzgâr akışını değiştirebilir. CFD tekniklerinin kullanımı, rüzgâr basıncının ortaya çıkan etkilerini ve binanın stabilitesini ve güvenliğini ölçülebilir.

Rüzgâr ve yapı etkileşimi- CFD ile rüzgâr yapısı etkileşim analizi, bina esnekliğinin ve akış basıncından kaynaklanan deformasyonun belirlenmesine yardımcı olur. Ardından, mühendisler olası herhangi bir istikrarsızlığı veya tehlikeli titreşimleri tahmin edebilir.

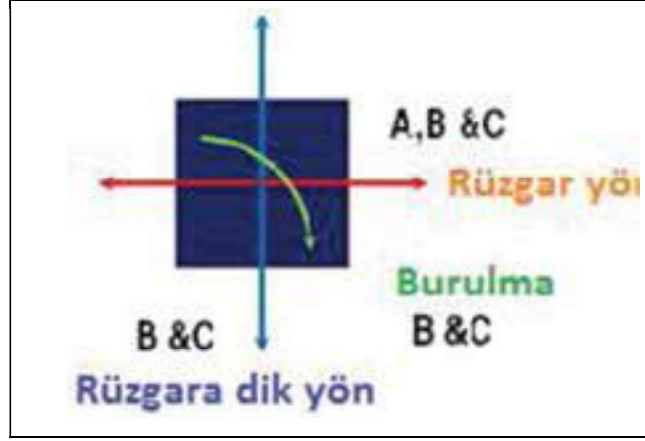
Rüzgâr tüneli test hazırlığı- Rüzgâr tüneli tahminleri ve ölçümleri sensör yerleşimi ve diğer özelliklerin modellenmesini gerektirir. CFD tekniklerini kullanarak simülasyon sonuçları, bu özelliklerin nereye yerleştirileceğini doğru bir şekilde belirleyebilir.



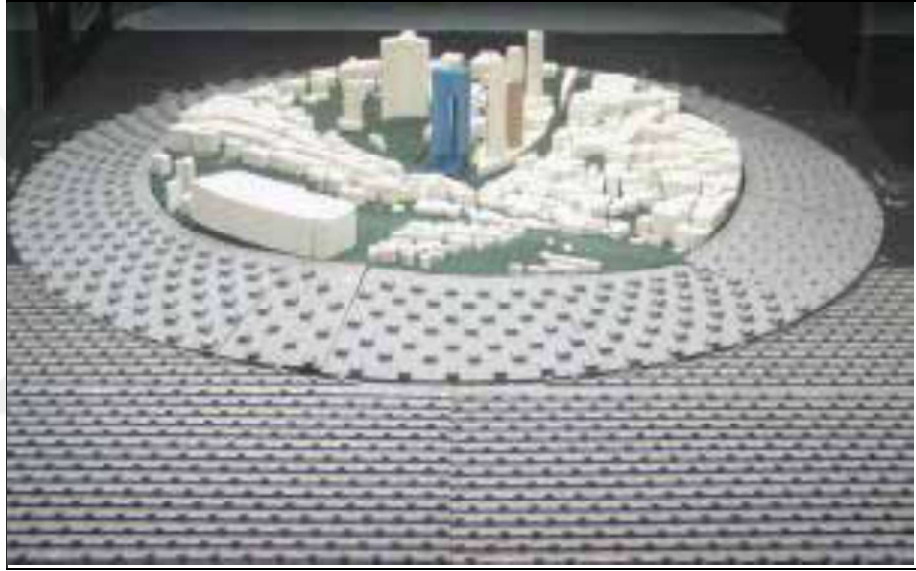
Şekil 2.25: Rüzgâr testi yapılan yüksek yapı örneği.



Şekil 2.26: (a) deprem ve (b) rüzgâr yükü analiz sonuçları.



Şekil 2.27: Yüksek bir binanın rüzgâr tüneli testi sonuçları.

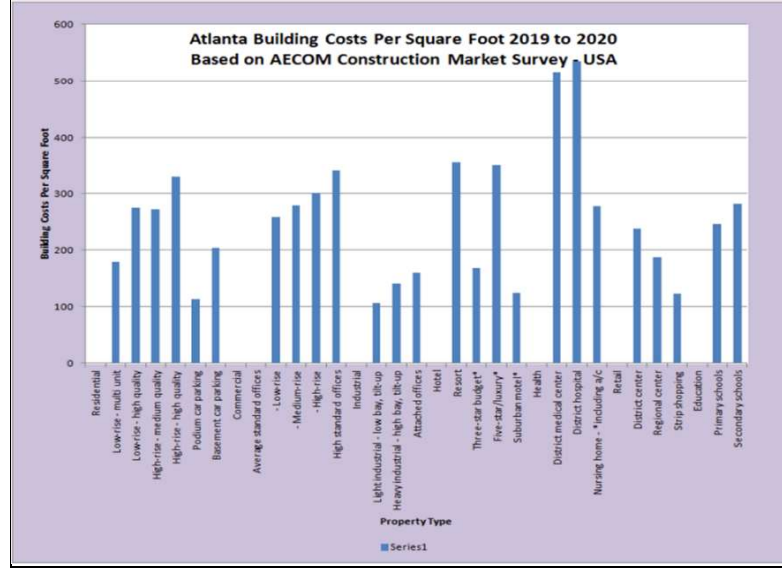


Şekil 2.28: Rüzgâr tüneli testi için hazırlanan ölçeklendirilmiş maket.

2.10. Dünyada Yüksek Yapı Maliyetleri

Peki maliyet ile hasar arasındaki ilişki nedir? Bir binayı hiç hasar almayacak şekilde tasarlayabilirsiniz. Ama karşınıza çıkacak ilk engellerden biri maliyettir. Bir yapıyı en optimum maliyette sağlam ve görkemli tasarlamak ise mühendisliktir.

Dünyada farklı ülkelerde yapılan yüksek yapı, otel ve özel bina kategorisine giren yapıların birim metrekareye düşen maliyetleri incelenmiştir. Aşağıda rasyonel maliyet tabloları görülen çeşitli karşılaştırmalar bulunmaktadır.

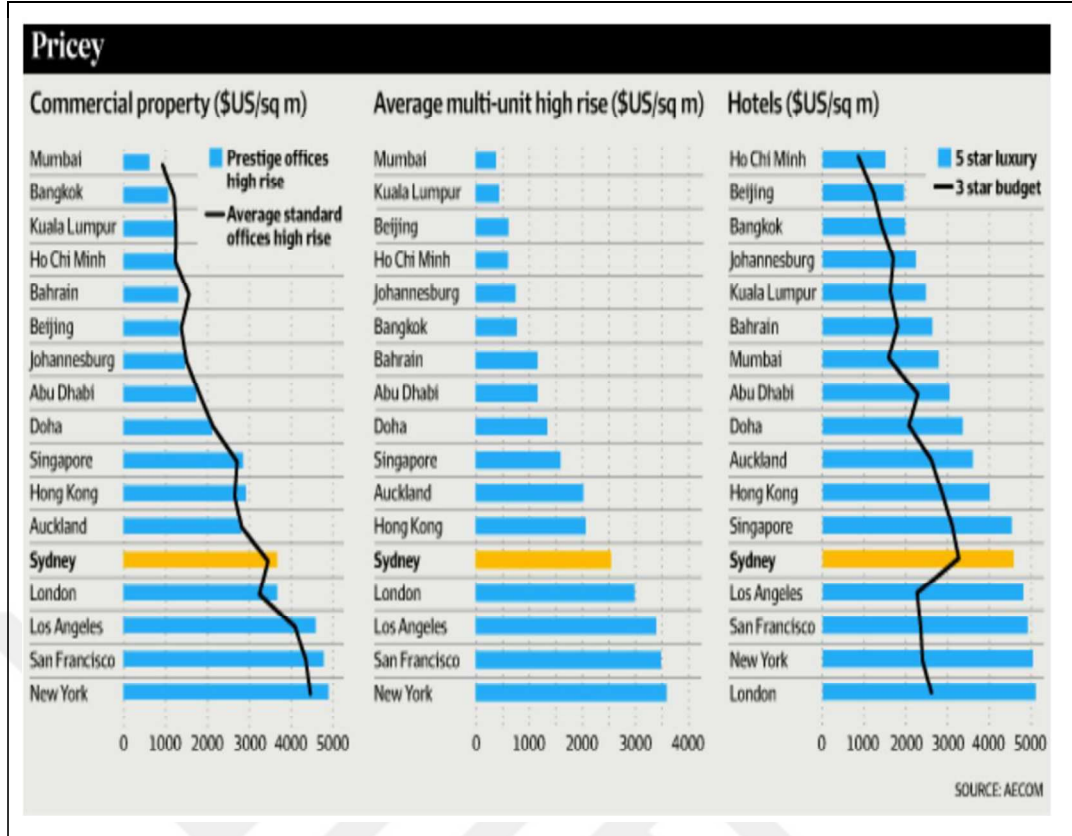


Şekil 2.29: Atlanta eyaletinde kullanım amacına göre yapı birim maliyet karşılaştırılması.

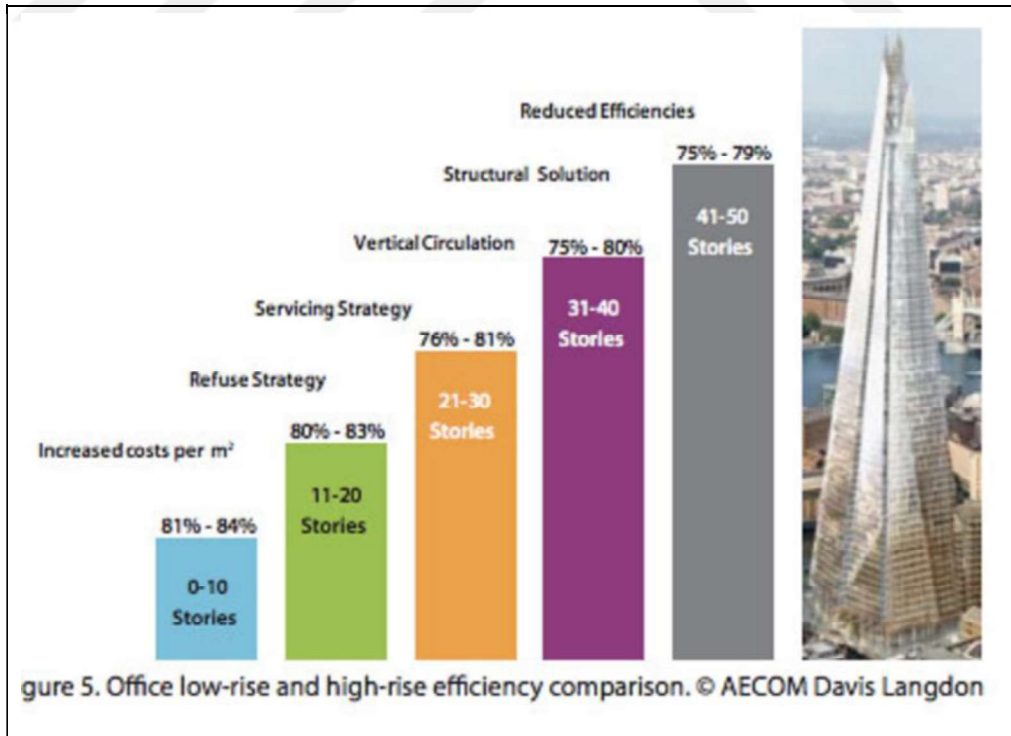
West	Midwest				South				East							
	San Francisco	Los Angeles	San Diego	Sacramento	Las Vegas	Seattle	Portland	Honolulu								
RESIDENTIAL																
Single Family Detached-Medium Quality	\$386	\$322	\$241	\$65	\$246	\$139	\$226	\$128	\$223	\$116	\$360	\$250	\$294	\$355	\$296	
Apartment/Condominium-Mid Rise	\$584	\$449	\$529	\$294	\$503	\$273	\$463	\$251	\$469	\$361	\$469	\$361	\$445	\$343	\$537	\$413
COMMERCIAL / OFFICE																
Single Story	\$437	\$364	\$396	\$327	\$405	\$325	\$351	\$289	\$351	\$302	\$350	\$293	\$333	\$277	\$401	\$335
Mid-Rise	\$870	\$726	\$547	\$371	\$466	\$359	\$429	\$330	\$698	\$382	\$629	\$501	\$597	\$476	\$600	\$500
High Rise	\$1,001	\$833	\$688	\$458	\$678	\$430	\$624	\$396	\$803	\$669	\$696	\$561	\$661	\$533	\$690	\$574
RETAIL																
Neighborhood Strip Center	\$449	\$375	\$298	\$165	\$294	\$163	\$270	\$150	\$361	\$301	\$361	\$301	\$343	\$286	\$413	\$343
Regional Mall	\$671	\$559	\$607	\$397	\$583	\$386	\$536	\$355	\$538	\$449	\$538	\$449	\$511	\$426	\$617	\$514
HOSPITALITY / LODGING																
Three-Star Hotel	\$731	\$555	\$661	\$425	\$482	\$348	\$443	\$320	\$587	\$354	\$452	\$376	\$429	\$358	\$577	\$480
Five-Star Hotel	\$1,044	\$761	\$945	\$679	\$712	\$456	\$655	\$420	\$838	\$458	\$838	\$391	\$796	\$561	\$960	\$693
WAREHOUSE / MANUFACTURING																
Warehouse-Regional Distribution	\$315	\$225	\$285	\$203	\$273	\$194	\$251	\$178	\$253	\$180	\$253	\$180	\$240	\$171	\$289	\$207
Warehouse-Light Industrial	\$350	\$250	\$317	\$226	\$304	\$219	\$280	\$201	\$281	\$201	\$281	\$201	\$267	\$191	\$322	\$230
Manufacturing-Tech Laboratory	\$874	\$729	\$790	\$659	\$755	\$625	\$695	\$575	\$701	\$585	\$701	\$585	\$666	\$556	\$803	\$670
HEALTHCARE																
Acute Care Facility	\$1,435	\$1,075	\$1,296	\$973	\$1,238	\$929	\$1,139	\$855	\$977	\$733	\$782	\$566	\$743	\$538	\$1,455	\$821
Medical Office Building	\$734	\$612	\$598	\$499	\$571	\$476	\$525	\$438	\$451	\$376	\$493	\$396	\$469	\$378	\$1,020	\$649
Specialty Clinic	\$918	\$765	\$748	\$623	\$714	\$595	\$657	\$547	\$564	\$470	\$663	\$553	\$630	\$525	\$1,213	\$1,010
PRIMARY & SECONDARY EDUCATION																
Elementary School	\$490	\$411	\$410	\$341	\$391	\$326	\$360	\$300	\$291	\$242	\$330	\$290	\$276	\$230	\$416	\$347
Middle School	\$539	\$453	\$448	\$374	\$428	\$357	\$394	\$328	\$318	\$265	\$450	\$300	\$302	\$252	\$455	\$380

West	Midwest				South				East							
	Washington DC	Philadelphia	New York	Boston	Raleigh-Durham											
RESIDENTIAL																
Single Family Detached-Medium Quality	\$276	\$230	\$304	\$234	\$396	\$350	\$337	\$281	\$222	\$186						
Apartment/Condominium-Mid Rise	\$418	\$322	\$512	\$393	\$859	\$461	\$510	\$392	\$373	\$288						
COMMERCIAL / OFFICE																
Single Story	\$313	\$260	\$382	\$310	\$448	\$373	\$361	\$318	\$279	\$333						
Mid-Rise	\$623	\$519	\$762	\$615	\$892	\$744	\$760	\$654	\$557	\$465						
High Rise	\$716	\$596	\$876	\$729	\$1,026	\$854	\$874	\$728	\$641	\$533						
RETAIL																
Neighborhood Strip Center	\$322	\$268	\$393	\$328	\$461	\$384	\$392	\$327	\$288	\$240						
Regional Mall	\$480	\$400	\$587	\$489	\$687	\$573	\$586	\$488	\$429	\$357						
HOSPITALITY / LODGING																
Three-Star Hotel	\$523	\$436	\$640	\$534	\$749	\$625	\$638	\$532	\$468	\$517						
Five-Star Hotel	\$747	\$516	\$914	\$762	\$1,108	\$892	\$912	\$760	\$673	\$456						
WAREHOUSE / MANUFACTURING																
Warehouse-Regional Distribution	\$225	\$181	\$276	\$197	\$325	\$251	\$275	\$196	\$202	\$144						
Warehouse-Light Industrial	\$250	\$179	\$306	\$219	\$359	\$256	\$306	\$218	\$224	\$160						
Manufacturing-Tech Laboratory	\$623	\$522	\$765	\$638	\$893	\$747	\$763	\$637	\$559	\$467						
HEALTHCARE																
Acute Care Facility	\$1,025	\$770	\$1,066	\$800	\$1,468	\$1,102	\$1,231	\$939	\$779	\$585						
Medical Office Building	\$526	\$438	\$547	\$455	\$753	\$627	\$641	\$534	\$399	\$333						
Specialty Clinic	\$657	\$548	\$683	\$569	\$941	\$784	\$802	\$668	\$500	\$416						
PRIMARY & SECONDARY EDUCATION																
Elementary School	\$324	\$270	\$317	\$264	\$464	\$386	\$395	\$329	\$232	\$193						
Middle School	\$355	\$296	\$347	\$289	\$508	\$423	\$433	\$361	\$253	\$211						
High School	\$390	\$323	\$382	\$318	\$558	\$465	\$476	\$396	\$279	\$233						
HIGHER EDUCATION																
Academic Classroom	\$612	\$510	\$674	\$561	\$876	\$730	\$747	\$622	\$493	\$410						

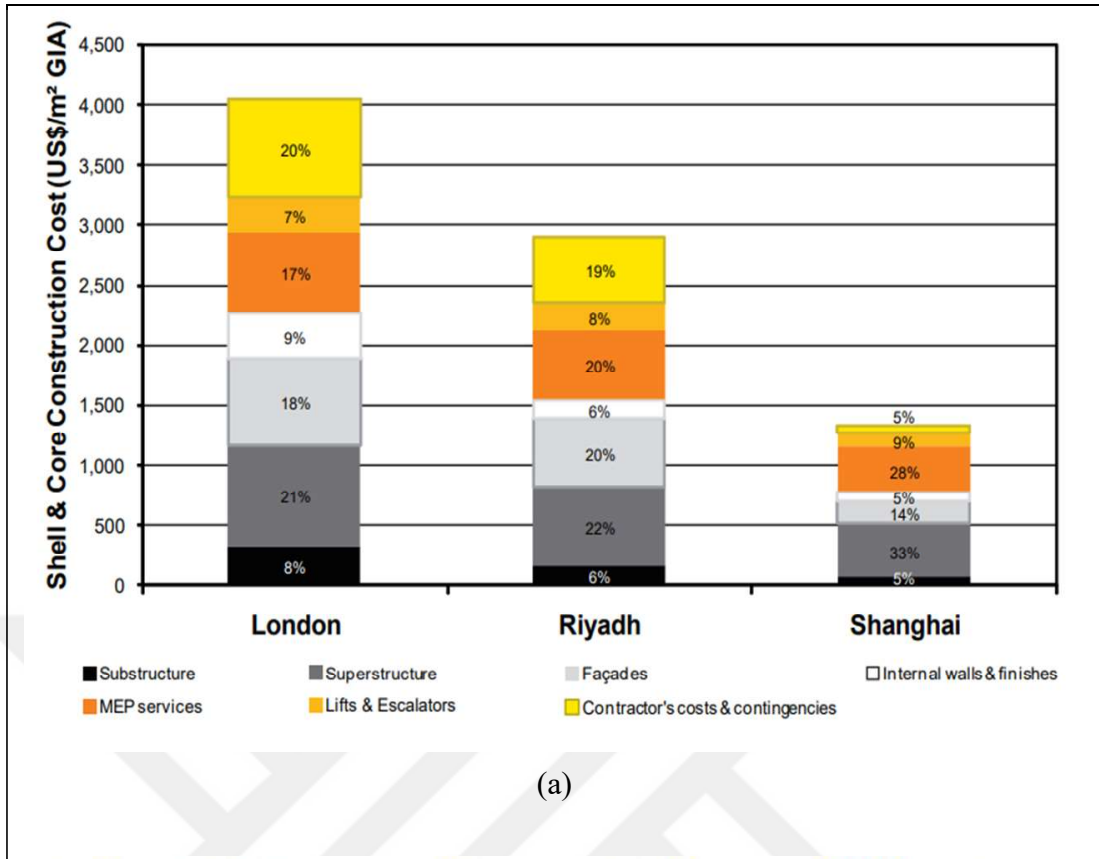
Şekil 2.30: Batı ve Doğu ABD şehirlerine göre yüksek yapı maliyetlerin birim fiyatları.



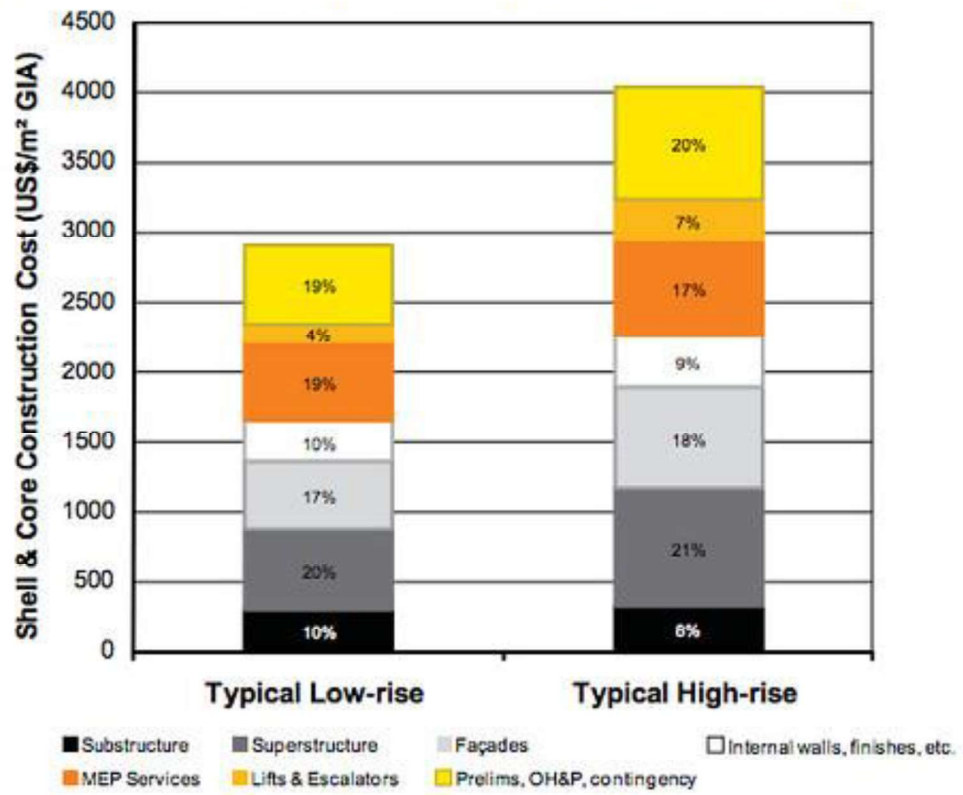
Şekil 2.31: Dünyada yüksek yapılar birim maliyet karşılaştırılması (2012).



Şekil 2.32: Dünyada yüksek yapılar yükseklik verimlilik karşılaştırılması.



