

İLAYDA YALÇIN



**YÜKSEK YAPILARIN DEPREM YÖNETMELİĞİ VE SAĞLIK  
İZLEME SİSTEMİ YÖNERGESİNE GÖRE MİMARİ AÇIDAN  
DEĞERLENDİRİLMESİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ**

**İlayda YALÇIN**

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ

**EYLÜL 2021**

**ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YÜKSEK YAPILARIN DEPREM YÖNETMELİĞİ VE SAĞLIK**  
**İZLEME SİSTEMİ YÖNERGESİNE GÖRE MİMARİ AÇIDAN**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ**

**İLAYDA YALÇIN**

**EYLÜL 2021**

## ÖZ

# YÜKSEK YAPILARIN DEPREM YÖNETMELİĞİ VE SAĞLIK İZLEME SİSTEMİ YÖNERGESİNE GÖRE MİMARİ AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

YALÇIN, İlayda

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Aslı ER AKAN

Eylül 2021, 249 sayfa

Deprem gibi yanal yüklere karşı hassasiyetleri ile bilinen yüksek yapıların Türkiye üzerinde yoğunlaştığı noktalara bakıldığında ilk göze çarpan kentlerden birisi İstanbul'dur. Beklenen İstanbul depremi düşünüldüğünde ise kentteki yüksek yapıların deprem performanslarını değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu değerlendirmeyi yapabilmek için çalışmada öncelikle yüksek yapıların tarihçesi, dünyada yüksek yapılarla ilgili mevzuatların gelişimi, yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemler, yüksek yapılara etki eden yükler, 2018 Deprem Yönetmeliğinde yer alan kurallar ve Yapı Sağlığı İzleme Sistemi Yönergesi incelenerek özetlenmiştir. Alan çalışması için İstanbul seçilmiş olup kentte yer alan farklı taşıyıcı sistemlere sahip beş adet yüksek yapı örneği (Sapphire Tower, Metrocity, Elit Residence, İstanbul Gelişim Üniversitesi (Zorlu Plaza) ve Çamlıca Tepesi Radyo ve TV Kulesi) deprem yönetmeliğinde yer alan düzensizlik tanımları ve yapı sağlığı izleme yönergesi kuralları üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılarda görülen düzensizlik durumları tespit edilip yapı sağlığı izleme yönergesine göre sensör yerleşimine yönelik öneriler yapılmıştır.

Bu çalışmada deprem yönetmeliklerinin yüksek yapılar için önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Buna ek olarak ‘Yapı Sağlığı İzleme Sistemi’ konusunun yüksek yapılarda incelenmesi ile mimari literatürde bu konu hakkında farkındalık yaratarak literatürün genişletilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek Yapılar, Deprem Yönetmeliği, Yapı sağlığı İzleme Sistemi, Sapphire Tower, Metrocity, Elit Residence, İstanbul Gelişim niversitesi, Çamlıca Tepesi Radyo ve TV Kulesi.



## **ABSTRACT**

### **AN ARCHITECTURAL EVALUATION OF HIGH STRUCTURES ACCORDING TO SEISMIC BUILDING CODE AND HEALTH MONITORING SYSTEM DIRECTIVE: THE CASE OF ISTANBUL**

YALÇIN, İlayda

M.Sc., Department of Architecture

Supervisor: Doç. Dr. Aslı ER AKAN

September 2021, 249 pages

When examining tall buildings which are known for their sensitivity to lateral loads such as earthquakes, are concentrated in Turkey, one of the first cities that remarkable is Istanbul. As for considering the possible Istanbul earthquake, evaluating the earthquake performances of high-rise buildings in the city is an inevitable circumstance. In order to make this evaluation, the history of tall buildings, the development of legislation on tall buildings in the world, the structural systems used in tall buildings, the loads affecting tall buildings, the rules in the 2018 Earthquake Regulation, and the Structural Health Monitoring System Directive are summarized in the study. Istanbul was chosen for the field study, and five examples of high-rise buildings with different structural systems (Sapphire Tower, Metrocity, Elit Residence, Istanbul Gelişim University (Zorlu Plaza) and Çamlıca Hill Radio and TV Tower) were analyzed through the rules of the health monitoring directive and irregularities in the buildings which is defined in the earthquake code of Turkey. Irregularities in the buildings were determined and suggestions were made for sensor placement according to the building health monitoring directive.

In this study, the importance of earthquake codes for tall buildings has been tried to be emphasized. In addition, expanding the literature is aimed for raising awareness about this issue in the architectural literature by examining the subject of "Building Health Monitoring System" in high-rise buildings.

**Keywords:** Tall building, Earthquake code, Building health monitoring system, Sapphire Tower, Metrocity, Elit Residence, İstanbul Gelişim University, Çamlıca Hill Radio and Tv Tower.



## TEŞEKKÜR

Bu alıŐma sűresince; deęerli vaktini esirgemeden sorularımı hiçbir zaman cevapsız bırakmayan, her konuda sabırla yanımda olan ve tez çalıŐması sűrecinde bana yol gűsteren ve yűnlendiren saygıdeęer tez danıŐmanım Doç. Dr. Aslı ER AKAN'a teŐekkűr ederim.





*Aileme,*



## İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM I.....	1
1.GİRİŞ .....	1
1.1 PROBLEMİN TANIMI .....	1
1.2 ARAŞTIRMA SORUSU VE HİPOTEZ.....	3
1.3 ARAŞTIRMA AMACI, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI .....	4
1.4 ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	4
BÖLÜM II .....	7
2.YÜKSEK YAPILARIN GELİŞİMİ .....	7
2.1 YÜKSEK YAPI TANIMI .....	7
2.2 YÜKSEK YAPILARIN TARİHÇESİ .....	8
2.2.1 Yüksek Yapılaşmanın Ortaya Çıkışı .....	8
2.2.2 Amerika'daki Yüksek Yapıların Gelişimi .....	12
2.2.3 Avrupa'da Yüksek Yapıların Gelişimi .....	19
2.2.4 Uzakdoğu ve Asya'da Yüksek Yapıların Gelişimi.....	23
2.2.5 Türkiye'deki Yüksek Yapıların Gelişimi .....	27
2.8 YÜKSEK YAPILARA İLİŞKİN YASALAR VE YÖNETMELİKLER .....	31
2.8.1 ABD'deki Yaklaşımlar .....	32

2.8.2 Avrupa'daki Yaklaşımlar.....	35
Londra.....	35
Paris.....	38
Münih.....	39
2.8.3 Türkiye'deki Yaklaşımlar.....	40
<b>BÖLÜM III.....</b>	<b>43</b>
<b>3.YÜKSEK YAPILARDA KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEMLER.....</b>	<b>43</b>
3.1 MALZEME TÜRÜNE GÖRE YÜKSEK YAPILAR.....	43
3.1.1 Betonarme Sistemler.....	44
3.1.2 Çelik Sistemler.....	46
3.1.3 Kompozit Sistemler .....	48
3.2 YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ .....	49
3.2.1 Çerçeve Sistem .....	51
3.2.2 Perde Duvarlı Sistem .....	54
3.2.3 Çerçeve Ve Perde Duvarlı Sistem .....	57
3.2.4 Tübüler Sistem.....	61
3.2.4.1 Boş Tüp Sistem .....	63
3.2.4.1.2 Çerçeveli Tüp Sistem .....	64
3.2.4.1.3 Kafes Kiriş Tüp Sistem .....	66
3.2.4.2 İç Bağlantılı Tüp Sistem .....	68
3.2.4.2.1 Paralel Perde Duvarlı Tüp Sistem .....	69
3.2.4.2.2 Tüp İçinde Tüp Sistem .....	70
3.2.4.2.3 Demet Tüp Sistem .....	71
3.2.4.2.4 Hibrid Sistem (Kompozit Tübüler Sistem) .....	74
3.2.5 Diagrid Sistem .....	76
3.2.6.Mega Kolon& Mega Çerçeve Sistem .....	78
3.2.7 Asma Sistem .....	82

3.2.8 Uzay Kafes Taşıyıcı Sistem.....	85
3.2.9 Yatay Perdeli Çerçeve Sistem(Outrigger) .....	86
3.2.10 Şaşırtmalı Kafes Sistem.....	89
3.2.11 Diğer Sistemler .....	91
3.2.11.1 Pnömatik Sistem .....	91
3.2.11.2 Modüler Sistem.....	92
<b>BÖLÜM IV .....</b>	<b>97</b>
<b>4. YÜKSEK YAPILARA ETKİ EDEN YÜKLER .....</b>	<b>97</b>
4.1 YAPIYA ETKİ EDEN YÜKLER.....	97
4.2 YAPIYA ETKİ EDEN YÜKLERİN AKTARIMI.....	98
4.3 YAPIYA ETKİ EDEN YATAY YÜKLER.....	99
4.3.1 Rüzgâr Yüğü.....	102
4.3.2 Deprem Yüğü.....	106
<b>BÖLÜM V.....</b>	<b>110</b>
<b>5. ALAN ÇALIŞMASI: İSTANBUL'DAKİ YÜKSEK YAPILARIN İNCELENMESİ .....</b>	<b>110</b>
5.1 DEPREM TANIMI .....	110
5.2 İSTANBUL'UN DEPREM TARİHİ VE BEKLENEN İSTANBUL DEPREMİ .....	111
5.3 DEPREM YÖNETMELİĞİNE (2018) GÖRE YÜKSEK YAPILAR.....	115
5.3.1 Düzensiz Yapı Kavramı ve TBDY 2018'Göre Düzensizlik Tanımları. 118	
5.3.1.1 Burulma Düzensizliği ve Alınabilecek Tedbirler .....	120
5.3.1.2 Döşeme Süreksizlikleri ve Alınabilecek Tedbirler .....	123
5.3.1.3 Planda Çıkmaların Varolması ve Alınabilecek Tedbirler .....	123
5.3.1.4 Düşey Düzensizlik-Zayıf Kat(Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği).....	124
5.3.1.5 Düşey Düzensizlik-Yumuşak Kat(Komşu Katlar Arasında Rijitlik Düzensizliği).....	126