Relative Elemental Costs for Low and High-rise Office Buildings (Central London)



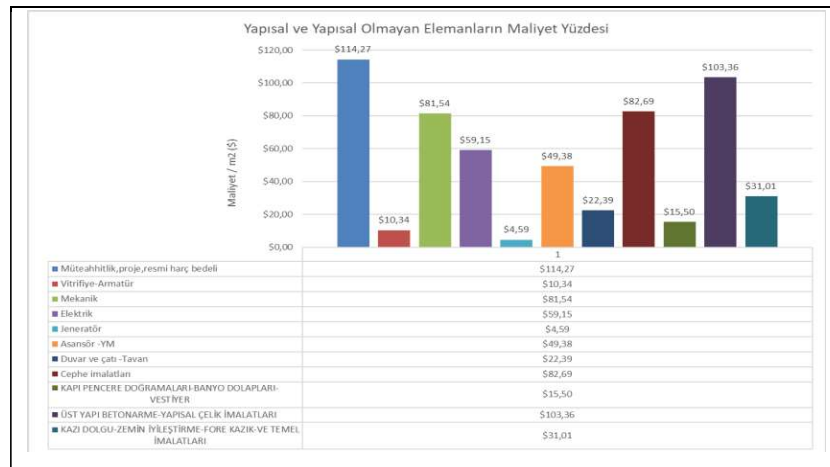
Şekil 2.33: a) Bazı şehirler için, b) Atlanta eyaleti, birim maliyet karşılaştırılması.

Tablo 2.1: İstanbul yüksek yapı birim maliyet ortalama yüzdeleri.

OFİS+KONUT YÜKSEK YAPI ORATALAMA MALİYET ORANLARI		
19,00%	MÜTEAHHİTLİK BEDELİ-PROJELENDİRME-RESMİ KURUM BEDELLERİ	
1,50%	VİTRİFİYE-ARMATÜR	
14,20%	MEKANİK İMALATLAR (HVAC-HİDROFOR-BORU İMALATLARI)	MEP SERVICES
10,30%	ELEKTRİK İMALATLAR (ALÇAK GERİLİM-TV-TELEFON -YANGIN SİSTEMLERİ)	
0,80%	JENERATÖR	
7,80%	ASANSÖR VE YÜRÜYEN MERDİVENLER	
7,20%	DUVAR VE ÇATI İMALATLARI-DUVAR VE TAVAN-DÖŞEME KAPLAMALARI	
14,40%	CEPHE İMALATLARI	
2,80%	KAPI PENCERE DOĞRAMALARI-BANYO DOLAPLARI-VESTİYER	
17,00%	ÜST YAPI BETONARME-YAPISAL ÇELİK İMALATLARI	
5,00%	KAZI DOLGU-ZEMİN İYİLEŞTİRME-FORE KAZIK-VE TEMEL İMALATLARI	

Ülkemizde en yüksek yapı olarak hala liderliğini sürdüren safir binası 266 m yükseklik ile 2011 yılında yapılmış olup 340 milyon dolara mal edilmiştir. Türkiye kurunun 2011 yılındaki durumu göz önünde bulundurulduğunda 525 milyon TL ye mal edilmiştir.

Tablo 2.2: Yapı bileşenlerinin yüzde bazında dolar üzerinden birim maliyet dağılımı.



2.10.1. Yapısal Yapı Bileşenleri

Bir binanın yapısal bileşenleri, yerçekimi nedeniyle yüklere dayanacak şekilde tasarlanmıştır, deprem, rüzgâr ve diğer yük türleri. Yapıyı bu yüklere göre yapısal mühendis veya proje mühendisi tasarlar. Bu hesaplamalar aşağıdaki yapısal elemanlara göre yapılır.

- Düşey taşıyıcılar, kolonlar gibi,
- Yatay bileşenler, kirişler, makaslar, döşemeler gibi,
- Yatay ve düşey bileşenler, perdeler, çaprazlar gibi,
- Döşemeler, çatı döşemeleri, kompozit döşemeler gibi,
- Temel sistemleri, radye temel ve kazıklı radye temel gibi,

2.10.2. Yapısal Olmayan Yapı Bileşenleri

Bir binanın yapısal olmayan bileşenleri, yapısal elemanlar dışında tüm yapı parçalarını ve içeriğini içerir. Bu unsurlar, mimarlar tarafından iç detaylandırılabilir. Tasarımcılar, makine mühendisleri ve elektrik mühendisleri bu bileşenleri proje aşamasında belirlerler. Bileşenler ayrıca yapı tamamlandıktan sonra eklenebilir.

- Yapısal olmayan bileşenler;
- Balkonlar, kaplamalar
- Pencereleler, kapılar
- Duvar bölmeleri,
- Tavan Panelleri, asma tavan çözümleri
- Camlar,
- Giydirme cepheler, vitrinler
- Hidrofor, Bina Pompaları
- Soğutucular,
- Fanlar, Klima santralleri
- Motor kontrol merkezleri,
- Güneş panelleri
- Boru tesisatı,

- Telefon hatları ve internet kabloları gibi iletişim altyapısı
- Asansörler
- Jeneratör,
- Raflar, kitaplıklar, Endüstriyel depo rafları
- Bilgisayarlar
- Serverlar,
- Duvara monte TV'ler
- Dosya dolapları
- Makine atölyesi,
- Diğer özel ekipmanlar olabilmektedir.

Bazı binalar için, depremden sonra güvenlik konusu, diğer binalara göre çok daha önemli olabilir. Bir kısım binaların da depremden sonra kullanımını devam ettirmesi gerekmektedir. Ancak, çoğu binalar yönetmeliklerin öngördüğü tasarım depreminde ve beklenen en büyük depremde büyük hasarlar alabilir.

Yapı kredi bankacılık üssü-Proje kapsamında, 4.500'den fazla enerji analizörü, 500'den fazla devre kesici, yüzlerce ortam izleme sinyali, 1500'den fazla modbus değişkeni okunmakta, kaydedilmekte ve anlık olarak raporlanabilmektedir. Scada sistemi, 2 adet yedekli sunucu çifti ile 1 adet uzun dönem arşivleme sunucusundan oluşmaktadır. Client/Server mimari ile inşa edilen Scada sisteminde; 5 adet fiziki client, 3 adet web client bulunmaktadır.

- Sistemin içeriğini oluşturan üniteler şu şekildedir:
- Orta gerilim hücreleri,
- Devre kesiciler ve Şalterler,
- UPS üniteleri,
- Klima üniteleri,
- Ortam izleme sensörleri,
- Enerji analizörleri,
- Jeneratör sistemleri,
- Yakıt otomasyonu,
- Yangın ve alarm sistemi,
- Su basma sensörleri,

Böyle bir yapıda deprem hasarlarının, yapısal elemanlardan çok yapısal olmayan elemanlar için daha büyük bir önem arz ettiği açıktır. Deprem sonrasında yapısal hasarlar oluşmasa da oluşacak olan diğer hasarlar çok ciddi mali kayıplara, banka güvenlik açıklarına, milyonlarca parasal işlemin durdurulmasına yol açacaktır. Ayrıca sistemin tekrar devreye girmesi, var olan hasarların giderilmesi için gereken sürenin önemi ciddi boyutlardadır.



Şekil 2.34: Kazan dairesi mekanik ekipmanlar.



Şekil 2.35: Havalandırma ekipmanları.

3. YAPISAL MÜHENDİSLİK ALANINDA ARAŞTIRMA YAPAN KURULUŞLAR

Dünyada çeşitli kuruluşlar yapıların karşılaştığı sorunlara çözüm arayıp yeni yollar, farklı yöntemler keşfetmek için çalışmalar yapmaktadır. Sismik tasarımda gelişmiş yeni teknikler bulmak, afetlerle mücadelede daha sağlam ve fonksiyonel yapılar elde etmek için yeni teknolojiler ve yeni sistemler geliştirmek için sürekli araştırmalarla yeni dünya düzeninde bize yol göstermektedirler. Bu kuruluşlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır;

3.1. Uygulamalı Teknoloji Konseyi

1973'te Kaliforniya Yapısal Mühendisler Birliği'nin çabalarıyla kurulmuş, kâr amacı gütmeyen, vergiden muaf bir şirkettir. ATC'nin misyonu, doğal ve diğer tehlikelere karşı toplumsal direnci artırmak için teknolojilerin ilerlemesini hayal etmek, geliştirmek ve teşvik etmektir. ATC, mühendislik çözümleriyle bilgilendirilen, doğal ve diğer tehlikelerle yüzleşmeye hazır bir toplum amacını gütmektedir.

ATC; “American Society of Civil Engineers, National Council of Structural Engineers Associations, The Structural Engineers Association of California, The Structural Engineers Association of New York, Western Council of Structural Engineers Associations” tarafından atanan temsilcilerden oluşan bir Yönetim Kurulu tarafından yönetilmektedir ve yapısal mühendislik uygulamasıyla ilgilenen dört büyük temsilcisi vardır. Her yönetici üç yıllık bir dönem görev yapmaktadır.

Proje çalışmaları, geniş bir yelpazede yüksek nitelikli danışmanlık uzmanları tarafından yürütülür, böylece akademi, araştırma ve profesyonel uygulamalardan birçok kişinin tek bir organizasyonda bulunamayacak deneyimlerini birleştirir.

ATC projeleri için finansman, devlet kurumlarından ve özel sektörden vergiden düşülebilir katkılar şeklinde sağlanır. Kuruluşun kendi web sitesinde ayrıca bağış bölümü bulunmakta olup, belli limitlerde bağış yapıldığı takdirde, yayın çalışmalarında sponsor veya destekçi olarak anılmanız sağlanmaktadır.

Kuruluş bünyesinde ayrıca Türk bir kadın mühendis bulunmaktadır. Ayşe HORTAÇSU, ATC'ye 2008 yılında katıldı ve 30'dan fazla ATC projesini yönetti, önce Araştırma Uygulamaları Yöneticisi ve son olarak da Proje Direktörü olarak görev yapmaktadır. Deprem sonrası güvenlik değerlendirmeleri, binaların sismik performans

değerlendirmesi, mevcut binaların sismik güçlendirme, yapısal olmayan bileşenlerin sismik performansı, kırılma dayanıklılığı değerlendirme ve ahşap çerçeve konutların güçlendirilmesi gibi çeşitli konularda hem ABD'de hem de yurtdışında ATC projelerine liderlik etmiştir. ATC'nin şirket merkezi, Redwood City, California'da bulunmaktadır.

3.2. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü

1901'de kuruldu ve şu anda ABD Ticaret Bakanlığı'nın bir parçası. NIST, ülkenin en eski fizik bilimi laboratuvarlarından biridir. Kongre, o dönemde ABD'nin endüstriyel rekabet gücünün önündeki büyük bir zorluğu ortadan kaldırmak için bu ajansı kurdu.

Bugün NIST, Ölçümleri tek bir insan saçının ucuna on binlerce kişinin sığabileceği kadar küçük nano ölçekli cihazlardan, depreme dayanıklı gökdelenlere ve küresel iletişim ağlarına kadar en küçük teknolojilerden en büyük ve en karmaşık insan yapımı kreasyonlara kadar birçok çalışmaya destek vermektedir.

3.3. Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center)

1996 yılında dokuz West Coast Üniversitesinden oluşan bir konsorsiyum olarak kurulmuş ve 1997 yılında Ulusal Bilim Vakfı Mühendislik Araştırma Merkezi statüsünü kazanmıştır. PEER, 2008 yılında NSF Finansmanından mezun olmuştur ve şu anda endüstriyle birlikte federal, eyalet, yerel ve bölgesel ajanslar tarafından desteklenmektedir [PEER, 2018].

PEER araştırma programı, biçimlendirilmiş performansa dayalı deprem mühendisliği metodolojisini desteklemek için veri, model ve yazılım araçları sağlamayı amaçlamaktadır. Geniş deprem mühendisliği alanında, PEER'in araştırması şu anda dört itme üzerine odaklanmıştır; bunlar, metodoloji uygulamasını desteklemek için Bina Sistemleri, Köprü ve Ulaşım Sistemleri, Yaşam Hatları Sistemleri ve Bilgi Teknolojileridir.

Web tabanlı Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) yer hareketi veri tabanı; yer hareketi verilerini aramak, seçmek ve indirmek için araçlar sağlar. PEER Merkezi Berkeley Üniversitesi Bünyesinde Yer almaktadır.

3.4. Ulusal Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı (National Earthquake Hazards Reduction Program)

NIST-Fonludur. Deprem Yapısal ve Mühendislik Araştırma Sözleşmesini Yürütmek için ATC ve CUREE Tarafından Oluşturulan NEHRP Consultants Ortak Girişim Programıdır.

Uygulamalı Teknoloji Konseyi (ATC) ve Deprem Mühendisliği Araştırma Üniversiteleri Konsorsiyumu (CUREE) ile iş birliği içinde NEHRP Danışmanlar Ortak Girişimi oluşturulmuştur. Bu oluşuma Orta Amerika Deprem Merkezi (MAE), Deprem Mühendisliği Araştırma Multidisipliner Merkezi (MCEER) ve Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma (PEER) Merkezi de destek vermektedir. Eylül 2007’de imzalanmıştır. Proje NIST tarafından finanse edilmektedir.

3.5. Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (Federal Emergency Management Agency)

1 Nisan 1979 tarihinde Başkanlık emriyle kurulan afet ve acil durum yönetimi kurumudur. ABD tarihindeki ilk federal afet yardımı yasama eylemi, Aralık 1802’de New Hampshire, Portsmouth’ta meydana gelen yıkıcı bir yangın sonrası ortaya konmuştur. Şehrin limanının geniş alanlarının tahrip olması, yeni kurulan ülkede ticareti tehdit etti. 1803’te ABD Kongresi, tahvil ödemelerini birkaç aylığına askıya alarak etkilenen Portsmouth tüccarlarına yardım sağladı. Böylece devlet yasalarıyla afet yardımının ilk adımı atıldı. 20 Temmuz 1979’da Başkan Carter, ajansa acil durum yönetimi ve sivil savunma ikili görevi vermiştir. Ülkemizde bu kurumun dengi Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığıdır [AFAD, 2019].

3.6. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

17 Haziran 2009’da Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü (TAY) yerine kurulan afet ve acil durum yönetimi kurumudur.

Kurum Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı’na bağlı olarak çalışmaktadır. Afet öncesi hazırlık ve zarar azaltma, afet esnasında yapılacak müdahale ve afet sonrasındaki iyileştirme çalışmalarının yönetim ve koordinasyonunu gerçekleştirmek, kurumun temel görev ve amacıdır.

4. YENİ NESİL YÖNTEMLERLE TASARIM

Dünyada yaşanan hızlı gelişimin sonucunda, yeni gereksinimler yeni çözüm arayışları getirdiğinden son yıllarda; bir yapının deprem sırası ve sonrasında çevresini bile ele almak kaydıyla farklı hesap yöntemleri geliştirme ve sonuçları derecelendirme Sistemleri üzerinde çalışılmaktadır. Her yaşanan afet farklı öğretilerde bulunmuş, mühendislik dünyası bu verileri yeni tasarım ve hesap yöntemlerini geliştirmede kullanmıştır. Başlangıçta, afet sonrası hasarın tespiti için kullanılan birçok yöntemin tasarım öncesinde kullanımının hasarı önleyeceği, minimize edeceği görülmeye başlanmıştır.

Performansa göre tasarım yaklaşımı, yüksek yapılar ile ilgili yaygınlaşan uygulamalar ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yönteminin yaygınlaşması durumu bir arada değerlendirildiğinde yüksek yapıların performansa göre tasarımı için çeşitli belgelerin yayınlandığı görülmektedir. Yayınlanan dokümanlar genel olarak yüksek yapıların tasarımı veya değerlendirilmesi için sahaya ilişkin deprem risk değerlendirmesi yapılarak farklı deprem düzeyleri için zemin bağımlı deprem tasarım spektrumları elde edilmesini talep etmektedir (Fahjan vd., 2011).

Kaliforniya Yapısal Mühendisler Birliği (SEAOC), ATC ve Kaliforniya Deprem Mühendisliği Araştırma Üniversiteleri (CUREE) arasındaki bir ortaklık olan SAC Ortak Girişimi, 1994 Northridge depreminden sonra çok sayıda çelik çerçeveli binada moment kaynaklı bağlantıların arızasını araştırmak için çalışmalar yapmıştır. Çalışma FEMA ve California OES tarafından finanse edildi. Bunu izleyen birçok çalışma yayınlanmaya devam etti.

Mevcut yeni nesil performansa dayalı prosedürlerin temeli, Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA) raporu, FEMA 273 ve NEHRP Binaların Sismik Rehabilitasyonu için Kılavuz İlkeler ile atıldı. Hasar görebilirlik ve değişen seviyelerde sismik tehlike ile ilgili performans seviyeleri kavramları ve mevcut binaların sismik güçlenmesi ele alındı ve böylece başlangıç için ana hatlar verilmiş oldu.

2000'lere gelindiğinde SAC Ortak Girişimi, ülke çapında çelik tasarım ve inşaat uygulamalarını değiştiren teknik ve arka plan belgelerini destekleyen FEMA 353 serisi raporlar aracılığıyla FEMA 350'yi üretti.

Yine 2000 yılında FEMA 356, “Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings” yayınlandı.

Haziran 2005’te FEMA 440, “Improvement Of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” yayınlandı.

Eylül 2005’te “The Structural Design of Tall and Special Buildings (Vol 14, Number 3, Editor Gary C. Hart)” yayınlandı.

2007’de ASCE/SEI 41-06, “Seismic Rehabilitation of Existing Buildings 13-17” yayınlandı.

2001 yılında, Uygulamalı Teknoloji Konseyi (ATC), Yeni ve Mevcut Binalar için Yeni Nesil Performansa Dayalı Sismik Tasarım Prosedürlerini geliştirmek için Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA) ile yapılan bir dizi sözleşmenin ilkinin aldı. Bu projeler ATC-58 Serisi Projeler olarak bilinecektir.

2012 yılında FEMA tarafından finanse edilen FEMA P-58 ‘Binaların Sismik Performans Değerlendirmesi, Metodoloji ve Uygulaması’ adlı klavuz yayınlandı. 10 yıldan fazla süren çalışma çabalarının ürünü olan ATC-58 serisi, tepkiyi doğru bir şekilde tahmin etme kabiliyetimizdeki belirsizliği hesaba katan ve ilgili birimlerin performans ihtiyaçlarını daha iyi irdeleyen münferit binaların sismik performans değerlendirme için yeni nesil bir sistem geliştirdi.

Yapısal hasar riskini azaltma konusunda ilk çalışmalar, ABD’de meydana gelen 1906 San Francisco ve 1926 Santa Barbara depremlerinde parapet ve dış duvar hasarını gördükten sonra ortaya çıktı. Yapısal olmayan elemanlardan kaynaklı sonuçlar o zamana kadar ortaya çıkmamıştır. Riskleri azaltmak için yönetmelikler ve kod hükümleri sürekli revize edilmektedir.

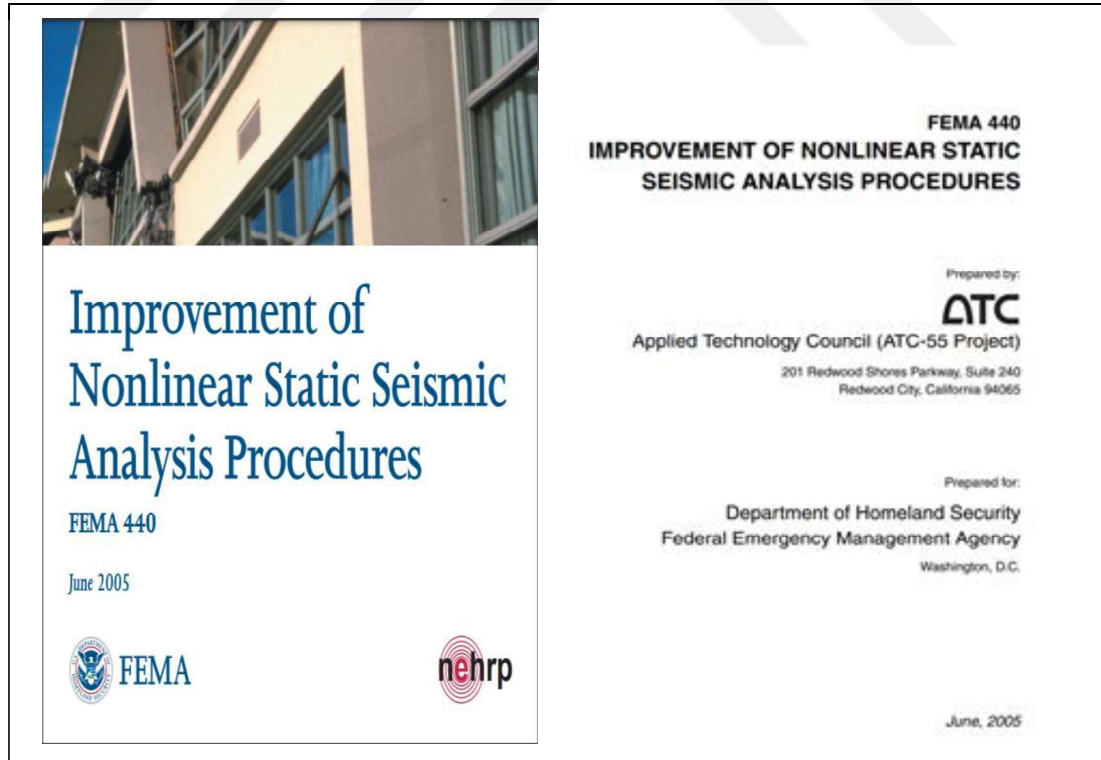
Yapısal olmayan elemanların hasarının önemi yaygın olarak ihmal edilir ve çoğu ülkede gerekli önlemler alınmaz. Günümüzde Türkiye’de yapısal olmayan hasarlarla ilgili olarak yayınlanan hiçbir yerel yönetmelik yoktur. Bu nedenle, Yapısal hasarın azaltılması konusunda en geniş bilgiye sahip olmak için, bu gibi çalışmalarda “[FEMA E-74] Yapısal Olmayan Elemanların Deprem hasar Riskini Azaltma” hükümleri aşağıda verilen referanslarla birlikte kullanılmaktadır.

- FEMA 397: Ofis Binalarında Artımlı Sismik Rehabilitasyon
- FEMA 420: Artımlı Sismik Rehabilitasyon İçin Mühendislik Kılavuzu
- FEMA 412: Mekanik Ekipman İçin Sismik Sınırlamalar Kurma
- FEMA 413: Elektrikli Ekipmanlar İçin Sismik Sınırlamalar Kurma

- FEMA 414: Kanal ve Boru İçin Sismik Sınırlamalar Takma
- FEMA 154/155: Potansiyel Sismik Tehlikelere Yönelik Binaların Hızlı Görsel Gösterimi
- FEMA 460: Alanlarda Bulunan Çelik Depolama Raflarında Sismik Konular
- ASCE 41-06 Mevcut Binaların Sismik Rehabilitasyonu

Ülkemizde yaşanan 1999 Gölcük Depremi sonrasında, deprem araştırmaları hız kazanmış yeni yönetmelik ve standartlarla köklü değişikler yapılmıştır. 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, sonrasında da şu an yürürlükte olan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği bu çalışmaların ürünüdür.

Yüksek binaların tasarımı için ülkemizde 1 Ocak 2018 de yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği kullanılmaktadır. [TBDY, 2018]. Bunun yanında uluslararası kaynak olan “Tall Buildings Initiative” den de yararlanılmaktadır [TBI, 2010]. Bu yönetmelikler yüksek binalar için performans dayalı tasarım ilkelerinin uygulanmasını gerektirmekte ve taşıyıcı sistem tasarımının doğrusal olmayan dinamik zaman tanım alanında analizleri ile yapılmasını istemektedir.



Şekil 4.1: FEMA 440 Doğrusal olmayan statik analiz prosedürü kitabı.

Tablo 4.1: ATC adlı kuruluşun halihazırda tamamlanmış ve halen devam eden çalışmalarından bazıları.

ATC-20	Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings	Applied Technology Council (ATC)	ATC	ATC-137 Series	Technical Training and Product Development	Federal Emergency Management Agency	FEMA
ATC-20-1 Bhutan	Development of Field Manual: Postearthquake Safety Evaluation of Buildings: Bhutan Edition	World Bank's Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)	GFDRR	ATC-138 Series	Support of Performance-Based Seismic Design of Buildings	Federal Emergency Management Agency	FEMA
ATC-45	Field Manual: Safety Evaluation of Buildings After Wind Storms and Floods	Applied Technology Council (ATC)	ATC	ATC-139	Investigation of Project 17 Duration Effects	ATC Endowment Fund	ATC
ATC-52-2 (CAPSS)	Community Action Plan for Seismic Safety (CAPSS) Project	San Francisco Department of Building Inspection		ATC-140 Series	Update of Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings Guidance	Federal Emergency Management Agency	FEMA
ATC-58 Series	Development of Next Generation Performance-Based Seismic Design Procedures for New and Existing Buildings	Federal Emergency Management Agency	FEMA	ATC-141	Reconnaissance Following the September 19, 2017 Puebla Earthquake in Mexico City	ATC Endowment Fund	ATC
ATC-60	SEAW Commentary on Wind Code Provisions	Structural Engineers Association of Washington		ATC-144	Soil Structure Interaction Design Guide	Federal Emergency Management Agency	FEMA
ATC-63-1	Quantification of Building System Performance and Response Parameters - Development and Beta Testing of Component Staircase Methodology	Federal Emergency Management Agency	FEMA	ATC-145 Series	Guide for Repair of Earthquake Damaged Buildings to Achieve Future Resilience	Federal Emergency Management Agency	FEMA
ATC-64	Development of Design and Construction Guidance for Special Facilities for Vertical Evacuation from Tsunamis	Federal Emergency Management Agency	FEMA	ATC-146	Steel Buildings in the Central and Eastern United States Designed for Controlling Wind Loads to Evaluate Their Seismic Performance	National Institute of Standards and Technology	NIST
ATC-66 Series	NETAP (National Earthquake Technical Assistance Program) Training	Federal Emergency Management Agency	FEMA	ATC-148	Building Technical Capacity in Central Asia to Design Risk-Informed Public Infrastructure Investments at Scale	World Bank	
ATC-67-4	Rapid Observation of Vulnerability and Estimation of Risk	Federal Emergency Management Agency	FEMA	ATC-149	Coastal Inundation Events in Developed Regions	University of Notre Dame, National Institute of Standards and Technology	NIST
ATC-68 Series	Development of FEMA E-74: Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage - A Practical Guide	Federal Emergency Management Agency	FEMA	ATC-150	Improving the Nation's Lifelines Infrastructure to Achieve Seismic Resilience	National Institute of Standards and Technology	NIST
				STARR II JV	Strategic Alliance for Risk Reduction (STARR) II Joint Venture, Production and Technical Services (PTS) for Architect and Engineering Services Nationwide Contract	Federal Emergency Management Agency	FEMA
				ATC-SME	Support for FEMA Earthquake Subject Matter Experts (SMEs) - Seismic Technical Guidance Development and Support	Federal Emergency Management Agency	FEMA

4.1. Performansa Göre Tasarım Yöntemi

Her bina projesi benzersizdir ve performans bazlı bir projenin maliyetlerini, performans bazlı yöntemler kullanılmayan bir proje ile karşılaştırmak genel anlamda mümkün değildir. Bazı durumlarda, performans bazlı sismik mühendisliğe yapılan erken yatırımlar inşaat aşamasında maliyet tasarrufu sağlar. Diğer taraftan, daha büyük sismik esnekliğe yatırım yapma kararları daha pahalı bir yapı projesine yol açabilir.

Performansa göre tasarımda esas olan, binanızı depremden sonra nasıl bulmak istediğinizdir. Buda zaten yapınızın performansı ile ilgilidir. Bu performansların seçiminde yapıların önem değerleri kadar yatırımcının da istekleri önemlidir. Performans, bir binanın deprem sırasında göstereceği davranışta alacağı hasar miktarına bağlıdır.

Günümüzde kullanılan geleneksel tasarım metodlarından en yaygın olanı kuvvete dayalı tasarım yöntemidir. Ancak şu bilinmektedir ki deprem sonucunda oluşan yatay kuvvetler, yapıda yatay deplasmanlara, bu deplasmanlar da binada yapısal ve yapısal olmayan hasarlara neden olmaktadır. Bu hasar potansiyelini kuvvete dayalı tasarım ile kontrol altında tutabilmek yer değiştirmeye dayalı tasarıma göre

daha zordur. Kuvvete dayalı tasarımda, ön boyutlar belirlenir, daha sonra yapısal periyot ve elastik ivme spektrumu kullanılarak, elastik spektral ivme katsayısı bulunur ve en sonunda elde edilen yatay deprem kuvvetlerine göre yapı tasarlanır. Yer değiştirme kontrolü ise en son yapılır. Oysa yer değiştirmeye dayalı tasarımda, tasarıma hedef bir yer değiştirme seçilerek başlanır.

Sıra dışı geometri ve boyutlara sahip, özel fonksiyonlara sahip, afet sonrası işlevini sürdürmesi gereken, yüksek deprenselliğe sahip bölgelerde inşa edilecek, çok katlı ve yüksek yapıların tasarımında, tipik yapılar için hazırlanmış yönetmeliklerin kullanılması ekonomik olmayan ve mühendislik açısından uygun olmayan çözümler ortaya çıkarabilir. Bu tür yapıların tasarımında performans dayalı tasarım mühendislik açısından daha doğru bir yaklaşımdır. Bu tasarım yaklaşımı kapsamında, işveren ile performans hedeflerini belirler, bu hedefler doğrultusunda doğrusal olmayan analiz yöntemlerini kullanarak tasarımın gerçelliğini kontrol ederiz. Ayrıca mevcut yapıların değerlendirilmesi de yine performans dayalı tasarım yaklaşımıyla ele alınabilir.

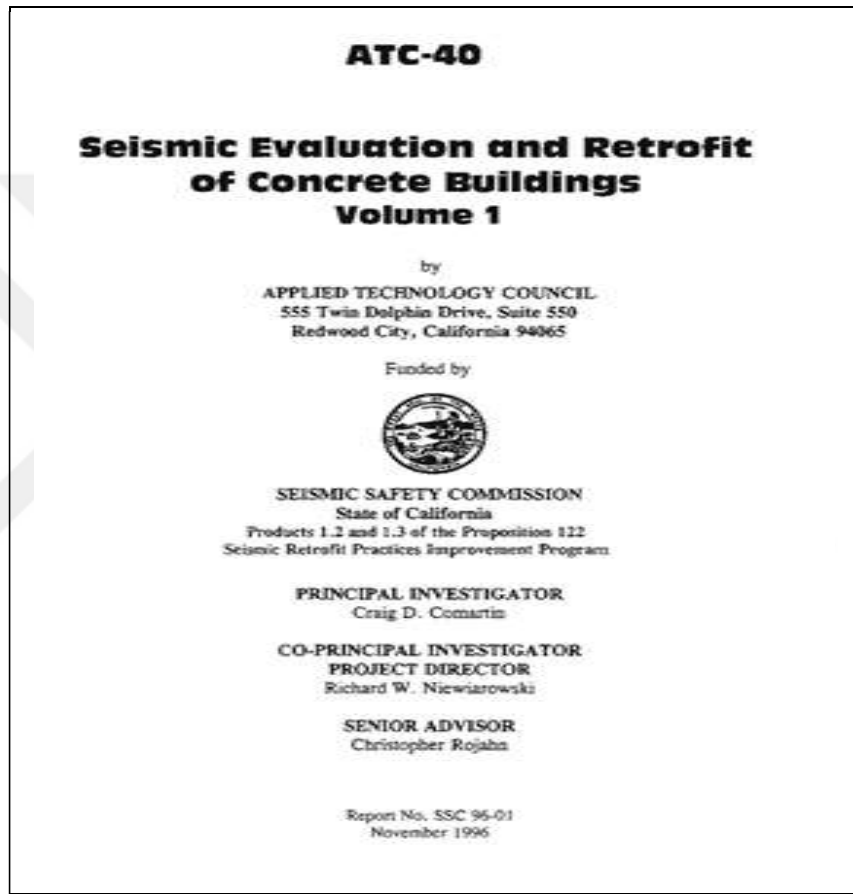
Performansa göre tasarımın yönetmeliğe baskın olarak girmesi şekil değiştirmelerin hesaplanmasını da gerektirir. Çünkü hasar dediğiniz şey aslında şekil değiştirmedir. Siz hasarlı bina dediğinizde aslında şekil değiştirmiş bina denektesiniz. Yapının performansını da yapıda oluşması muhtemel hasarlar belirler. Dolayısıyla mühendis yapı performansına karar verirken aslında depremde yapıda ne kadarlık bir hasar istendiğinin de kararını vermektedir.

Yönetmeliğin minimum şartları ile sağlanandan daha yüksek deprem performans hedefi isteniyorsa, yapısal sistemin kendisi, minimum yönetmelik uyumlu bir yapıdan daha pahalı olabilir. Ancak, bu her zaman böyle değildir. Bazen, tasarıma harcanan ekstra zaman, daha büyük veya daha pahalı yapısal elemanlar gerektirmeyen daha iyi performans gösteren bir yapıya neden olabilir.

Tüm tasarım ekibi üyelerinin, ideal olarak işbirlikçi bir tarzda, istenen bina performans hedeflerini belirleme, analiz etme ve karşılaştırma yapma konusuna düşünce ve zaman ayırması gerekecektir. Bu, genellikle bu görevleri içermeyen projelerden daha fazla zaman gerektirecektir.

Cepheler araç gereçler ve yangın koruma sistemleri gibi yapısal olmayan elemanlar ve içerikler için, bu sistemlerin her birinin performans hedeflerine ulaşmasını sağlamak, tasarım ekibi üyeleri tarafından uzun sürebilecek bir süreç ihtiyacı duyan bir analiz gerektirebilir.

Deprem Hareketi Performansa dayalı değerlendirmede ve tasarımda dikkate alınmak üzere, farklı düzeylerde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Deprem hareketini açıklamak için deprem oluşma ihtimali ile deprem büyüklüğünün her ikisinin birden kullanılması (probabilistik yaklaşım) veya belirli bir fay üzerinde sadece bir kez meydana gelmesi beklenen maksimum sarsıntı (deterministik yaklaşım) kullanılabilir. Deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içerisindeki aşılma olasılıkları ve benzer depremin oluşması arasındaki zaman aralığı-dönüş periyodu- ile tanımlanırlar.



Şekil 4.2: ATC 40 kılavuzu.

ATC 40 kılavuzunda yer hareketi, üç başlık altında toplanmıştır.

4.1.1. Kullanım (Servis) Depremi

50 yıllık bir zaman diliminde meydana gelme olasılığı %50 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu 72 yıl olan bu depremin binanın ömrü boyunca ortaya çıkma ihtimali çok yüksektir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yarısıdır.

4.1.2. Tasarım Depremi

50 yılda aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 475 yıldır. Bu depremin binanın ömrü boyunca ortaya çıkması sık görülmeyen bir olaydır. 1998 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinde de esas alınan depremdir.

4.1.3. Maksimum (En büyük) Deprem

FEMA 273'te 50 yıllık bir zaman diliminde meydana gelme olasılığı %2 olarak tanımlanan, ATC 40'a göre de belirli bir bölgede jeolojik bilgiler ışığında meydana gelebilecek olan dönüş periyodu 1000 yıl olan ve 50 yılda aşılma olasılığı %5 olan depremdir. Bu depremin etkileri tasarım depremin yaklaşık 1.25-1,5 katı kadardır. Deprem yönetmeliklerinde, tasarım depreminin etkisinin, bina önem katsayısı ile artırılmasıyla böyle bir deprem tanımlanmaya çalışılır.

4.1.4. TBDY2018'de Deprem Düzeyleri

Deprem düzeyleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 3 Simgeler kısmında açıklanmıştır [TBDY, 2018].

4.1.4.1. DD1 deprem düzeyi

Bu deprem düzeyi, binaların maruz kalabileceği en şiddetli deprem yer hareketlerini ifade eder. DD1 düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşılık gelen dönüş periyodu 2475 yıldır.

4.1.4.2. DD2 deprem düzeyi

Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ama şiddetli deprem yer hareketlerini ifade eder. D2 düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşılık gelen dönüş periyodu 475 yıldır.

4.1.4.3. DD3 deprem düzeyi

Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, görece olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade eder. DD3 düzeyindeki depremin 50 yılda aşım olasılığı %50, buna karşılık gelen dönüş periyodu 72 yıldır.

4.1.4.4. DD4 deprem düzeyi

Bu deprem düzeyi, binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, görece olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade eder. DD4 düzeyindeki depremin 50 yılda aşım olasılığı %68, buna karşılık gelen dönüş periyodu 43 yıldır.

Tablo 4.2: Deprem tasarım sınıflarına göre performans düzeyleri.

Deprem Yer H. Düzeyi	(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)			
	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(6,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

Performans, bir binanın deprem sırasında göstereceği davranışta alacağı hasar miktarına bağlıdır. Performansa Göre Tasarım ve Değerlendirme, (şimdiki durum) Kesintisiz Kullanım, Sınırlı Hasar, Kontrollü Hasar, Göçmenin Önlenmesi gibi seviye hedefleriyle inceleme yapar, amaç tanımlanmış performans hedeflerinin gereksinimlerini sağlamak ve kontrol etmektir.

4.2. Bina Performans Düzeyleri

Yüksek binaların performans düzeyleri, deprem etkisi altında meydana gelmesi beklenen hasarlara bağlı olarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 3.4'te tanımlanmıştır.

4.2.1. Kesintisiz Kullanım

Kesintisiz kullanım performans düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi ile yapısal ve yapısal olmayan hiçbir hasar meydana gelmemesi veya meydana gelecek hasarın çok sınırlı düzeyde olması durumunu tanımlayan performans düzeyidir.

4.2.2. Sınırlı Hasar

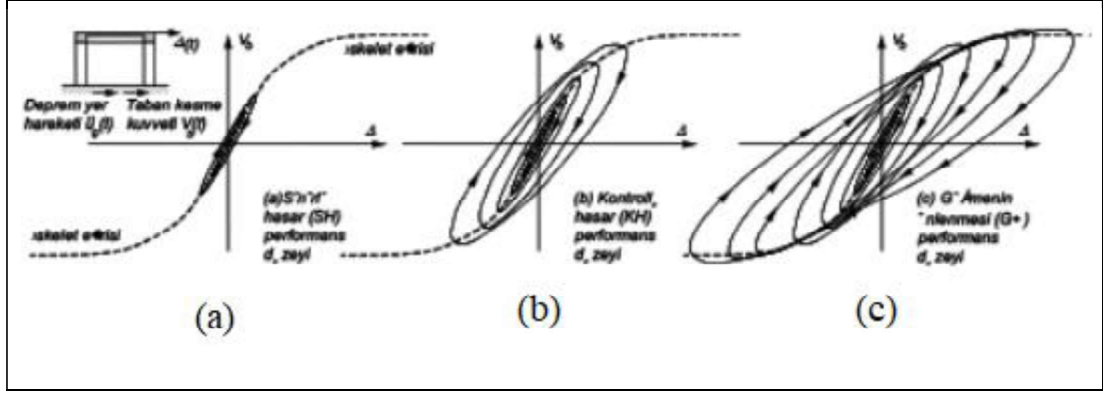
Sınırlı Hasar performans düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi ile yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda meydana gelecek hasarın çok sınırlı düzeyde olması durumunu tanımlayan performans düzeyidir.

4.2.3. Kontrollü Hasar

Kontrollü hasar / can güvenliği performans düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında sınırlı ve onarılabilir düzeyde yapısal ve yapısal olmayan hasarın meydana gelmesine izin verilen performans düzeyi olarak tanımlanır. Bu durumda yüksek binaların kullanımında kısa süreli aksamaların meydana gelmesi normaldir.

4.2.4. Göçmenin Önlenmesi

Göçme güvenliği performans düzeyi, yüksek binalarda ve bunları oluşturan elemanlarda deprem etkisi altında göçme öncesinde meydana gelen ileri derecedeki yaygın hasarı temsil etmektedir. Bu durumda yüksek binaların kullanımında uzun süreli aksamaların meydana gelmesi, hatta kullanımına son verilmesi mümkündür.



Şekil 4.3: Yönetmeliklerdeki (a) SH, (b) KH, (c) G+ performans düzeyleri.



Şekil 4.4: Bina performans seviyeleri.

Tablo 4.3: Geleneksel tasarım ve performans bazlı tasarım karşılaştırmaları.

KAYIP TÜRÜ	YÖNETMELİK TABANLI YAKLAŞIM	PERFORMANS TABANLI YAKLAŞIM
Yapısal Hasar	Büyük depremde can güvenliğini sağlayacak seviyededir.	Bina yapısındaki muhtemel hasar seviyesini kontrol eder ve değerlendirir.
Yapısal Olmayan Hasar	Bazı bileşenler için montaj bilgisi verilmiştir bir çoğu için verilmemiştir.	Binanın yapısal olmayan elemanlarına ve içeriğine olası hasar derecesini kontrol eder ve değerlendirir.
Can Kaybı ve Yaralanmalar	Yeni binalarda, bina sakinlerinin güvende olması beklenmektedir. Mevcut binaların güçlendirilmesi, can güvenliği artırmayı amaçlamaktadır ancak güvenliği garanti etmemektedir.	Bina hasarı nedeniyle ölüm veya yaralanma olasılığını kontrol eder ve değerlendirir.
Mali Kayıplar	Değerlendirmez.	Hasar kaynaklı muhtemel mali kayıpları kontrol eder ve değerlendirir.
Kullanım Dışı İhtimali	Değerlendirmez.	Binaya girişi ve kullanımı kısıtlayan 'Kullanım Dışı' ilan edilebilme olasılığını kontrol eder ve değerlendirir.
Onarım Süresi	Değerlendirmez.	Olası onarım sürelerini, bir binanın ne kadar süre kullanılamayacağını ve bir binanın yıkılması olasılığını belirleyen faktörleri değerlendirir ve kontrol eder. Onarım, yıkım ve yeniden yapımdan kaynaklanan olası harcanan enerji ve karbon etkilerini kontrol eder ve değerlendirir.
Çevresel Etkiler	Değerlendirmez.	

4.3. Performansa Dayalı Tasarımda Yeni Gelişmeler

Geleneksel olarak yapı mühendisleri, çoğunlukla büyük ölçekli bir deprem boyunca hasara dayanabilecek yapılara odaklanır. Buna rağmen, zaman içinde görüldü ki, bina içindeki yapısal olmayan öğeler de deprem hasarına neden olmaktadır. Ayrıca, bina sakinlerinin güvenliği için bir risk oluşturabilir ve yapının kendisi ayakta kalmış olmasına rağmen ciddi maliyetlere neden olabilir. Ayrıca deprem sonrasında binaların

nasıl hizmet vermeye devam edeceği bunların yatırımcıya nasıl ve ne şekilde yansıtacağı henüz tam anlamıyla üzerine eğilinmiş bir konu değildir.

Yüksek yapılarda en küçük bir detayın bile ciddi maliyetler oluşturabileceği göz önünde bulundurulduğunda maliyet analizlerinin yapılması ciddi bir önem arz etmektedir. Ama daha da önemlisi yapılan bu yatırımların nasıl korunacağı ve olası bir afet sonrasında geri toparlanmanın zaman ve maliyet açısından bedelleri, yapıda ciddi tedbirlerin daha en başında alınması gerektiğini gözler önüne sermektedir. Zira mimari ve mekanik bileşenler bir binanın mülk zararlarının %60-70'inden fazlasını oluşturabilir. Kayıp giderleri ve iş kesintisi maliyetleri binanın değerini aşabilir.





Deprem sonrası binaların durumunu analiz etmek için yapılan çalışmalar ve bu çalışmalardan biri olan Fema P58 yöntemi; Uygulamalı Teknoloji Konseyi (Applied Technology Council-ATC) tarafından Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (Federal Emergency Management Agency-FEMA) için ATC-58 serisi projeler kapsamında hazırlanan çalışmalar esas alınarak oluşturulmuştur. Fema P58 olarak adlandırılan bu yöntem, yeni binaların tasarım aşamasında ve mevcut binaların halihazırda yapısal ve yapısal olmayan tüm bileşenlerin depremden sonraki durumları, depremden sonra binanın eskisi gibi yeniden kullanılabilir duruma getirilmesi için gerekli süreç ve maliyetleri ile ilgili geniş kapsamlı bilgiler ışığında mülk sahibi, yatırımcı yahut tasarımcıya doğru bir tasarım ve risk yönetimi sağlamaktadır.

Bu klavuz ile deprem sonrası binanın yapısal performansının yanı sıra, binada yapısal olmayan elemanların ve binanın hizmet vermesi için gereken zaman ve maliyet hesaplarının irdelenmesini ve derecelendirilmesini sunmak amaçlanmıştır.

4.4. FEMA-P58 Metodolojisi Nedir?

Afetlerin ülkelere getirdiği giderek artan maliyeti azaltmak için, kayıpları gerçekleşmeden önce, yapıları beklenen afetlere dayanacak şekilde inşa ederek kayıpları önlemek, maliyeti azaltmanın temel bileşenlerinden biridir ve afetlerin ülkeler üzerindeki etkisini azaltmanın gerçekten etkili tek yoldur. Depremden kaynaklanan hasarı azaltmak ve diğer benzer afetler için kullanılacak en umut verici araçlardan biri, Performansa Dayalı Sismik Tasarımdır. Gelecekteki depremler sonucu oluşabilecek Can güvenliği, kullanım süresi ve ekonomik kayıp konusunda gerçekçi ve güvenilir bir anlayışa sahip binaların tasarımına ve yapımına izin veren bir konsepttir.

FEMA P58 metodolojisi her bir yapı bileşeni bazında hasar görme yüzde tahminlerini farklı deprem seviyeleri altında irdelememize böylece yeni nesil yöntemlerde yapının her bir parçasının nasıl davranacağını haritasının çıkarılabilmesine olanak sağlar. Ayrıca hasar gören bileşenlerde tekrar yapım maliyetleri ve onarım süreleri hakkında olasılıksal verilerle afet sonrası kullanım raporuna ışık tutar. FEMA P58 kılavuzu yapısal olmayan elemanları da analize dahil ederek hesaplama yapılmasını ve bu sonuçların derecelendirme programlarıyla yorumlanarak bir yapıyı ve süreci bütünüyle simule etmeyi amaçlamaktadır. Bu metodoloji, her bir yapı elemanının hasar durumuna ne kadar maruz kaldığına dair toplam kaybın dökümünü verir. Kabul edilemez kayıplar belirlendikten sonra, tasarım ekibi seçim ve spesifikasyonuna yardımcı olmak için alternatif tasarım seçenekleri arar, kaplamalar, ankraj sistemleri ve malzemelerin performansı açıkça karşılaştırılabilir. Şekil 4.5 de performans ölçüleri ve etklileri gösterilmiştir. [Toprak, 2019]

Performans Ölçüleri ve Etkenleri	
• Can kaybı / ağır yaralanmalar	
• Onarım maliyetleri	
• Binanın tekrar kullanımı için geçen süre	
• Çevresel etki	

Şekil 4.5: Yapısal ve yapısal olmayan elemanların performans ölçüleri ve etkenleri.

4.5. Fema P58'in İçeriği

2012 yılında tamamlanan bu projenin 1.Aşaması, FEMA P-58, Binaların Sismik Performans Değerlendirmesi [FEMA P-58-1, 2018], [FEMA P-58-2].

- Cilt 1- Metodoloji,

- Cilt 2- Uygulama Kılavuzu ve bir dizi destekleyici elektronik malzeme ve arka plan teknik bilgilerini içeriyordu.
- Cilt 3- Elektronik Malzemeleri ve Arka Planı Destekleme Dokümantasyonu bu metodolojinin pratik uygulaması için, bina envanter verilerini bulmaya, belirli bir deprem sarsıntı olasılığını veya yoğunluğunu girmeye, belirli kırılgenlikleri ve sonuçları uygulamaya yardımcı olmak için Performans Değerlendirme Hesaplama Aracı veya PACT olarak adlandırılan ve her bir yapı bileşeni ve çok sayıda verinin ve olasılığın sonuçlarını mantıksal bir formatta sunan, elektronik bir aracın geliştirilmesini içeriyordu [PACT, 2019]. FEMA P-58 metodolojisi, herkes tarafından anlaşılabilen performans ölçütlerini kullanır. Bu performans ölçütleri, binaya verilen hasarın miktarı ve bu hasarın sonuçlarıyla ilişkilidir. Potansiyel kayıplar, kullanım veya kullanım kaybı, onarım süresi ve yeniden inşa maliyetleri gibi kavramlarla tanımlar yapar.
2018'e gelindiğinde bu projenin 2. Aşaması tamamlandı, FEMA P-58 sismik performans değerlendirme metodolojisi, performansa dayalı sismik tasarım kılavuzlarını geliştirmesi için kullanıldı. Bu beş yıllık çaba, aşağıdaki ürünlerin geliştirilmesini içeriyordu:
- Cilt 4- Çevresel Etkileri Değerlendirme Metodolojisi, deprem sarsıntısının neden olduğu hasarın onarımıyla ilişkili diğer sonuçların yanı sıra çevresel etkilerin değerlendirmesini dahil etmek için önerilen bir metodolojiyi açıklar.
- Cilt 5- Yönetmeliklere uygun binaların, beklenen sismik performans Değerlendirmesi, Yönetmeliklere uygun binaların, beklenen sismik performansını ölçmek için FEMA P-58 sismik performans değerlendirme metodolojisini, mevcut bina yönetmeliğinin sismik hükümlerine uygun yapıları temsil eden bir dizi bina arketipine uygulayan, Sismik performansa katkıda bulunan faktörleri belirleyen ve basitleştirilmiş performansa dayalı tasarım kılavuzu için teknik temel bilgileri sağlar.
- Cilt 6- Binaların Performansa Dayalı Sismik Tasarım Esasları, FEMA P-58 metodolojisini kullanarak binaların performansa dayalı sismik tasarımının uygulanması konusunda tasarım profesyonellerine rehberlik eden bir tasarım kılavuzu olan, performansa dayalı sismik tasarım süreci, uygun performans hedeflerinin seçimi, sismik kuvvete dirençli sistemlerin seçimi, uygun rijitlik ve

mukavemetin belirlenmesi, tasarım yeterliliğinin nihai doğrulaması gibi konular içerir.

- Cilt 7- Sismik Tasarım ve Değerlendirme için Son Teknoloji Araçlara Yönelik Kılavuz, ihtiyacınız olan performans seviyesi nedir? performansa dayalı bir yaklaşım kullanarak proje yöneticilerinin ve karar vericilerin bilmeleri gereken bilgileri sunar.
- FEMA P-58 Arka Plan Belgeleri, teknik bilgileri belgeleyen bir dizi rapordur. FEMA P-58 metodolojisinin ve uygulamasının temel yönleri için arka plan ve kaynak bilgileri sağlar. Bu raporlar, 10 yıllık ATC-58 / ATC-58-1 boyunca geliştirilmiştir.

Arka Plan Belgeleri, danışmanlar tarafından geliştirilmiş olup, proje hiyerarşisi, şu sonuçların raporlanması:

- Teknik geliştirme protokollerine ilişkin kararlar;
- Metodolojinin temel yönlerinin geliştirilmesine odaklanmış çalışmalar;
- Belgeleri önerilen prosedürler
- Yapısal alanların geliştirilmesi için mevcut verilerin toplanması ve yapısal olmayan kırılmalıklar.

Başlangıçta, üretildikleri sırada teknik bilgi durumunun bir kaydı ve nihai proje raporlarının geliştirilmesi için kaynak olarak hizmet vermeleri amaçlanmıştı.

Bu nedenle, zaman içinde bir anlık görüntüyü temsil ederler ve teknik içerik, önerilen prosedürler veya nihai metodoloji ve uygulamasına dahil edilen verilerle eşleşebilir veya eşleşmeyebilir.

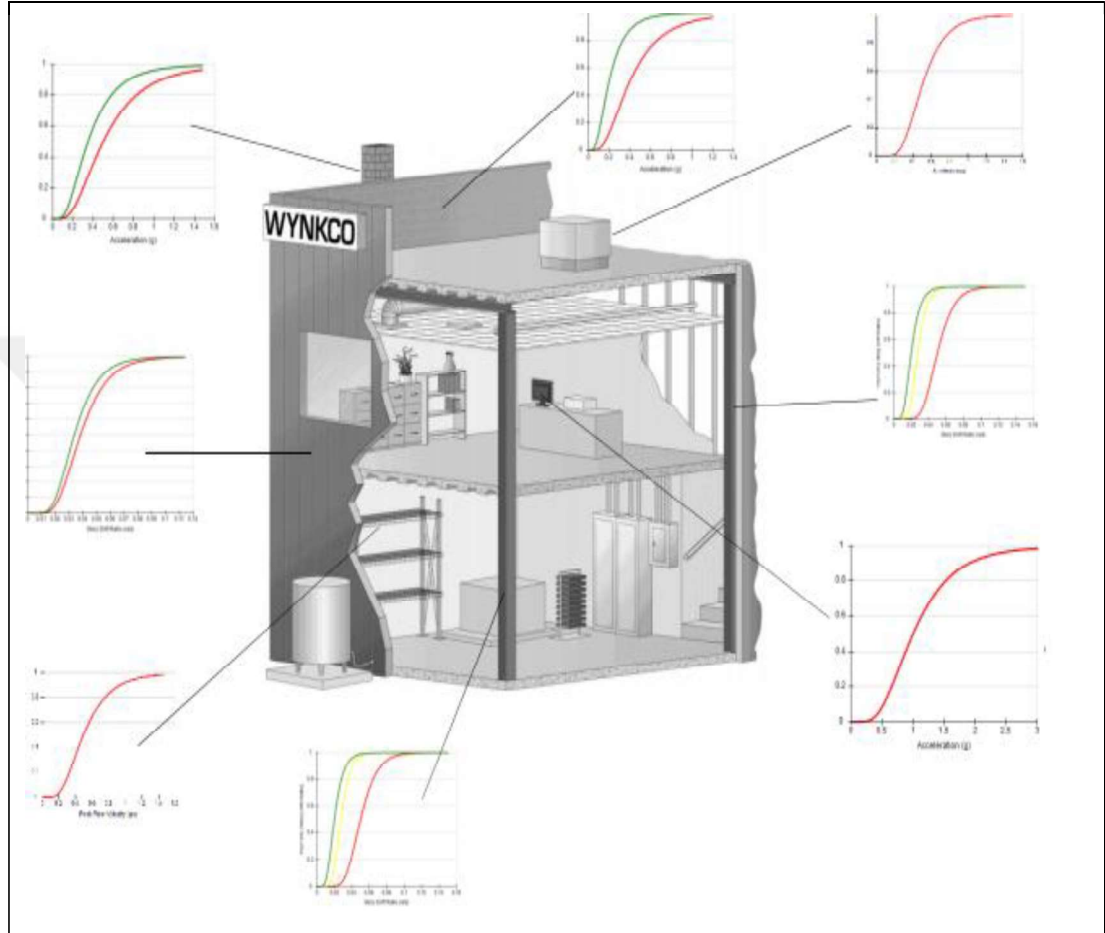
Çeşitli uyarı notları ile belgelerin geçerlilik seviyesine dikkat çekilmiştir.

Bu Arka Plan Dokümanı, FEMA P-58 metodolojisinin kullanıcılarına ek bilgi sağlama amacına yöneliktir. Burada yer alan bilgilerin doğruluğu bağımsız bir belge olarak bağımsız olarak doğrulanmamıştır ve metodoloji içindeki nihai uygulamasında yerini almış olabilir

Özellikle yapısal olmayan belirli durumlarda bileşen kırılmalıkları, NISTIR kırılmalık sınıflandırması numaralandırma şeması proje süresince değiştirilmiştir ve

bu belgede atanan kırılmalık sınıflandırma numarası, nihai kırılmalık veri tabanında atanan numaralardan farklı olabilir.

Bilginin kullanıcıları, bu belgedeki verilerin kullanımından kaynaklanan tüm sorumluluğu üstlenir.



Şekil 4.6: Yapısal ve yapısal olmayan elemanlar ve bunlar için kırılmalık eğrileri.

4.6. “Performance Assessment Calculation Tool” Nedir?

PACT, tamamen VB 6.0 ve Fortran kodlu, açık kaynaklı, mühendis dostu bir yazılım sistemi olarak tasarlanmıştır.

Çok büyük bir çabanın küçük bir parçasıdır. (ATC-58) PACT, PEER PBEE metodolojisinin bir uygulamasıdır.

Yeni Nesil Performansa Dayalı Sismik Tasarım Kılavuzlarının Geliştirilmesi için hesaplama aracıdır.

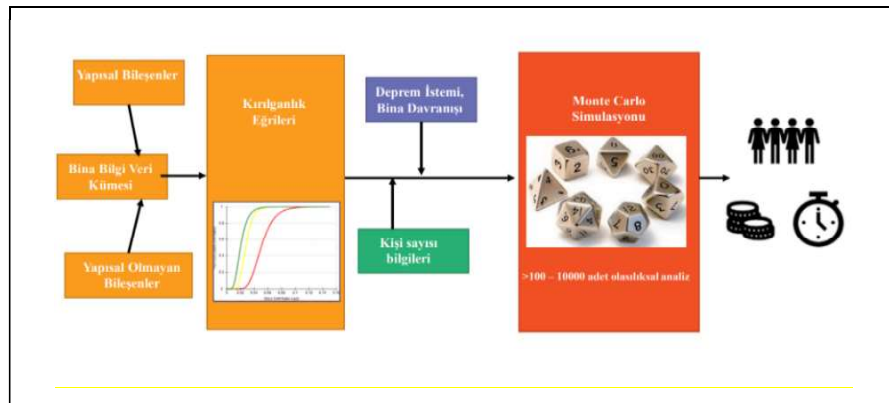
PACT, çok Temel Yapı Bilgilerini toplar ve depolar Tanımlanması gereken temel oranlar ve ölçülerini (plan boyutları, kat yükseklikleri, çevre uzunluğu), Yapısal

sistem ve Yapısal olmayan sistemlerin bileşenlerin İçindeki Performans grupları için kullanıcı tarafından belirlenen hasar korelasyonunu, Mühendislik Talep Parametrelerinden her kattaki kat ötelemeleri ve ivmelerinin tahminlerini (Y-Yön-1, Y-Yön-2 ve Yönsüz) ister. İhtiyaç duyulan diğer bilgilerin kapsamı, kullanıcının uzmanlığının bir işlevidir.

Varsayılan miktarların değiştirilmesi Ayrıntılı miktarların ve onarım maliyetlerinin belirlenmesi Mevcut performans gruplarını ve kırılma işlevlerini yeni eklemek değiştirmek gibi işlevler istenirse kullanıcıya bırakılmıştır. PACT, sağlanan temel bina bilgilerini ve bina için bir dizi mühendislik talep parametresini alır (örneğin, belirli bir senaryo veya tehlike seviyesi için 5, 10 veya 20 doğrusal olmayan dinamik yanıt analizlerinin sonuçları, PACT çok Temel Bina Bilgilerini toplar ve depolar) ve Yüzlerce gerçekleştirme oluşturmak için Cholesky Ayrıştırma'yı kullanarak simülasyonlar gerçekleştirir. Bu gerçekleştirmeler temelinde, PACT tüm bina, belirli bir kat, belirli bir yön veya tek bir bileşen için kayıp olasılığı eğrileri üretir.

Cholesky ayrıştırma, monte carlo simülasyonu yaparken, ampirik datanın içerisindeki değişkenlerin birbirlerine olan korelasyonlarını modele uyarlamak için kullanılır. Geçmiş verilere dayanan değişkenlerin kovaryans (değişkenler doğrusal olarak dönüştürüldüğünde, bir işlevin şeklini koruma fonksiyonudur.) matrislerinin, simülasyon sonucundaki kovaryans matrisle çok benzer olmasını sağlar, böylece rassal sayıların sapma oranını düşürür.

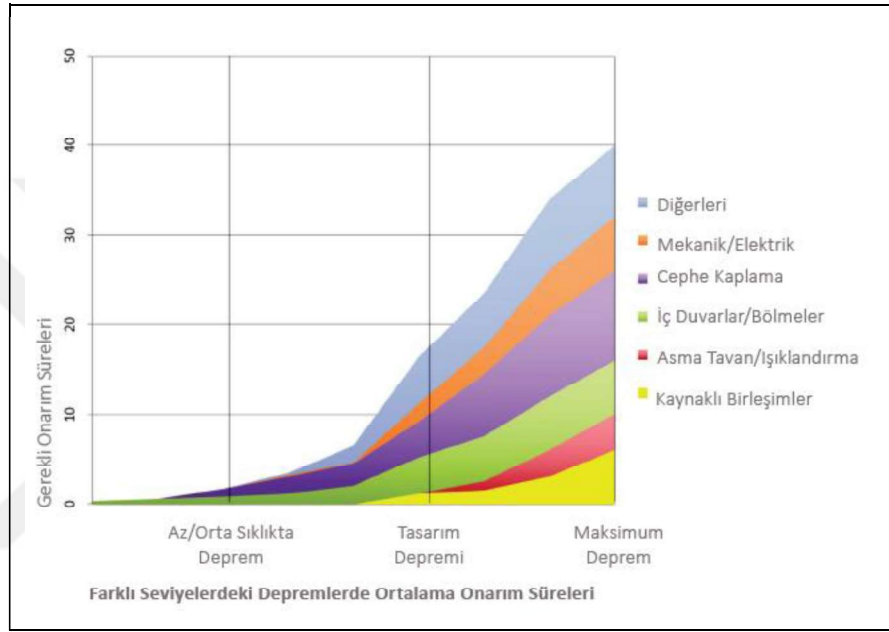
Sonuçlar, çeşitli genelleme düzeylerinde tek tip bir şekilde sunulur ve kaydedilip Excel'e, metin dosyalarına ve çeşitli grafik formatlarına aktarılabilir. PACT, XML tabanlı bir üründür ve tüm giriş, ara ve çıktı verileri herhangi bir zamanda alınabilen, değiştirilebilen ve geliştirilebilen hiyerarşik bir formattır.



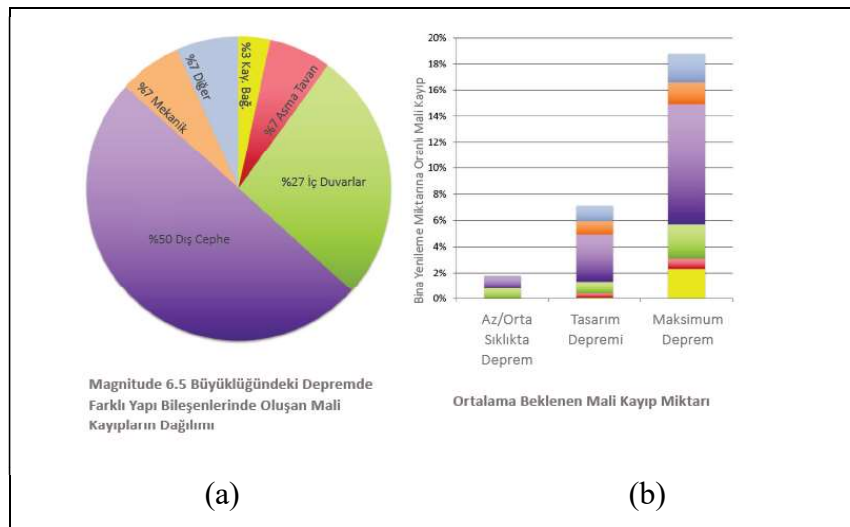
Şekil 4.7: FEMA P58 Akış şeması.

4.7. FEMA P 58 Örnek Sonuçları

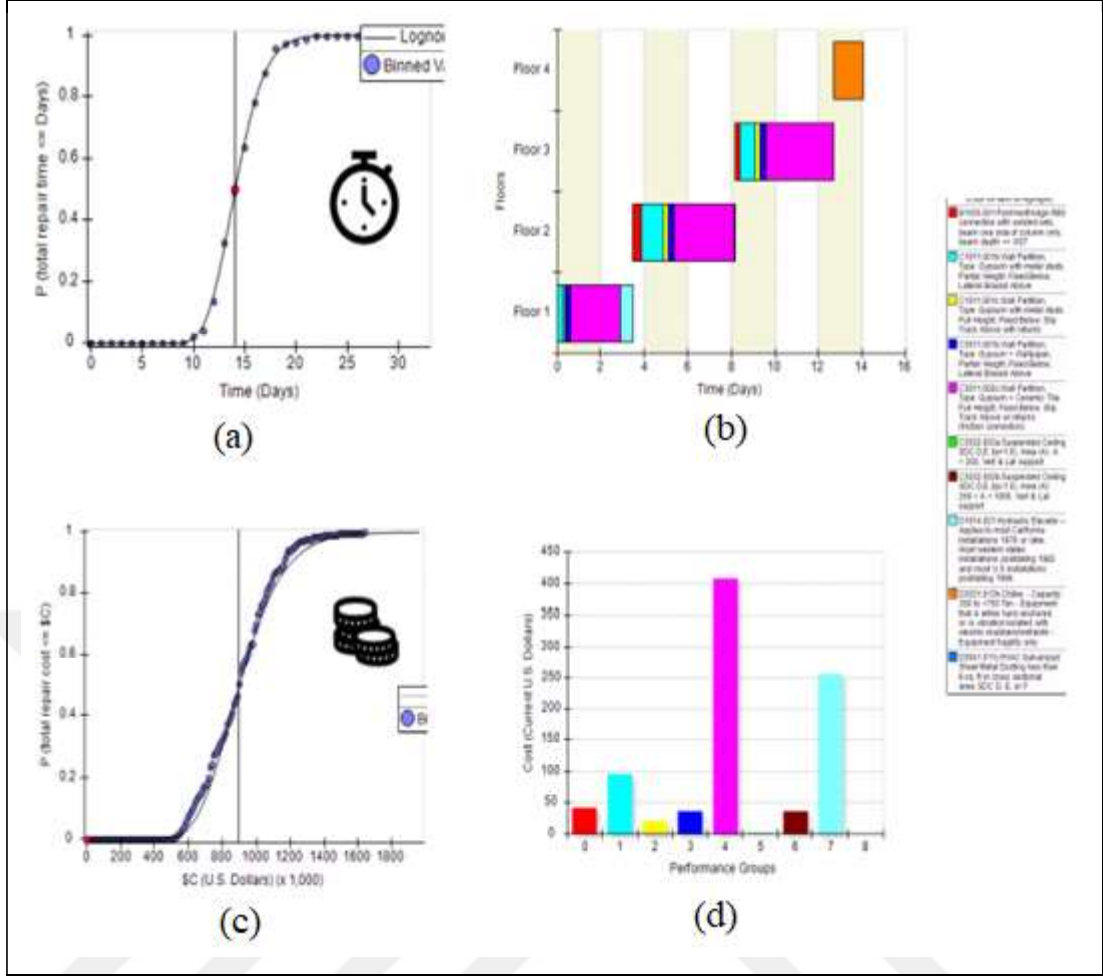
Performans bazlı analizler, risklerin ve potansiyel sonuçların doğru bir şekilde anlaşılmasının önemli olduğu durumlar için güvenilir, yüksek kaliteli sonuçlar üretmeyi hedefler. Bu sonuçlar; Beklenen Kayıp Senaryosu (SEL), Üst seviye kayıp Senaryosu (SUL) ve Olası Maksimum Kayıp (PML) değerlerini hesaplamak için kullanılabilir.



Şekil 4.8: Farklı seviyelerdeki depremlerde yapı bileşenlerinin ortalama onarım süreleri.



Şekil 4.9: Farklı seviyelerdeki depremlerde, (a) yapı bileşenlerinin ortalama mali kayıp dağılımı, (b) ortalama beklenen mali kayıp.



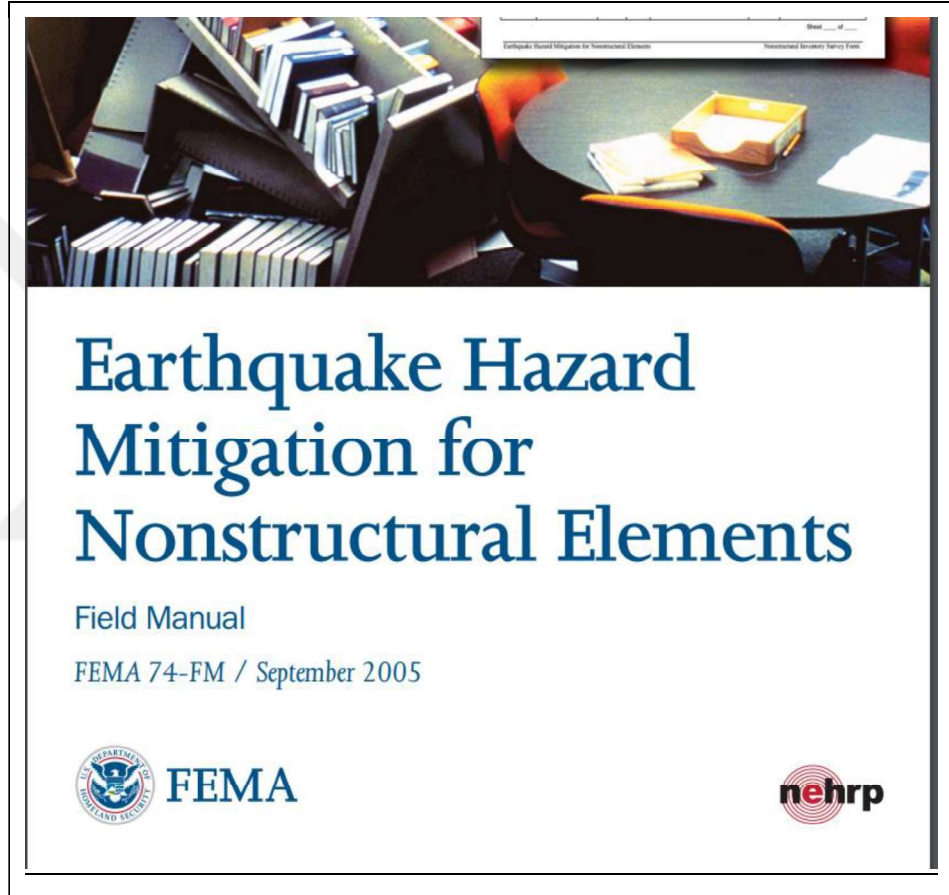
Şekil 4.10: Örnek bir yapısal olmayan bileşenin, (a) toplam, (b) kat sayısına göre geri dönüş zamanları ve (c) toplam, (d) performans gruplarına göre maliyet grafiği.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere örnek bir binanın deprem sonrası onarım süresi ve onarım maliyetinin olasılıksal sonuçları gösterilmiştir. İlk grafikte %50 olasılıkla tekrar kullanım için gereken süre 15 gün olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda yanındaki göstergede yapısal ve yapısal olmayan elemanların katlara göre süre kayıp verilerini hangi katta hangi yapı elemanında ne kadar süre gerektiğini görebiliyoruz. Alt grafikte ise Amerikan doları bazında hasar maliyet tahminlerini görebiliyoruz.

4.8. FEMA E74 Yapısal Olmayan Deprem Hasarı Risklerini Azaltma Kılavuzu

Bu kılavuz, yapısal olmayan deprem hasarının kaynaklarını ve bu tür hasarlarla ilişkili potansiyel riskleri azaltmakla, olası tehlikelerin belirlenmesine yardımcı olur

ve hasara karşı dayanımı yükseltmelerle ilgili özel rehberlik sağlar. Rehber ayrıca ek bilgi isteyenler için bir sözlük, referanslar ve açıklamalı bir kaynakça içerir. Yapısal olmayan bir envanter formu, yapısal olmayan deprem tehlikeleri için bir kontrol listesi ve yapısal olmayan risk derecelendirmelerinin bir açıklaması ek olarak dahil edilmiştir. Elemanların depremde risk faktörünü azaltmak için; ankraj bağlantı detayları, sismik yalıtım sağlayan yöntemler, montaj esasları, sabitlemeler, destekler, esnek bağlantı koşulları hakkında bilgi verir.



Şekil 4.11: Yapısal olmayan deprem hasarı risklerini azaltmak.

FEMA 74'ün bu güncellenmiş dördüncü baskısı, çevrimiçi kullanım için yeniden tasarlandı ve gerçek hasarın fotoğraflarını ve doğruyu gösteren ayrıntıları içeren daha fazla hafifletme önlemleri örnekleri eklendi.

Rehber için hedef kitleleri; Bina sahipleri, tesis yöneticileri, bakım personeli, ev sahipleri, mağaza veya ofis yöneticileri, işletme sahipleri, organizasyon departmanı başkanları ve ilgili diğer kişilerdir.

5. SAYISAL ÖRNEKLER VE SONUÇLARI

5.1. Yapısal Model, Malzeme Özellikleri ve Yük Kabulleri

5.1.1. Yapı Özelliklerinin Belirtilmesi

Bu çalışmada gösterilecek 2. Çalışmadaki bina 4 bodrum kat, zemin kat ve 16 normal kat mekanik çatı katı olmak üzere toplam 22 Katlı binanın maliyet analizlerini gerçekleştirme hesaplarını içermektedir. Toplam bina yüksekliği 66,10 metredir. Tipik kat yüksekliği normal katlarda 3.00, bodrum katlarında 3.50, metredir. Bu binanın orta kısmında ve kenar aksta betonarme çekirdek perdeler bulunmaktadır. Bu perdeler betonarme bağ kirişleri ile birbirine bağlanmaktadır. Çekirdek perdeler dışında düşey/yatay taşıyıcı olarak betonarme kolonlar bulunmaktadır. Ana kirişler moment aktaran çerçeve B.A. kirişlerden oluşmaktadır. Döşeme sistemi kirişli plak sistem olarak düşünülmüştür.

Çalışmada kullanılacak olan 2. Çalışmadaki bina T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toplu Konut İdaresi'nce ihale edilmiş bir projede yer alan 22 katlı bir bina olup ihale sözleşmesinde yer alan ihale bedelinin yüzde olarak binaya düşen tutarının hesaplanarak bu tutarın karne katsayısı ile 2020 yılına taşınmasıyla bir maliyet tablosu oluşturulacaktır. Çalışmada inşaat, elektrik, mekanik bölümlerin birbirine olan oranları irdelenecektir.

Çalışmada kullanılacak olan 1. Çalışmadaki bina ise toplam 52 katlı bir yapı olup 2020 yılı için maliyet tablosu oluşturulacaktır. Ayrıca yapısal olmayan elemanlar için diğer binamızın iş kalem yüzdeleri kullanılarak son yaklaşık maliyet elde edilecektir. Bu çalışmaların ardından FEMA P58 metodolojisinin arka plan belgeleri olarak sunduğu kırılma eğrilerinden yararlanılarak bazı yapı bileşenleri bazında hasar görme yüzde tahminleri farklı deprem seviyeleri altında irdelenecek böylece yeni nesil yöntemlerde yapının her bir parçasının nasıl davranacağı haritası çıkarılabilecektir. Ayrıca hasar gören bileşenlerde tekrar yapım maliyetlerinin incelenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Her iki çalışmada da (1. Çalışma ve 2. Çalışma) Jeneratör sistemi, havalandırma sistemi, asansör sistemi ve iç kapı sistemlerinin DD1, DD2, DD3 ve DD4 deprem seviyelerine göre bulunmuştur. 1. Çalışmadaki binada yapısal olmayan elemanlar için sismik tehlikelere karşı önlemler alınmış, 2. Çalışmadaki binada ise hiçbir önlem alınmamış kabulü yapılmıştır.

TEBLİĞ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığından:

**YAPI, TESİS VE ONARIM İŞLERİ İHALELERİNDE KULLANILAN
MÜTEAHHİTLİK KARNELERİ VE İŞ BİTİRME BELGELERİNİN
2020 YILINA AİT DEĞERLENDİRME KATSAYILARI
HAKKINDA TEBLİĞ**

Müteahhitlik karneleri

MADDE 1 - (1) 28/3/1981 tarihli ve 17293 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Yapı, Tesis ve Onarım İşleri İhalelerine Katılma Yönetmeliği uyarınca, ihalelere iştirak edecek olan müteahhitlerin, ellerinde bulunan ve geçerliliği sona ermemiş müteahhitlik karneleri, ilgili kuruluşlarca, bu Tebliğde belirtildiği şekilde ve grubu aynı kalmak şartıyla aktararak kabul edilecektir.

Değerlendirme katsayıları

MADDE 2 - (1) 1/1/2020 tarihinden itibaren, müteahhitlik karneleri ve iş bitirme belgeleri için geçerli katsayılar aşağıda belirtilmiştir:

a) Tespit olunan bu katsayılar 1/1/2021 tarihine kadar uygulanacaktır.

b) 1/3/1981-28/2/1982 arasındaki tarihleri taşıyan (bu tarihler dâhil) ve geçerliliğini muhafaza eden müteahhitlik karneleri miktarı, grubu aynı kalmak şartıyla; 56.236,513 ile çarpılacaktır.

c) 1/3/1982-31/12/1982 arasındaki tarihleri taşıyan (bu tarihler dâhil) müteahhitlik karneleri miktarı, grubu aynı kalmak şartıyla; 46.759,620 ile çarpılacaktır.

ç) Kuruluşlarca iş bitirme belgelerinin ve müteahhitlik karnelerinin değerlendirilebilmesi için 1/1/2020 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere aşağıda tespit olunan katsayılar uygulanacaktır.

Yıllar	2020 yılında uygulanacak katsayılar	Yıllar	2020 yılında uygulanacak katsayılar	Yıllar	2020 yılında uygulanacak katsayılar
--------	-------------------------------------	--------	-------------------------------------	--------	-------------------------------------

1973	887.161,34 2	1994	426,362	2015	1,972
1974	658.455,37 3	1995	193,798	2016	1,834
1975	525.081,08 6	1996	107,374	2017	1,666
1976	447.864,40 2	1997	55,155	2018	1,447
1977	328.513,32 3	1998	31,961	2019	1,177
1978	234.916,37 8	1999	20,629	2020	1,000
1979	173.933,24 2	2000	12,476		
1980	81.247,554	2001	10,191		

Yürürlük

MADDE 3 - (1) Bu Tebliğ 1/1/2020 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 4 - (1) Bu Tebliğ hükümlerini Çevre ve Şehircilik Bakanı yürütür.

Şekil 5.1: Yıllara göre maliyet değişim endeks katsayıları.

5.2. Örnek Çalışma 1; 52 Katlı Proje Analiz Çalışması

İkinci çalışmada gösterilecek bina 5 bodrum kat, zemin kat ve 44 normal kat ile 2 mekanik kat olmak üzere toplam 52 Katlı binanın maliyet analizlerini gerçekleştirme hesaplarını içermektedir. Toplam bina yüksekliği 187,20 metredir. Tipik kat yüksekliği normal katlarda 3.50, bodrum katlarında 4.00, metredir.



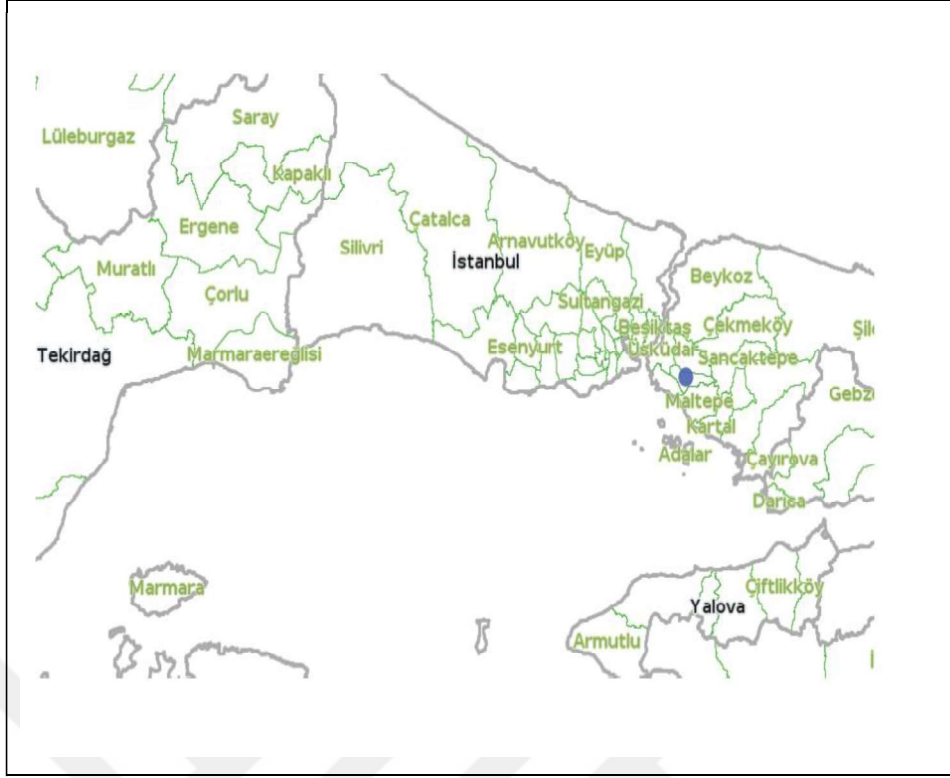
Şekil 5.2: 52 Katlı 1. Çalışma olan A blok projesinin render görünüşü.

Şekil 5.3'te 52 Katlı 1. (Çalışma) Binanın Sismik harita üzerinden görünümü gösterilmiştir.

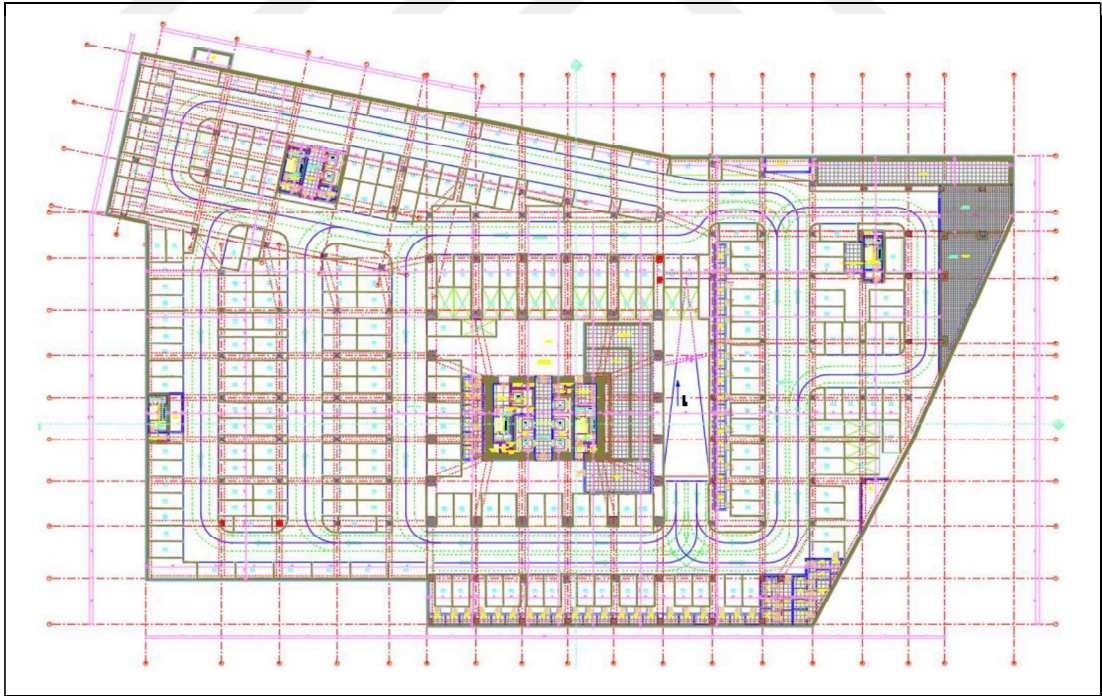
Tablo 5.1: Çalışma 1 malzeme özellikleri.

C55 Dayanım			
Karaktersik Dayanım f_{ck} (kN/m²) C55		55000	
Elastisite Modülü E_c (TS-EN 1992-1) (kN/m²)		36950000	
Kayma Modülü G (kN/m²)		13200000	
Birim Hacim Ağır. γ_{beton} kN/m³		25	
Poisson oranı ν -		0.25	
γ_{mc} -		1.5	
Donatı Çeliği (B420-C) (kN/m²)		420000	
Elastisite Modülü (E_s)		200000000	
Kopma Dayanımı		500000	
Kopma uzaması		0.12	

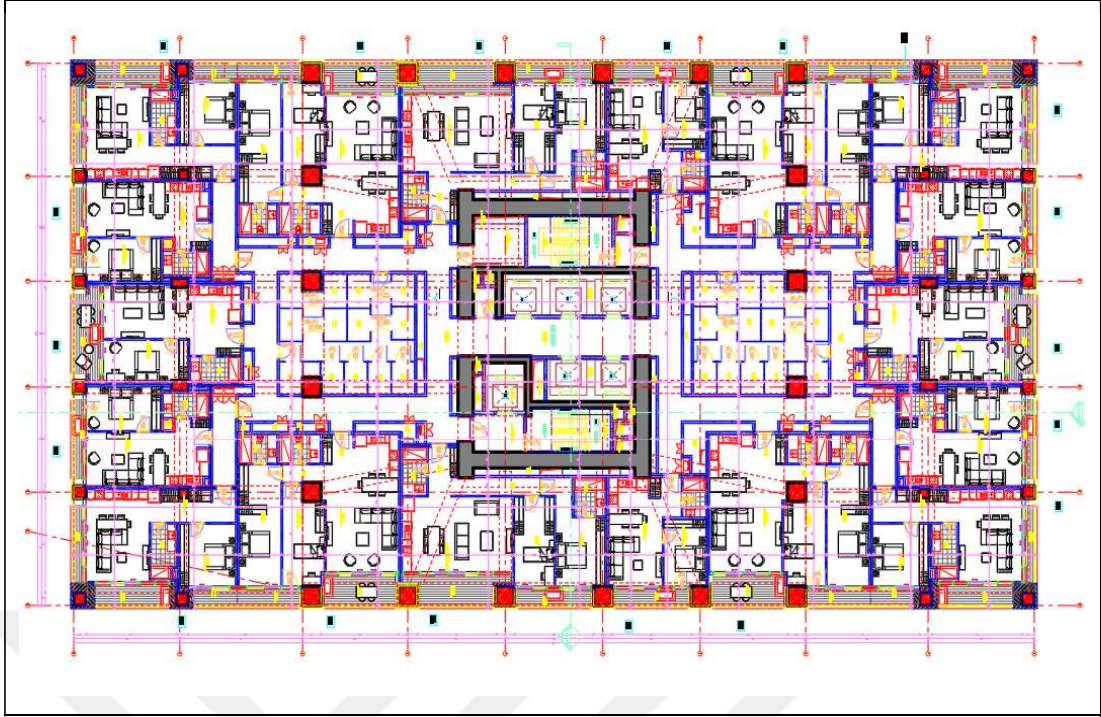
- Kullanılan Deprem Yönetmeliği =TDY2007
- Deprem Bölgesi =1.derece, $A_0=0.4$
- Zemin Sınıfı=Z2
- Spektrum Karakteristik Periyotları=0.15-0.40
- $R=6$ (karma yapı)
- $I=1$
- Kullanılan Yapısal Hesap Programı =Probina Orion
- Temel Sistemi: Kazıklı Sistem Radye Temel



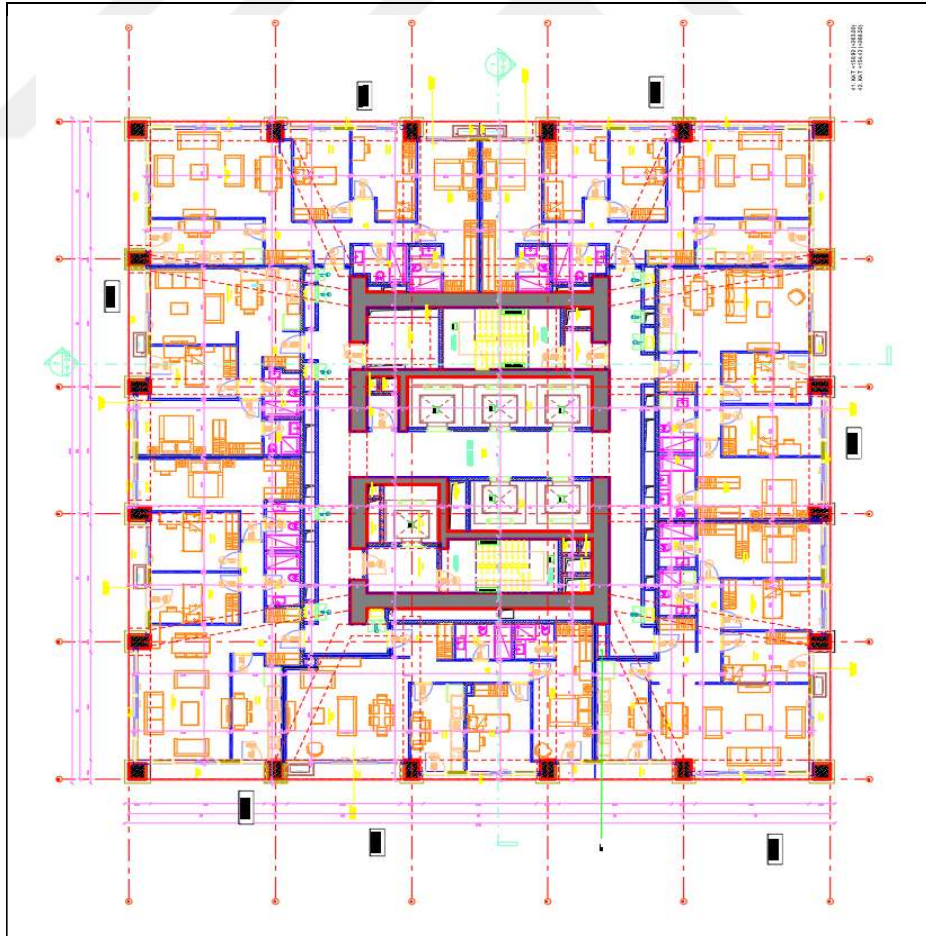
Şekil 5.3: 52 Katlı 1. (Çalışma) Binanın sismik harita üzerinden görünümü.



Şekil 5.4: 52 katlı 1. Çalışma; B.A. binanın bodrum kat planı.



Şekil 5.5: 52 katlı 1. Çalışma; B.A. binanın podyum kat planı.



Şekil 5.6: 52 katlı 1. Çalışma B.A. binanın normal kat planı.

Yük kabulleri şu şekildedir:

- Döşeme Hareketli Yükleri:
 - Hareketli yük (Konut) $q = 2.00 \text{ kN/m}^2$
 - Hareketli yük (Otopark) $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$
 - Hareketli yük (Teras) $q = 3.50 \text{ kN/m}^2$
- Döşeme Kaplama Yükleri:
 - Otoparklarda Kaplama Yüğü $g = 2.20 \text{ kN/m}^2$
 - Zemin Katta Kaplama Yüğü (30 cm toprak) $g = 7 \text{ kN/m}^2$
- Normal Katlarda Kaplama Yüğü $g = 2.20 \text{ kN/m}^2$

Tablo 5.1’de 1. Çalışma İnşaat İşleri Maliyet Tablosu gösterilmiştir.

Tablo 5.2: 1. Çalışma inşaat işleri maliyet tablosu.

İmalat Grubu	Ana Porsantaj	Birim Fiyatı (TL)
Kazı dolgu-fore kazık-iksa-zemin işleri	9,2%	₺23.761.837,18
Kat betonarme ve yapısal çelik imalatları	32,0%	₺82.649.868,45
Çatı imalatları	0,5%	₺1.291.404,19
Duvar işleri	3,6%	₺9.298.110,20
Döşeme kaplamaları (süpürgelikler kaplamalara dahildir)	7,3%	₺18.854.501,24
Duvar ve tavan kaplamaları	7,7%	₺19.887.624,60
Cephe imalatları	27,0%	₺69.735.826,50
Kapı ve pencere imalatları	6,1%	₺15.755.131,17
Diğer imalatlar	6,6%	₺17.046.535,47
İnşaat işleri toplamı	100,00%	₺258.280.839,00

Tablo 5.3'te 1. Çalışma Elektrik İşleri Maliyet Tablosu gösterilmiştir.

Tablo 5.3: 1. Çalışma elektrik işleri maliyet tablosu.

Alçak gerilim şalt grubu	5,5%	₺4.951.993,73
Daire içi ve ortak mahal aydınlatma ve priz sortileri anahtarlar ve prizler daire içi ve ortak mahal aydınlatma armatürleri	18,4%	₺16.596.846,00
Kablo tava sistemi	0,9%	₺838.862,33
Alçak gerilim busbar sistemi alçak gerilim kabloları	8,1%	₺7.297.200,23
Temel topraklama ve yıldırımdan koruma tesisatı sismik sınıflandırma ve titreşim yalıtım	0,5%	₺405.901,13
Telefon tesisatı	2,1%	₺1.858.125,15
Yangın algılama ve ihbar santrali yangın zon geçişleri koruma	15,3%	₺13.800.638,25
Acil anons sistemi	0,5%	₺423.941,18
Uydu-tv sistemi	1,5%	₺1.353.003,75
İntercom sistemi	1,0%	₺938.082,60
Otomasyon sistemi-elektrik	1,1%	₺992.202,75
Merkezi kalorimetre okuma sistemi	1,1%	₺965.142,68
Asansör	40,2%	₺36.260.500,50
Jeneratör	3,9%	₺3.517.809,75
Elektrik tesisatı işleri toplamı	100,0%	₺90.200.250,00

Tablo 5.4'te 1. Çalışma Mekanik İşler Maliyet Tablosu gösterilmiştir.

Tablo 5.4: 1. Çalışma mekanik işler maliyet tablosu.

Tesisat boruları-Pis su tesisatı, PPRC temiz su tesisatı yapılması	10,01%	₺7.499.492,00
Kazan-tank-Isıtma Kazanı ve genleşme tankı, Isıtma, soğutma, spring tesisatı, PEX dağıtım borusu, imalatlarının yapılması	11,49%	₺8.608.308,00
Su deposu ve Su sayacı, basınç düşürücü	2,53%	₺1.895.476,00
Havalandırma kanal imatları ve tesisatı ekipmanları (menfez, damper, anemostad, panjur, VAV, CAV, hepa filtre kutusu vb.) Havalandırma kanalı ses ve ısı yalıtımları ve Havalandırma cihazları (santral, aspiratör, ısı geri kazanım cihazı, lamner flover vb)	8,90%	₺6.667.880,00
Yangın tesisat sistemi, yangın dolabı, iç makarası ve söndürücü tüp ve armatürleri (sıpring, vana, akış kontrolü, hidrant, yangın grubu, gazlı söndürme vb.)	7,10%	₺5.319.320,00
Radyatör ve bağlantı ekipmanları	7,44%	₺5.574.048,00
Vitrifiye-armatür	10,10%	₺7.566.920,00
Hidrofor ve kazan dairesi ekipmanları	11,85%	₺8.878.020,00
Doğalgaz tesisatı boru imalatı ve Isı sayacı, okuma sistemi, gaz yolu ve ilave ekipmanlar	9,09%	₺6.810.228,00
Otomatik kontrol ve sistem otomasyonu	10,20%	₺7.641.840,00
Sismik yalıtım- koruma ve titreşim yalıtımı	0,49%	₺367.108,00
Klima sistemi-Split klima sistemi tesisat ekipmanları ve Split klima	10,80%	₺8.091.360,00
Mekanik tesisatı işleri toplamı:	100,00%	₺74.920.000,00

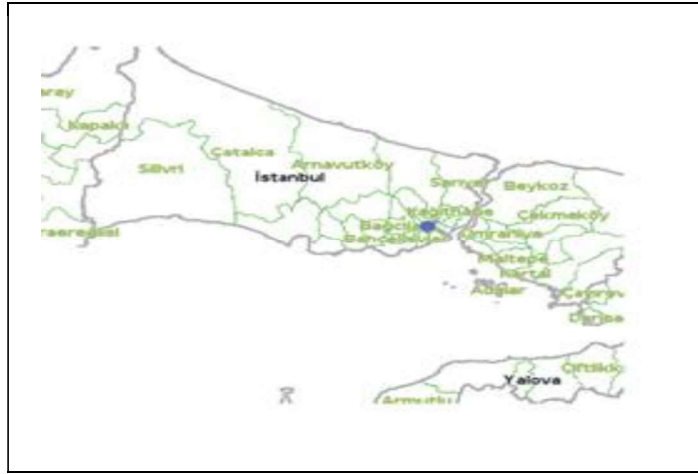
Tablo 5.5'te örnek çalışma 1 binasının bina değişkenlerinin maliyet değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5.5: İnşaat-elektrik ve mekanik maliyetleri.

1. çalışma A BLOK) TOPLAM BEDELİ		YÜZDE
İNŞAAT	₺258.280.839,00	61%
ELEKTRİK	₺90.200.250,00	21%
MEKANİK	₺74.920.000,00	18%
TOPLAM:	₺423.401.089,00	100%

5.3.2. Çalışma; 22 Katlı Proje Analiz Çalışması

Bu çalışmada gösterilecek 2. Çalışmadaki bina 4 bodrum kat, zemin kat ve 16 normal kat mekanik çatı kat olmak üzere toplam 22 Katlı binanın maliyet analizlerini gerçekleştirme hesaplarını içermektedir. Toplam bina yüksekliği 66,10 metredir. Tipik kat yüksekliği normal katlarda 3,00, bodrum katlarında 3,50, metredir. Bu binanın orta kısmında ve kenar aksta betonarme çekirdek perdeler bulunmaktadır. Bu perdeler betonarme bağ kirişleri ile birbirine bağlanmaktadır. Çekirdek perdeler dışında düşey/yatay taşıyıcı olarak betonarme kolonlar bulunmaktadır. Ana kirişler moment aktaran çerçeve b.a. kirişlerden oluşmaktadır. Döşeme sistemi kirişli plak sistem olarak düşünülmüştür.

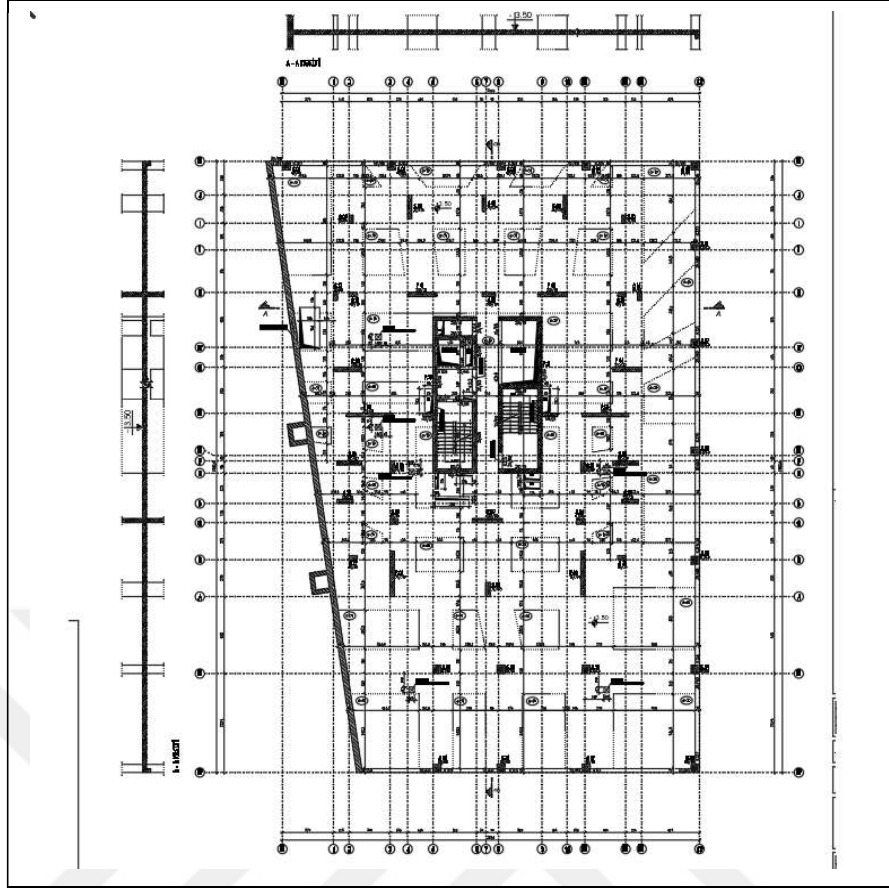


Şekil 5.7: Örnek çalışma 2 yapısının deprem haritası üzerindeki konumu.

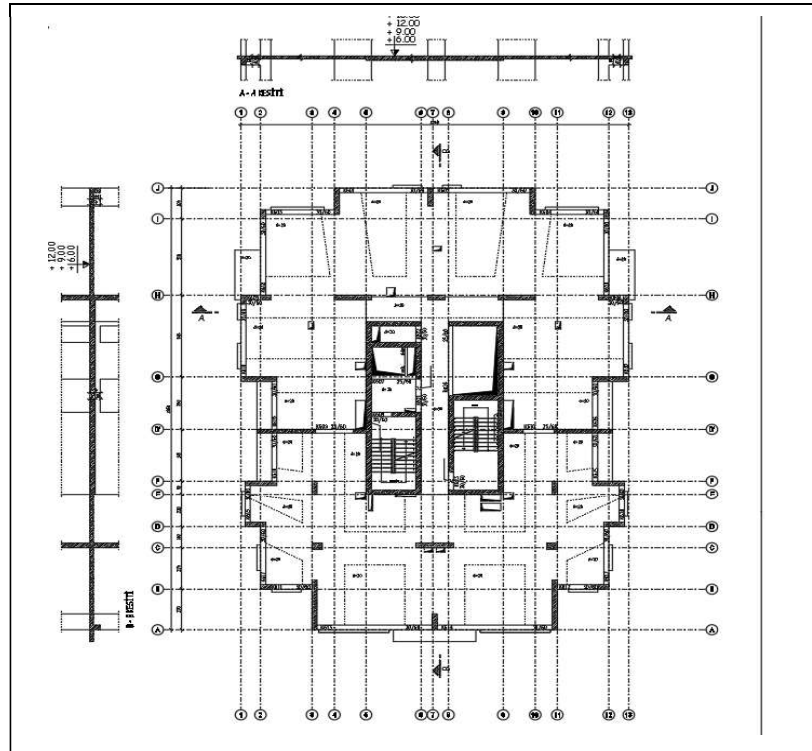
Tablo 5.6: Çalışma 2 malzeme özellikleri.

C40 Dayanım		
Karaktersik Dayanım f_{ck} (kN/m²) C40	40000	
Elastisite Modülü E_c (TS-EN 1992-1) (kN/m²)	34550000	
Kayma Modülü G (kN/m²)	13200000	
Birim Hacim Ağır. γ_{beton} kN/m³	25	
Poisson oranı ν -	0.25	
γ_{mc} -	1.5	
Donatı Çeliği (B420-C) (kN/m²)	420000	
Elastisite Modülü (E_s)	200000000	
Kopma Dayanımı	500000	
Kopma uzaması	0.12	

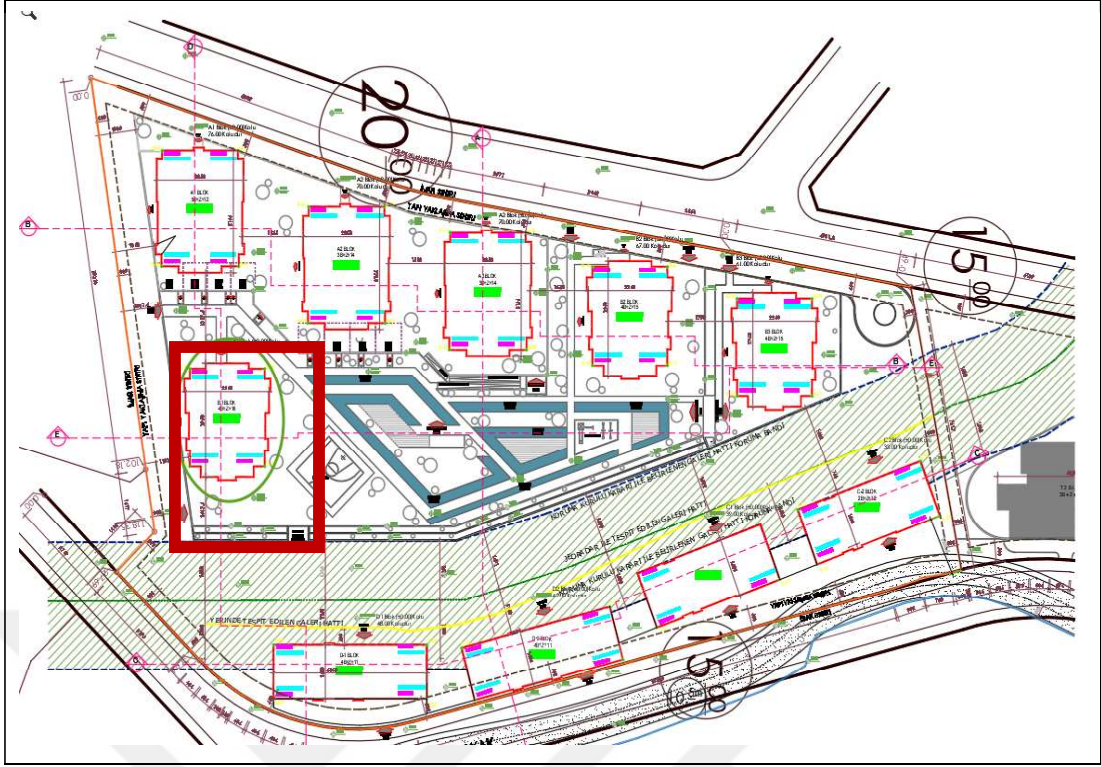
- Kullanılan Deprem Yönetmeliği =TDY2007
- Deprem Bölgesi =2.derece, $A_0=0.3$
- Zemin Sınıfı=Z2
- Spektrum Karakteristik Periyotları=0.15-0.40
- $R=6$ (karma yapı)
- $I=1$
- Temel Sistemi: Radye Temel
- Kullanılan Yapısal Hesap Programı=Probina Orion



Şekil 5.8: Çalışma 22 katlı B.A. binanın bodrum kat kalıp planı.



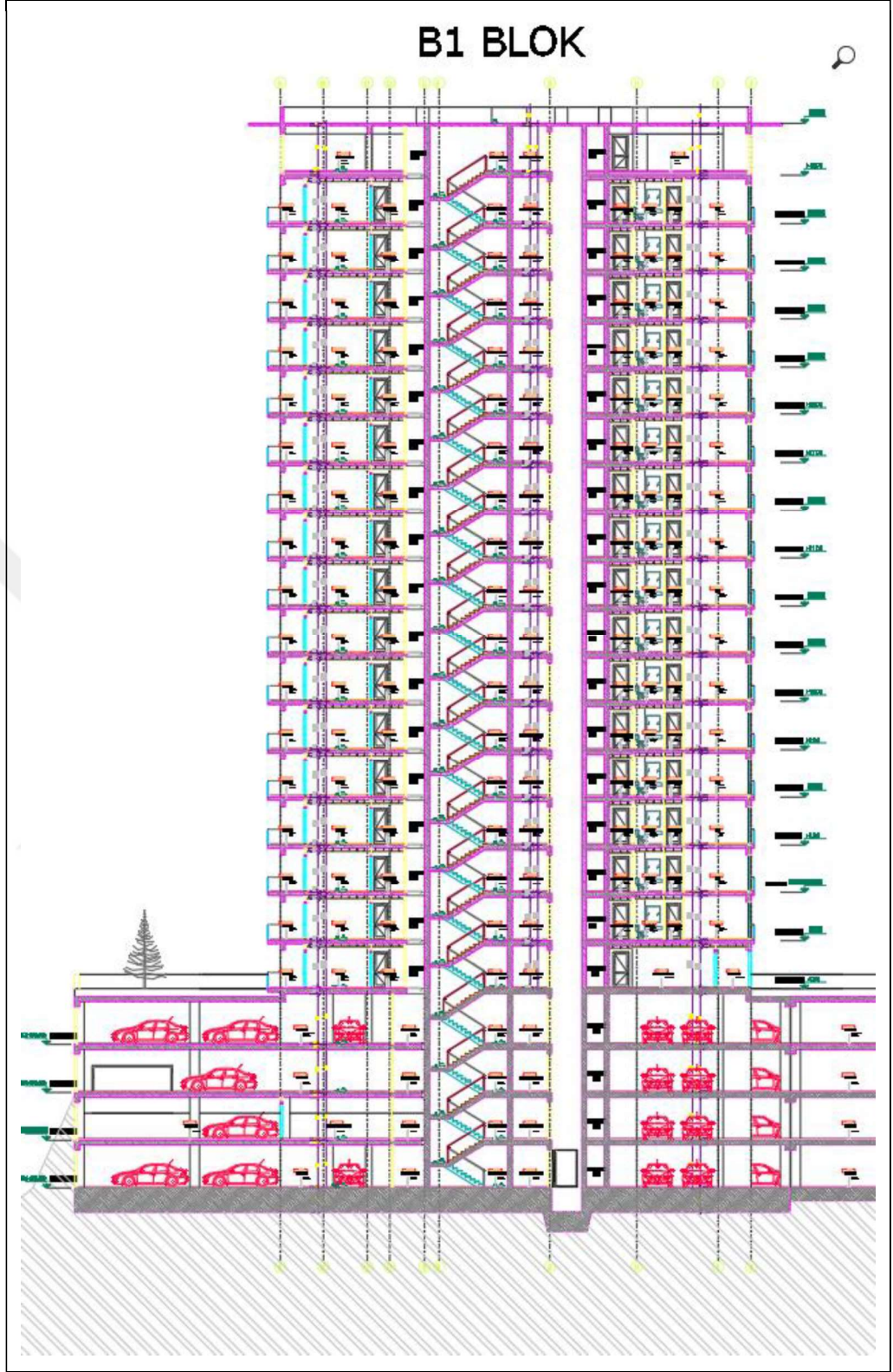
Şekil 5.9: Çalışma 22 katlı B.A. binanın normal kat kalıp planı.



Şekil 5.10: Çalışma 22 katlı B.A. Binaının vaziyet planındaki yeri.

Yük kabulleri şu şekildedir:

- Döşeme Hareketli Yükleri:
 - Hareketli yük (Konut) $q = 2.00 \text{ kN/m}^2$
 - Hareketli yük (Otopark) $q = 5.00 \text{ kN/m}^2$
 - Hareketli yük (Teras) $q = 3.50 \text{ kN/m}^2$
- Döşeme Kaplama Yükleri:
 - Otoparklarda Kaplama Yüğü $g = 2.20 \text{ kN/m}^2$
 - Zemin Katta Kaplama Yüğü (30 cm toprak) $g = 7 \text{ kN/m}^2$
 - Normal Katlarda Kaplama Yüğü $g = 2.20 \text{ kN/m}^2$



Şekil 5.11: Çalışma 22 katlı B.A. binanın kesit görünüşü.

Tablo 5.7: Çalışmadaki toplu konut projesinin B1 Blok'a düşen tutarı.

BİNA ADI			TOPLAM TUTAR (TL)
A1 BLOK (5B+Z+12)	KONUT	ÜSTYAPI	29.207.061,95 TL
A2 BLOK (3B+Z+14)	KONUT	ÜSTYAPI	29.291.597,59 TL
A3 BLOK (3B+Z+14)	KONUT	ÜSTYAPI	29.333.865,41 TL
B1 BLOK (4B+Z+16)		İNŞAAT	19.743.187,70 TL
		ELEKTRİK	4.831.018,74 TL
		MEKANİK	4.537.830,63 TL
B2 BLOK (4B+Z+15)	KONUT	ÜSTYAPI	27.600.884,89 TL
B3 BLOK (4B+Z+15)	KONUT	ÜSTYAPI	27.685.420,53 TL
C1 BLOK (4B+Z+11)	KONUT	ÜSTYAPI	24.768.941,10 TL
C2 BLOK (2B+Z+12)	KONUT	ÜSTYAPI	22.909.157,13 TL
D1 BLOK (4B+Z+11)	KONUT	ÜSTYAPI	27.558.617,07 TL
D2 BLOK (4B+Z+11)	KONUT	ÜSTYAPI	27.220.474,53 TL
ALTYAPI VE MÜTEFERRİK İŞLER	ALTYAPI	ALTYAPI, ÇEVRE DÜZENLEMESİ VE MÜTEFERRİK İŞLER	29.580.275,02 TL
GENEL TOPLAM TUTARI (KDV Hariç)			304.268.332,30 TL
(2. çalışma) B1 BLOK HERŞEY DAHİL TOPLAM BEDELİ	ÜST YAPI+ALTYAPI		32.235.816,12 TL

Tablo 5.8: 2. Çalışma inşaat işleri maliyet tablosu:

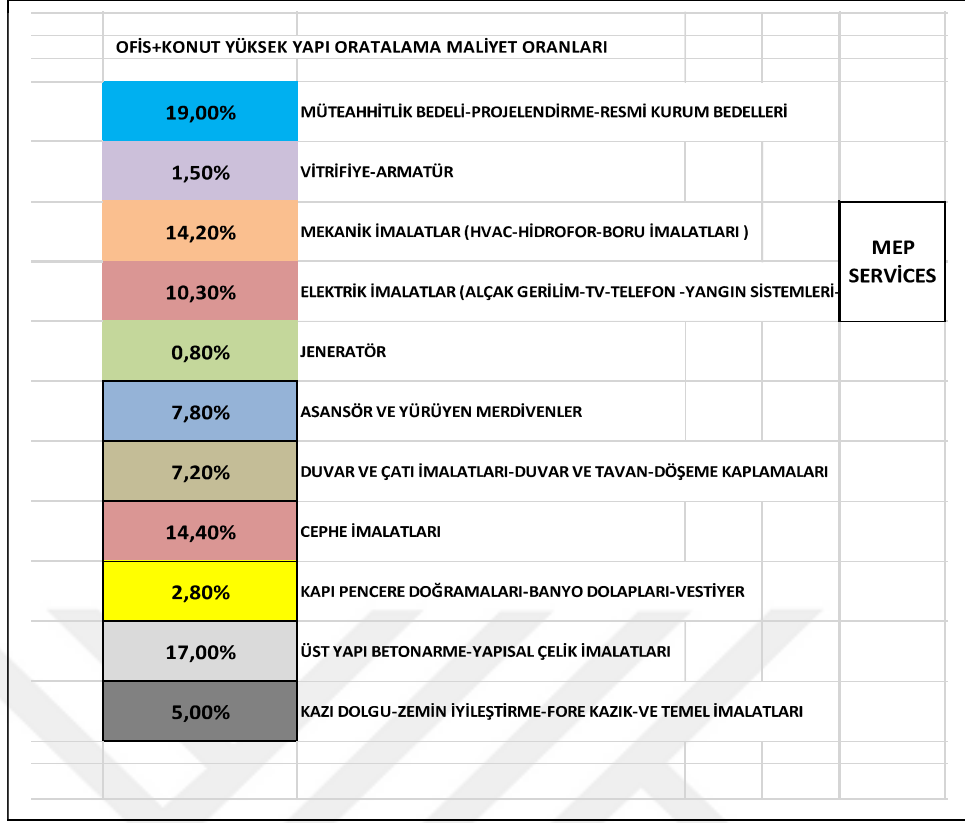
1	KAT BETONARME VE YAPISAL ÇELİK İMALATLARI	35,70%	7.048.318,01 TL
2	ÇATI İMALATLARI	1,43%	282.327,58 TL
3	DUVAR İŞLERİ	3,29%	649.550,88 TL
4	DÖŞEME KAPLAMALARI (süpürgelikler kaplamalara dahildir)	11,86%	2.341.542,06 TL
5	DUVAR VE TAVAN KAPLAMALARI	18,90%	3.731.462,48 TL
6	CEPHE İMALATLARI	9,97%	1.968.395,81 TL
7	KAPI VE PENCERE İMALATLARI	11,34%	2.238.877,49 TL
8	DİĞER İMALATLAR	7,51%	1.482.713,40 TL
İNŞAAT İŞLERİ TOPLAMI:		100,00%	19.743.187,70 TL

Tablo 5.9: Çalışma elektrik işleri maliyet tablosu:

ALÇAK GERİLİM ŞALT GRUBU	5,49%	258.837,28 TL
ANAHTARLAR VE PRİZLER	0,11%	5.186,17 TL
DAİRE İÇİ VE ORTAK MAHAL AYDINLATMA VE PRİZ SORTİLERİ	12,63%	595.467,18 TL
DAİRE İÇİ VE ORTAK MAHAL AYDINLATMA ARMATÜRLERİ	3,68%	173.501,13 TL
KABLO TAVA SİSTEMİ	1,34%	63.177,04 TL
ALÇAK GERİLİM KABLOLARI	3,20%	150.870,55 TL
ALÇAK GERİLİM BUSBAR SİSTEMİ	5,69%	268.266,69 TL
TEMEL TOPRAKLAMA VE YILDIRIMDAN KORUMA TESİSATI	0,25%	11.786,76 TL
SİSMİK SINIFLANDIRMA VE TİTREŞİM YALITIMI	0,22%	10.372,35 TL
YANGIN ZON GEÇİŞLERİ KORUMA	0,02%	942,94 TL
YANGIN ALGILAMA VE İHBAR SANTRALİ	13,28%	626.112,76 TL
ACİL ANONS SİSTEMİ	1,67%	78.735,57 TL
UYDU-TV SİSTEMİ	2,95%	139.083,78 TL
İNTERCOM SİSTEMİ-TELEFON TESİSATI	4,90%	231.019,52 TL
OTOMASYON SİSTEMİ-ELEKTRİK	1,10%	51.861,75 TL
MERKEZİ KALORİMETRE OKUMA SİSTEMİ	1,97%	92.879,68 TL
ASANSÖR	41,50%	1.956.602,38 TL
JENERATÖR	2,40%	116.314,20 TL
ELEKTRİK TESİSATI İŞLERİ TOPLAMI:	100,00%	4.831.018,74 TL

Tablo 5.10: 2. Çalışma mekanik işleri maliyet tablosu:

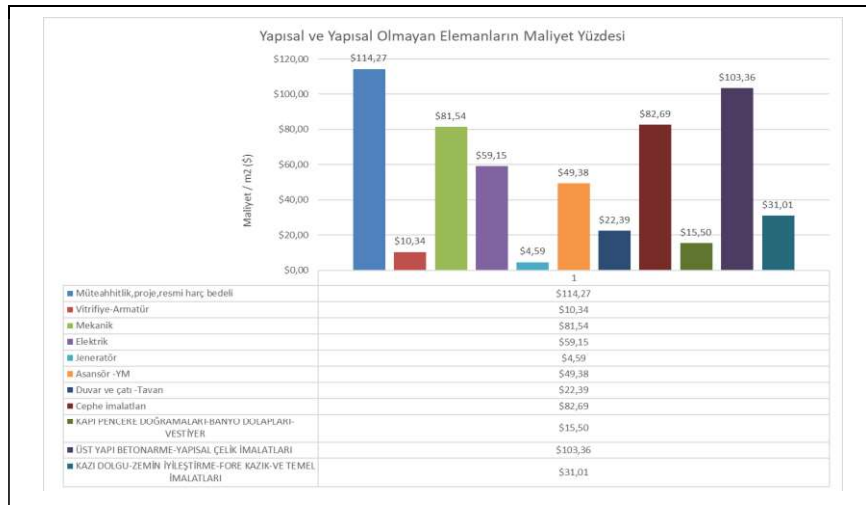
TESİSAT BORULARI-Pis su tesisatı, PPRC temiz su tesisatı yapılması	10,01%	454.236,85 TL
KAZAN-TANK-Isıtma Kazanı ve genişleme tankı, Isıtma, soğutma, spring tesisatı, PEX dağıtım borusu, imatlarının yapılması	11,49%	521.396,74 TL
SU DEPOSU ve Su sayacı, basınç düşürücü	2,53%	114.807,11 TL
HAVALANDIRMA kanal imalatları ve tesisatı ekipmanları (menfez, damper, anemostad, panjur,VAV, CAV, hepa filtre kutusu vb.) Havalandırma kanalı ses ve ısı yalıtımları ve Havalandırma cihazları (santral, aspiratör, ısı geri kazanım cihazı, lamner flover vb)	7,90%	358.488,62 TL
YANGIN TESİSAT SİSTEMİ, Yangın dolabı, iç makarası ve söndürücü tüp ve armatürleri (spring, vana,akış kontrolü,hidrانت, yangın grubu, gazlı söndürme vb)	6,59%	299.043,04 TL
RADYATÖR ve bağlantı ekipmanları	7,44%	337.614,60 TL
VİTRİFİYE-ARMATÜR	10,26%	465.581,42 TL
HİDROFOR ve KAZAN DAİRESİ ekipmanları	11,91%	540.455,63 TL
DOĞALGAZ TESİSATI boru imalatı ve Isı sayacı, okuma sistemi, gaz yolu ve ilave ekipmanlar	9,09%	412.488,80 TL
OTOMATİK KONTROL VE SİSTEM OTOMASYONU	11,20%	508.237,03 TL
SİSMİK YALITIM- koruma ve titreşim yalıtımı	0,49%	22.235,37 TL
KLİMA SİSTEMİ-Split klima sistemi tesisat ekipmanları ve Split klima	11,09%	503.245,42 TL
MEKANİK TESİSAT İŞLERİ TOPLAMI:	100,00%	4.537.830,63 TL



Şekil 5.12: İstanbul yüksek yapı birim maliyet ortalama yüzdeleri.

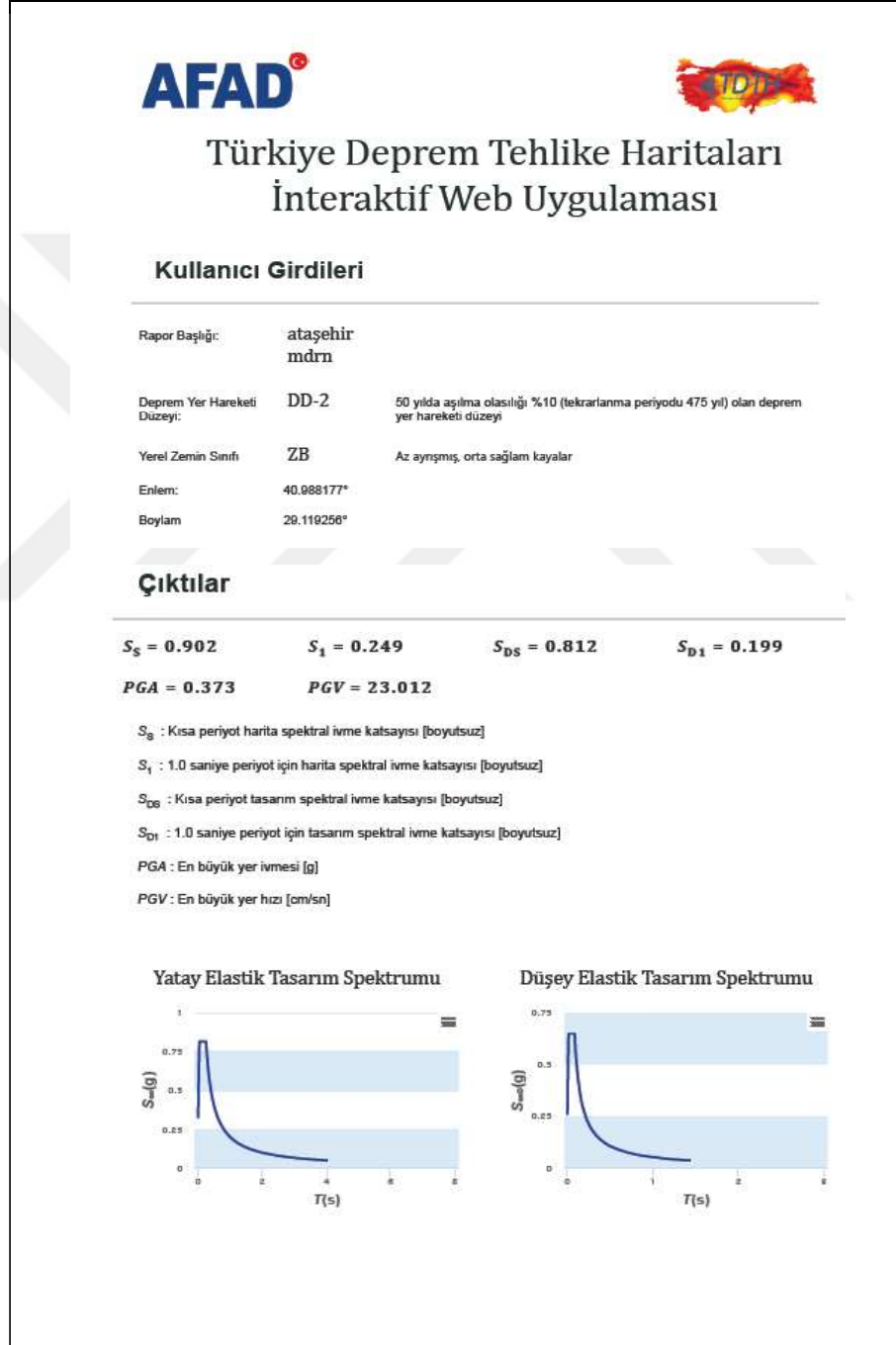
Ülkemizde en yüksek yapı olarak hala liderliğini sürdüren safir binası 266 m yükseklik ile 2011 yılında yapılmış olup 340 milyon dolara mal edilmiştir. Türkiye kurunun 2011 yılındaki durumu göz önünde bulundurulduğunda 525 milyon TL ye mal edilmiştir.

Tablo 5.11: Yapı bileşenlerinin yüzde bazında dolar üzerinden birim maliyet dağılımı.



5.4. Yapı Bileşenlerinin Hasar Oranlarına Bağlı Maliyet Kayıplarının İncelenmesi

Araştırmanın bu kısmında Bina toplam maliyetine göre en belirgin oran tutan yapısal olmayan elemanlardan 4 tanesi seçilerek, deprem düzeylerine göre hasar durumları ve maliyet kayıpları incelenmiştir.



Şekil 5.13: Örnek çalışma 1 yapısının deprem spektrum grafikleri.

Çalışmada kullanılan 52 katlı A blok için AFAD “<https://tdth.afad.gov.tr>” sitesinden Ataşehir bölgesinin PGA’sı ve B1 blok için ise Gaziosmanpaşa bölgesi için PGA değerleri DD1, DD2, DD3 ve DD4 deprem seviyeleri için ayrı ayrı ivme değerleri bulunmuştur.

Tablo 5.12: Çalışma için seçilen yapısal olmayan elemanların toplam maliyet içindeki yeri.

YAPISAL OLMAYAN ELEMANLARIN MALİYET TABLOSU	A BLOK (1.ÖRNEK ÇALIŞMA)	B1 BLOK (2.ÖRNEK ÇALIŞMA)
JENERATÖR	₺3.517.809,75	₺116.314,20
ASANSÖR SİSTEMLERİ	₺36.260.500,50	₺1.956.602,38
İÇ KAPI PENCERE SİSTEMLERİ	₺15.755.131,17	₺2.238.877,49
HAVALANDIRMA MEKANİK SİSTEMLER	₺6.667.880,00	₺358.488,62
BİNA İNŞAAT TOPLAM MALİYETİ	₺423.401.089,00	₺32.235.816,12
YAPISAL OLMAN 4 BİRİMİN TOPLAM MALİYETE ORANI	14,69%	14,49%

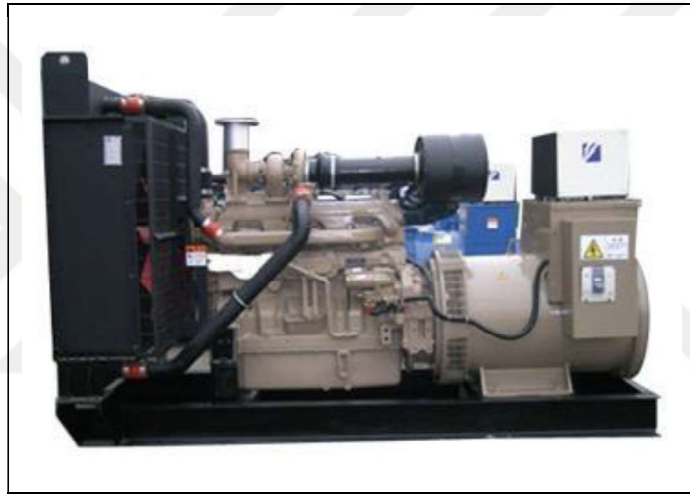
5.4.1. Jeneratör Sistemi

Background Document FEMA P-58/BD-3.9.17” de Jeneratör sistemleri için kırılma eğrilerinin nasıl oluşturulduğu ve istenirse farklı kırılma eğrilerinin nasıl oluşturulacağından bahsedilmektedir. Bu yapılan örnek çalışmada ankraj bağlantı sistemlerine göre ayrı ayrı verilen kırılma eğrilerinden orta düzey olan “b” eğrisi dikkate alınmıştır. Bu eğriler belirlenirken yapılan gözlemler neticesinde jeneratör elmanın bağlantı kabloları ve yakıt hortumlarındaki hasarlar deprem kaynaklı olup olmadığı tam anlaşılamadığından sistemin tümünün hasar aldığı varsayılmıştır.

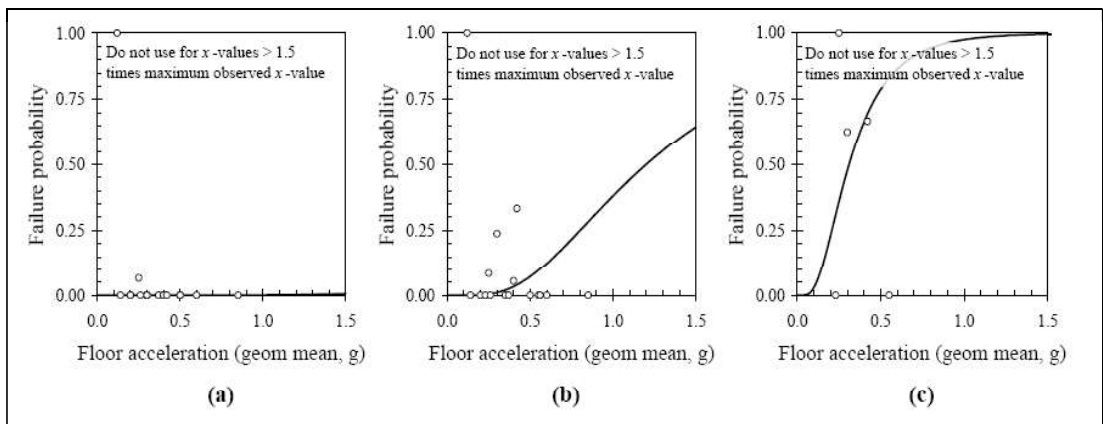
Tablo 5.13: Jeneratör sistemi deprem düzeyi hasar oranları.

Condition (describe)	From tests?	DS1		J99	
		θ	β	θ	β
Best: anchored; no isolator concerns; no rigid attachment concerns; no driver-generator differential displacement concerns	Y	6.8	0.6		
Moderate: one deficiency, typ.unanchored	Y	0.31	0.6		
Worst: 2 or more deficiencies	N	0.20	0.6		
Average or unknown	Y	1.2	0.6		

Do not use fragility functions for PFA > 1.5 times maximum value in the observations.
 Basis for extrapolation. For moderate, average, and best conditions, from data shown above.
 For worst conditions, take 2/3rd x moderate
 What factors affect θ and β ? Those listed under "best" conditions.
 "From tests" means that the tests reported here are believed to represent this condition level



Şekil 5.14: A ve B1 blok için kullanılan jeneratör sistemi.



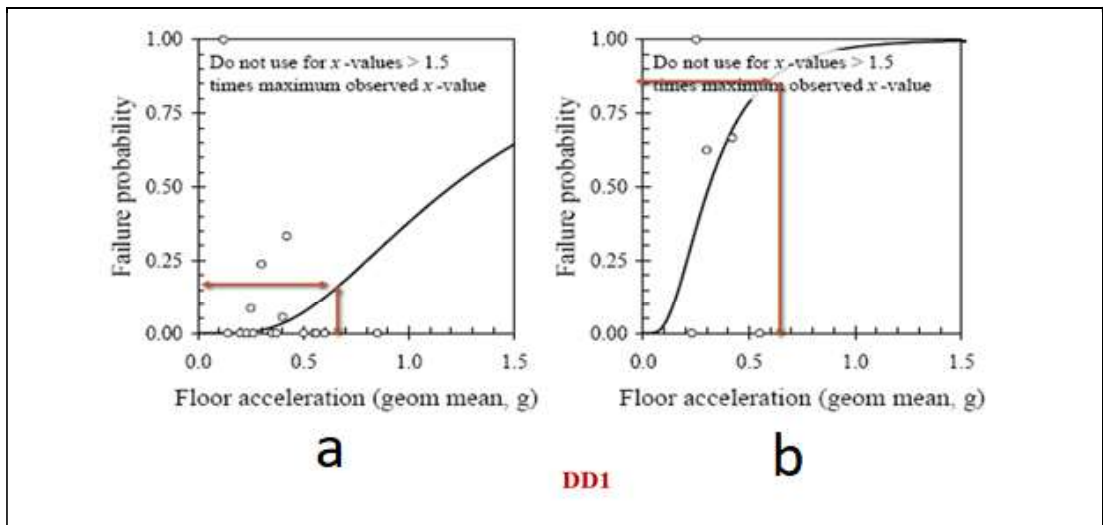
Şekil 5.15: Motor jeneratörü kırılmalılığı a) iyi izole, b) ortalama koşul, c) tam sabit.

Burada (a) iyi sabitlenmiş, izolatörlere engelleyiciler, esnek bir şekilde bağlanmış kablo kanalı, sürücü ve motor aynı kızak üzerine monte edilmiştir, jeneratörün üzerine düşebilecek yakınarda büyük parçalar yoktur, (b) Ortalama koşullarda bulunan veya bilinmeyen koşullar (c) Tam olarak sabitlenmemiş koşulda elde edilen eğrilerdir.

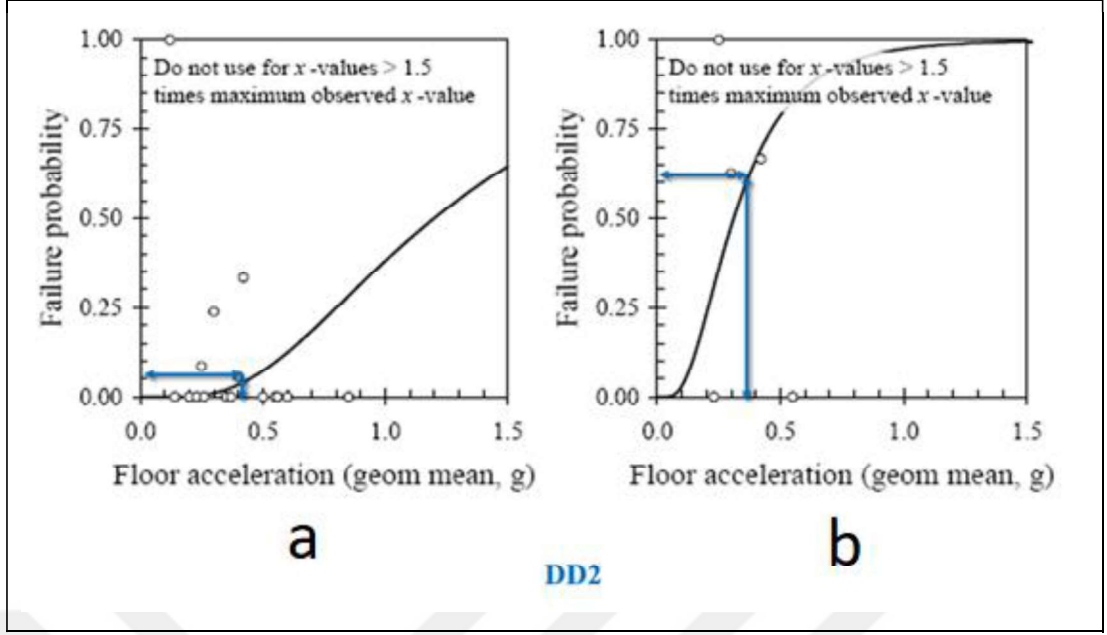
Jeneratör elemanının maliyetinin toplam bina maliyetine oranı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo: 5.14: Jeneratör elemanı hasar durum tablosu.

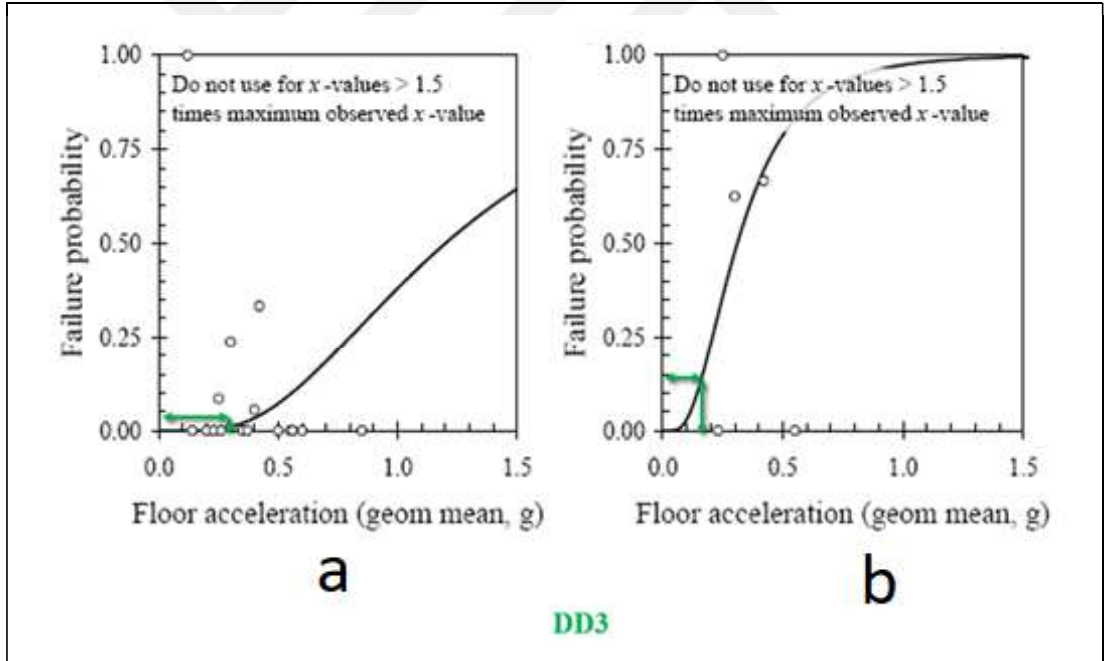
JENERATÖR ELEMANI HASAR DURUM TABLOSU				
	1. Çalışma		2. Çalışma	
DEPREM DÜZEYİ	PGA=Floor Acc.	%	PGA= Floor Acc.	%
DD1	0,647 g	18%	0,618 g	85%
DD2	0,373g	6%	0,363g	63%
DD3	0,157 g	4%	0,151 g	15%
DD4	0,105 g	3%	0,097 g	4%



Şekil 5.16: Jeneratör Elamanının DD1 deprem düzeyine göre hasar yüzdeleri, 1.çalışma (a), 2.çalışma b).



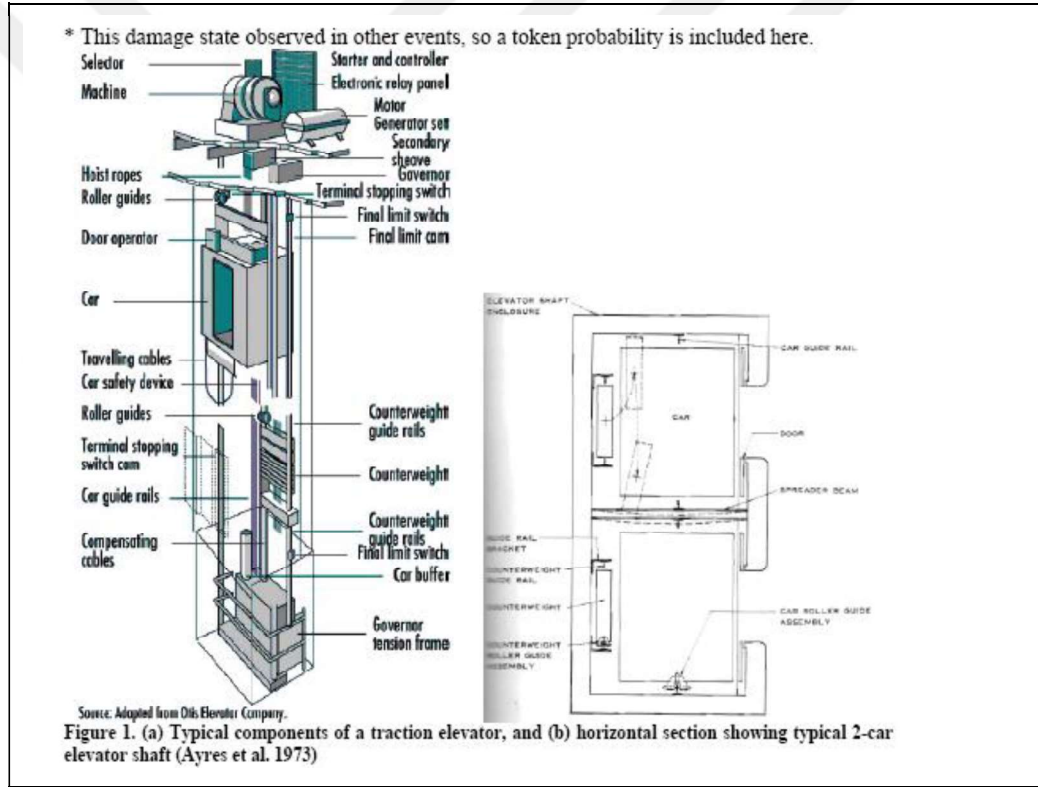
Şekil 5.17: Jeneratör Elamanının DD2 deprem düzeyine göre hasar yüzdeleri, 1.çalışma (a), 2.çalışma b).



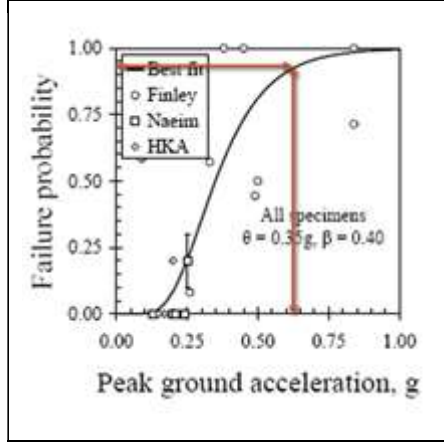
Şekil 5.18: Jeneratör Elamanının DD3 deprem düzeyine göre hasar yüzdeleri, 1.çalışma (a), 2.çalışma (b).

5.4.2. Asansör Sistemi

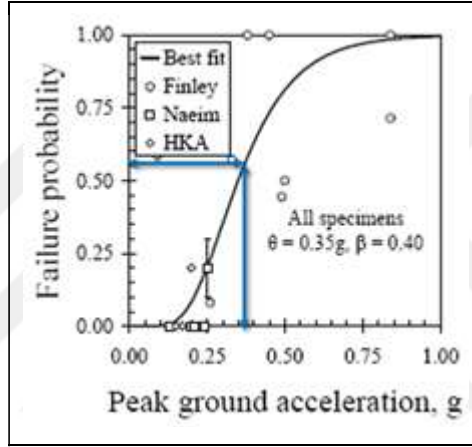
“Background Document FEMA P-58/BD-3.9.14” de Makine dairesi Asansör sistemleri için kırılma eğrilerinin nasıl oluşturulduğu ve istenirse farklı kırılma eğrilerinin nasıl oluşturulacağından bahsedilmektedir. Bu yapılan örnek çalışmada ankraj bağlantı sistemlerine göre ayrı ayrı verilen kırılma eğrilerinden orta düzey olan “b” eğrisi dikkate alınmıştır. Bu eğriler belirlenirken yapılan gözlemler neticesinde jeneratör elmanın bağlantı kabloları ve yakıt hortumlarındaki hasarlar deprem kaynaklı olup olmadığı tam anlaşılamadığından sistemin tümünün hasar aldığı varsayılmıştır.



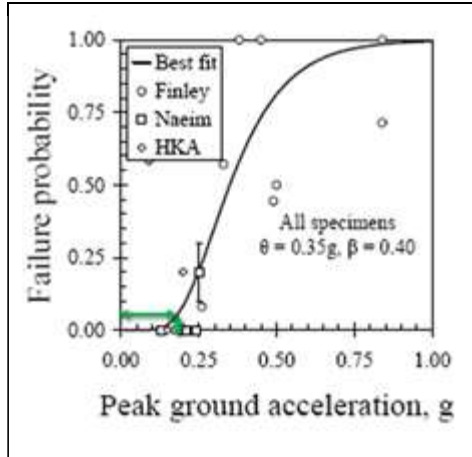
Şekil 5.19: Asansör sistemi bileşenleri.



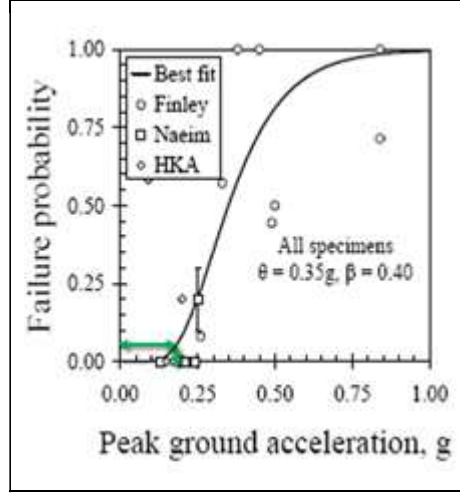
Şekil 5.20: DD1 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.



Şekil 5.21: DD2 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.



Şekil 5.22: DD3 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.



Şekil 5.23: DD4 depreminde oluşacak PGA ivmesine göre oluşan hasar olasılığı.

Tablo 5.15: Asansör elemanlarının deprem düzeylerine göre hasar durumları.

ASANSÖR ELEMANI HASAR DURUM TABLOSU				
	1. Çalışma		2. Çalışma	
DEPREM DÜZEYİ	PGA	%	PGA	%
DD1	0,647 g	93%	0,618 g	91%
DD2	0,373g	55%	0,363g	54%
DD3	0,157 g	5%	0,151 g	4%
DD4	0,105 g	0%	0,097 g	0%

5.4.3. İç Kapı ve Pencereleler

Kırılgnalık fonksiyonlarının geliştirilmesi için iki hasar seviyesi belirlenmiştir.

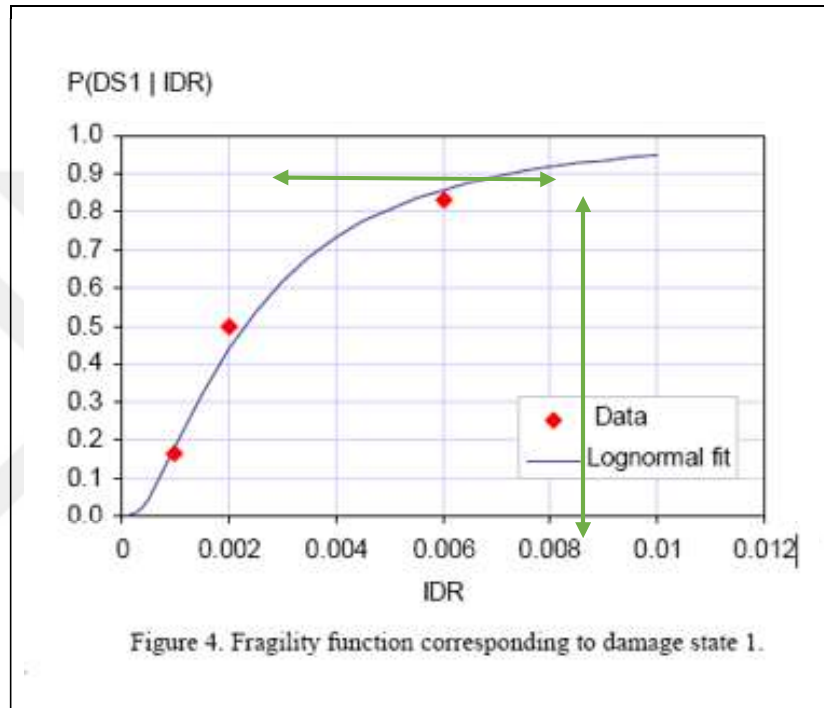
Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER-Krawinkler ve Miranda, 2004) tarafından geliştirilen yaklaşımla tutarlı olarak hasar durumları onarım yöntemlerine veya hasarın sonuçlarına göre seçilmiştir. İlk hasar durumu olan hasar durumunun;

- (DS-1): kapının açılmadığı kapı sıkışmasından oluştuğu kabul edilmiştir. Bu hasar durumunda, katlar arasında meydana gelen dirift oranı 0,001'e kadar

küçük oranlarda olduğu bildirilmiştir. Deformasyon giderildikten sonra kapı sistemlerinin açılabilirliğinden, bu hasar durumunun yalnızca kalıcı bir drift oranı mevcut olduğunda meydana geldiği kabul edilmiştir.

İkinci hasar durumu;

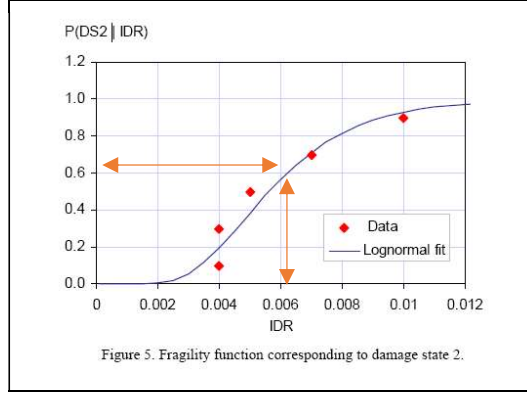
- (DS 2): kapının açılmasını engelleyen ve onarımlara yol açan hasarlardan oluşmaktadır. Tipik hasar kapı kilidinde ve menteşelerde meydana geldiği bildirilmiştir.



Şekil 5.24: Hasar durumu 1'e karşılık gelen ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu.

Şekil 5.24, Hasar durumu 1'e karşılık gelen ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu göstermektedir. Bu şekilde gösterildiği gibi, bazı örneklerde çok düşük katlar arası drift değerlerinde (0,001) kapıların sıkıştığı bildirilirken, diğerlerinde bu hasar durumunun sapma oranları 0,006'ya ulaşana kadar meydana gelmediği bildirilmiştir.

Lognormal olasılık dağılımının parametreleri, verilerin geometrik ortalamasına ve logaritmik standart sapmasına karşılık gelir. Şekilde gösterildiği gibi, lognormal olasılık dağılımı, verilere nispeten iyi bir uyum sağlar.



Şekil 5.25: Hasar durumu 2'e karşılık gelen ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu.

Şekil 5.25, hasar durumu 2'ye karşılık gelen kümülatif dağıtım işlevlerini gösterir. Şekil hem ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu hem de uygun lognormal dağılımı göstermektedir. Bu şekilde gösterildiği gibi, bu ikinci hasar durumunun 0,004 ile 0,01 arasında değişen katlar arası drift oranları için meydana geldiği bildirilmiştir.

5.4.3.1. Çalışma görel kat öteleme oranları

Görel kat ötelemeleri oranları 1. Çalışma için Probina Orion yapısal hesap programına göre yapılan hesap raporlarından elde edilmiştir.

Tablo 5.16: Görel kat ötelemeleri (Deprem durumu olumsuz olan “X” yönü dikkate alınmıştır.)

DEPREM ETKİ YONU: 2		(X-Ekseni ile 90.000 derece)		
Yük Hali: SY+				
Kat	di-Max (m)	(Del-i)Max (m)	Etkin (Del-i) (m)	Etkin Del-i/hi (m)
50	0.155655	0.004516	0.027098	0.006775 < 0.02
49	0.151868	0.006189	0.037132	0.006751 < 0.02
48	0.145679	0.003934	0.023605	0.006744 < 0.02
47	0.141745	0.003937	0.023623	0.006749 < 0.02
46	0.137808	0.003942	0.023654	0.006758 < 0.02
45	0.133866	0.003947	0.023685	0.006767 < 0.02
44	0.129918	0.003951	0.023706	0.006773 < 0.02
43	0.125967	0.003953	0.023716	0.006776 < 0.02
42	0.122015	0.003953	0.023716	0.006776 < 0.02
41	0.118062	0.003951	0.023704	0.006773 < 0.02
40	0.114111	0.003947	0.023680	0.006766 < 0.02
39	0.110165	0.003941	0.023644	0.006755 < 0.02
38	0.106224	0.003933	0.023595	0.006741 < 0.02
37	0.102291	0.003922	0.023534	0.006724 < 0.02
36	0.098369	0.003910	0.023459	0.006702 < 0.02
35	0.094459	0.003895	0.023370	0.006677 < 0.02
34	0.090564	0.003878	0.023266	0.006647 < 0.02
33	0.086687	0.003858	0.023146	0.006613 < 0.02
32	0.082829	0.003835	0.023008	0.006574 < 0.02
31	0.078994	0.003809	0.022851	0.006529 < 0.02
30	0.075186	0.003779	0.022672	0.006478 < 0.02
29	0.071407	0.003745	0.022473	0.006421 < 0.02
28	0.067662	0.003702	0.022212	0.006346 < 0.02
27	0.063960	0.005820	0.034922	0.006349 < 0.02
26	0.058140	0.003534	0.021201	0.006058 < 0.02
25	0.054606	0.003497	0.020981	0.005995 < 0.02
24	0.051109	0.003431	0.020586	0.005882 < 0.02
23	0.047678	0.003359	0.020157	0.005759 < 0.02
22	0.044319	0.003283	0.019697	0.005628 < 0.02
21	0.041036	0.003200	0.019201	0.005486 < 0.02
20	0.037836	0.003111	0.018667	0.005334 < 0.02
19	0.034725	0.003015	0.018091	0.005169 < 0.02
18	0.031709	0.002911	0.017465	0.004990 < 0.02
17	0.028798	0.002800	0.016798	0.004799 < 0.02
16	0.025999	0.004270	0.025619	0.004658 < 0.02
15	0.023129	0.002911	0.013862	0.003962 < 0.02
14	0.019441	0.002210	0.013263	0.003789 < 0.02

5.4.3.2. 2. Çalışma görel kat öteleme oranları

Görel kat ötelemeleri oranları 2.çalışma için Probina Orion yapısal hesap programına göre yapılan hesap raporlarından elde edilmiştir.

Tablo 5.17: Görel kat ötelemeleri (olumsuz olan “Y” yönü dikkate alınmıştır.)

Kat	di-Max (m)	(Del-i)Max (m)	Etkin (Del-i) (m)	Etkin Del-i/hl (m)
22	0.043358	0.001765	0.010592	0.003210 < 0.02
21	0.041592	0.001781	0.010687	0.003562 < 0.02
20	0.039811	0.001888	0.011330	0.003777 < 0.02
19	0.037923	0.001993	0.011957	0.003986 < 0.02
18	0.035930	0.002087	0.012522	0.004174 < 0.02
17	0.033843	0.002171	0.013024	0.004341 < 0.02
16	0.031672	0.002244	0.013465	0.004488 < 0.02
15	0.029428	0.002307	0.013844	0.004615 < 0.02
14	0.027121	0.002360	0.014162	0.004721 < 0.02
13	0.024760	0.002402	0.014415	0.004805 < 0.02
12	0.022358	0.002432	0.014595	0.004865 < 0.02
11	0.019926	0.002449	0.014692	0.004897 < 0.02
10	0.017477	0.002448	0.014688	0.004896 < 0.02
09	0.015029	0.002426	0.014558	0.004853 < 0.02
08	0.012602	0.002377	0.014265	0.004755 < 0.02
07	0.010225	0.002291	0.013744	0.004581 < 0.02
06	0.007934	0.002150	0.012901	0.004300 < 0.02
05	0.005921	0.001868	0.011206	0.003735 < 0.02
04	0.004550	0.001818	0.010910	0.003117 < 0.02
03	0.002732	0.001288	0.007727	0.002576 < 0.02
02	0.001444	0.000961	0.005763	0.001921 < 0.02
01	0.000484	0.000484	0.002902	0.000967 < 0.02

Tablo 5.18: İç kapılar elemanı hasar durum tablosu.

İÇ KAPILAR ELEMANI HASAR DURUM TABLOSU				
	1. Çalışma		2. Çalışma	
Bulunduğu kat	42.kat	Hasar %	11.kat	Hasar %
Deprem düzeyi	Mak. Drift		Mak. Drift	
Dd2 (tasarım depremi)	0,00677	63%	0,0048	80%

5.4.3.3. Havalandırma Soğutma Sistemleri

Havalandırma, soğutma ve ısıtma sistemleri için çatı veya kat aralarında yerleştirilen merkezi sistemlerinin kırılma eğrileri aşağıda verildiği oluşturulmuştur.

- D3063.011, cihazın iyi montajlı: iyi sabitlenmiş, İzolatörler üzerinde sismik yalıtım eklenmiş, iyi desteklenen ve kanal esnek körük bağlantısı bulunan, tüm boru bağlantılarının esnek olduğu, merkezi sistemin yakınında düşebilecek ve çarpabilecek büyük öğelerin olmadığı, başka bir etki endişesi bulunmadığı durumlar için verilmiştir.
- D3063.012, cihazın iyi kurulmamış, iyi sabitlenmemiş veya yeterli sismik yalıtıma sahip olmayan izolatörler üzerinde veya esnek körükleri olmayan, bağlantı elemanlarının desteklenmediği durumlar için verilmiştir.



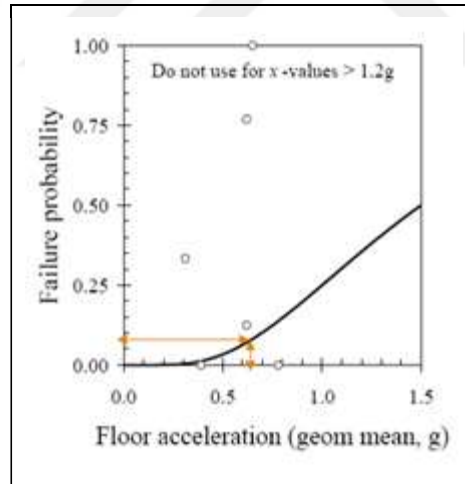
Şekil 5.26: Havalandırma sistemi örneği.



Şekil 5.27: Bina çatısına konulan merkezi havalandırma sistemi.

Tablo 5.19: Background Document FEMA P-58/BD-3.9.21dökümanından alınan kırılmalık eğrisi için kriterleri.

Damage states, fragilities, and consequences for		
	D3053.011, AHU with good installation	D3063.012, AHU with deficient installation
Description:	Broken attached piping or duct	Broken attached piping or duct
Illustration:	N/A	Figure 2
Demand parameter	Peak floor acceleration (geom mean, g)	Peak floor acceleration (geom mean, g)
Median demand (θ):	2.9	1.5
Data dispersion (β_d):	0.6	0.6
Uncertainty (β_u):		
Total dispersion (β):	0.6	0.6
Probability:		
Correlation:		
Repairs required:	Repair piping or duct	Repair piping or duct
Possible consequences:		
Repair cost (Y/N/?):	Y	Y
Death or injury (Y/N/?):	N	N
Inoperative facility (Y/N/?):	Y	Y
Red tagging (Y/N/?):	N	N
Comments:	Max observed PFA \approx 0.9g, so do not use for PFA > 1.4g	Max observed PFA \approx 0.8g, so do not use for PFA > 1.2g



Şekil 5.28: Havalandırma cihazların hasar oranları (Yer ivmesine göre zeminde kurulu olan sistem için verilmiştir.).

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Dünyada yaşanan hızlı gelişimin sonucunda, yeni gereksinimler yeni çözüm arayışları getirdiğinden son yıllarda; bir yapının deprem sırası ve sonrasında çevresini bile ele almak kaydıyla farklı hesap yöntemleri geliştirme ve sonuçları derecelendirme Sistemleri, mühendislik dünyasının artık yeni yoludur. Her yaşanan afet farklı öğretilerde bulunmuş, mühendislik dünyası bu verileri yeni tasarım ve hesap yöntemlerini geliştirmede kullanmıştır. Başlangıçta, afet sonrası hasarın tespiti için kullanılan birçok yöntemin tasarım öncesinde kullanımının hasarı önleyeceği, minimize edeceği görülmeye başlanmıştır.

Yapısal mühendisler yıllarca yapısal sistem üzerinde yoğunlaşmışlar ve çalışmalarını bu doğrultuda geliştirmişlerdir. Ancak taşıyıcı elemanların yüksek yapı maliyetine etkisi yapısal olmayan elemanlara göre daha az olsa da taşıyıcı sistemin tüm sistemi etkilediği bu araştırma ile kanıtlanmaya çalışılmıştır. Çünkü; yapı iskeletini oluşturan elemanların doğru hesaplanmasının, kullanılan malzeme kalitesinin, doğru teknik ve işçilik, yeterli ekipman ve doğru planlama ile oluşturulan sistemin güvenliğinin, geri kalan tüm maliyet kalemlerini koruyan bir sigorta görevi göreceği kanaati bu çalışma ile oluşmuştur.

Afetlerin ülkelere getirdiği giderek artan maliyeti azaltmak için, kayıpları gerçekleşmeden önce, yapıları beklenen afetlere dayanacak şekilde inşa ederek kayıpları önlemek, maliyeti azaltmanın temel bileşenlerinden biridir ve afetlerin ülkeler üzerindeki etkisini azaltmanın gerçekten etkili tek yoludur. Depremden kaynaklanan hasarı azaltmak ve diğer benzer afetler için kullanılacak en umut verici araçlardan biri, Performansa Dayalı Sismik Tasarımdır. Gelecekteki depremler sonucu oluşabilecek Can güvenliği, kullanım süresi ve ekonomik kayıp konusunda gerçekçi ve güvenilir bir anlayışa sahip binaların tasarımına ve yapımına izin veren bir konsepttir.

Tez kapsamında, elde edilen veriler ışığında yüksek yapı sınıfı yapıların yaklaşık yapım maliyetleri, aralarındaki farklar, ana iş kalemleri bazında maliyet dağılımları, incelenen yapılardaki farklılıkların toplam maliyete etkileri vb. bulgulara yer verilmiş sonuç olarak bu konuda yapılabilecek gelecekteki çalışmalara ışık tutulmuştur.

Bu çalışmada bu konseptin uygulanmasını sağlayan ve arka plan veri dokümanları diye adlandırılan belgeler ışığında, bazı yapısal olmayan elemanların çeşitli deprem seviyelerine göre hasar raporu çıkarılmış, hasar raporu çıkarılan

elemanların aynı zamanda maliyet analizleri de yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda hasar verilerine karşılık gelen maliyetler gösterilmiştir.

Bu çalışmada iki farklı yapının yapısal ve yapısal olmayan tüm maliyetleri çıkarılmış ve yapısal olmayan elemanların bazılarında deprem düzeylerine göre hasar görülebilirlik ihtimalleri P-58 metodolojisi kullanılarak bulunmuştur. Bu doğrultuda her iki çalışmada da (1. Çalışma ve 2. Çalışma) Jeneratör sistemi, havalandırma sistemi, asansör sistemi ve iç kapı sistemlerinin DD1, DD2, DD3 ve DD4 deprem seviyelerine göre bulunmuştur. 1. Çalışmadaki binada yapısal olmayan elemanlar için sismik tehlikelere karşı önlemler alınmış, 2. Çalışmadaki binada ise hiçbir önlem alınmamış kabulü yapılmıştır.

Yapılan hesaplar sonucunda yapısal olmayan elemanların hasar olasılıkları bazılarında PGA yer ivmesine bağlı iken bazı elemanlarda görece kat ötelemesine bağlı grafiklerden yola çıkılarak elde edilmiştir. Sismik önlem alınmış 1. Çalışmada elde edilen sonuçlar gösterdi ki yapısal olmayan elemanların hasar görülebilirlik olasılıkları ciddi oranda azalmaktadır. 2. Çalışmadaki sonuçlar gösterdi ki sismik önlem alınmayan binalarda hasar görülebilirlik oranları DD1 ve tasarım depremi DD2 deprem seviyelerinde ciddi oranlara ulaşmaktadır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, akademisyenler, mühendis ve mimarlar ile profesyonellerin özellikle de yatırımcıların maliyet, yükseklik, taşıyıcı sistem arasındaki ilişkiyi daha iyi irdelemesine ve maliyet ile ilgili kararların daha etkin bir şekilde verilmesine yardımcı olacaktır. Statik projelendirmenin profesyonel Mühendisler tarafından yapılmasının önemi ve bina iskeletini oluşturan kalemelerde kalitenin, maliyet olarak görülmesine karşın aslında daha büyük bir kazanım için yatırım olduğunun kavranması açısından önemli bir çalışmadır.

KAYNAKLAR

ACI, (2008), Building Code Requirements for Masonry Structures and Specifications for Masonry Structures”, ACI-530-08, ASCE 5-08 / TMS 402-08 (2008), Masonry Standards Joint Committee of the American Concrete Institute, American Society of Civil Engineers, and the Masonry Society”, Farmington Hills, Michigan.

AFAD, (2020), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı T.C. İçişleri Bakanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2020.

ASCE, (2002), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE / SEI 7-02, the American Society of Civil Engineers, Reston, Virgin.

FEMA P-58-1, (2018), Seismic Performance Assessment of Buildings Volume 1-Methodology Prepared by APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL 201 Redwood Shores Parkway, Suite 240 Redwood City, California 94065.

FEMA P-58-2, (2018), Seismic Performance Assessment of Buildings Volume 2-Implementation Guide Prepared by APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL 201 Redwood Shores Parkway, Suite 240 Redwood City, California 94065.

PACT; (2018), Performance Assessment Calculation Tool, ver. 3.1.2, FEMA

Web 1, (2020), <http://peer.berkeley.edu/nga>, (Erişim Tarihi 10/08/2020).

TBDY, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Başkanlığı, Ankara, 2018.

TBI, (2010), Tall Buildings Initiative-Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings, Pacific Earthquake Engineering Center.

Toprak E., (2019), “Deprem sonrası bina ve tesis kullanımında olası süre kayıplarının değerlendirilmesi ve alınabilecek önlemler”, Presentation at the Chamber of Civil Engineers Istanbul Branch, TMMOB İMO İstanbul Şubesi, Mayıs 28.

Web 2, (2020), <https://nehrp.gov/contact/index.htm>, (Erişim Tarihi 10/08/2020).

Web 3, (2020), <https://www.arredamentomimarlik.com>, (Erişim Tarihi 10/08/2020).