5.3.1.6 Düşey Düzensizlik-Taşıyıcı Sistemdeki Düşey Elemanların Süreksizliği .....	127
5.3.1.7 Diğer Düzensizlikler .....	129
5.3.2 Yapı Sağlığı İzleme Sistemi .....	137
<b>5.4 İSTANBUL'DAN 5 YÜKSEK YAPI ÖRNEĞİ.....</b>	<b>143</b>
5.4.1 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Sapphire Tower Üzerinden İncelenmesi .....	143
5.4.2 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Metrocity Üzerinden İncelenmesi .....	156
5.4.3 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Elit Residence Üzerinden İncelenmesi .....	166
5.4.4 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin İstanbul Gelişim Üniversitesi(Zorlu Plaza)Üzerinden İncelenmesi .....	177
5.4.5 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Çamlıca Tepesi Radyo ve TV Kulesi Üzerinden İncelenmesi.....	186
<b>BÖLÜM VI .....</b>	<b>201</b>
<b>6.SONUÇ.....</b>	<b>201</b>
6.1 DEĞERLENDİRMELER .....	201
6.2 SONUÇ VE ÖNERİLER .....	205
<b>BÖLÜM VII.....</b>	<b>207</b>
<b>7.KAYNAKLAR .....</b>	<b>207</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>225</b>

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 5. 1: Tipik Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri.....	115
Tablo 5. 2: Yüksek Bina Taşıyıcı Sisteminin Düzenlenmesinde Gözönüne Alınacak Hususlar .....	116
Tablo 5. 3: Deprem Tasarım Sınıflandırması (DTS) .....	116
Tablo 5. 4: Deprem Tasarım Sınıfı ve Bina Yüksekliğine Göre Yüksek Binalar....	116
Tablo 5. 5: Deprem Tasarım Sınıfları İçin İzlenecek Performans Hedefleri .....	117
Tablo 5. 6: Yüksek Binalar İçin Tasarım Aşamaları .....	117
Tablo 5. 7: TBDY 2018 Düzensizlikleri .....	119
Tablo 5. 8: TBDY 2018 Düzensizlikleri .....	120
Tablo 5. 9: Asgari İvmeölçer Adedi.....	141
Tablo 5. 10: Sapphire Tower-Proje Künyesi .....	143
Tablo 5. 11: Metrocity- Proje Künyesi .....	156
Tablo 5. 12: Elit Residence- Proje Künyesi .....	166
Tablo 5. 13: İstanbul Gelişim Üniversitesi- Proje Künyesi .....	177
Tablo 5. 14: Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi- Proje Künyesi .....	186
Tablo 5. 15: Örnek Yapıların Analiz Tablosu (+ Düzenli, - Düzensizlik Var, Boşluk= Bilgi Yetersiz) .....	204

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1: Tez Yazım Kılavuzu .....	6
Şekil 2. 1: Keops Piramidi .....	8
Şekil 2. 2: Singer Building, Ziggurat Örneği .....	9
Şekil 2. 3: Yakushii Pagodası, Parthenon .....	9
Şekil 2. 4: Elisha Graves Otis'in Asansör Tanıtımı, E.V Haughwout Building .....	12
Şekil 2. 5: Chicago 1871 Yangınının Tahmini Çizimi.....	13
Şekil 2. 6: Monadnock Binası, Masonic Temple .....	14
Şekil 2. 7: The Home Insurance, Reliance Building .....	15
Şekil 2. 8: Equitable Life Insurance Company, Woolworth Binası.....	15
Şekil 2. 9: Chrysler Binası, Empire State , DeWitt Chestnut Apartment .....	16
Şekil 2. 10: Lake Shore Drive, The Water Tower Place .....	17
Şekil 2. 11: John Hancock Center, Brunswick Building.....	18
Şekil 2. 12: Sears Tower, Penzoil Plaza Binası .....	19
Şekil 2. 13: Deutche Bank, Commerzbank Binası .....	20
Şekil 2. 14: Montparnasse Kulesi, Plan Voison .....	21
Şekil 2. 15: NatWest Banka Kulesi, Lloyd's of London .....	22
Şekil 2. 16: Tatlin Kulesi, Ukrayna Oteli , Vosvok Tower.....	23
Şekil 2. 17: Bank Of China Tower , Hong Kong Bank Binası .....	24
Şekil 2. 18: Toshiba Binası , Tokyo City Hall Complex .....	25
Şekil 2. 19: Jin Mao Tower , Petronas Kuleleri, Taipei 101 .....	26
Şekil 2. 20: Dancing Tower, Burj Khalife, Ciddetower .....	27
Şekil 2. 21: Kızılay Emek İş Hanı, Odakule .....	28
Şekil 2. 22: Sabancı Kuleleri, Mersin Metropol .....	29
Şekil 2. 23: Maya-Akar İş Merkezi, Ankara Sheraton Oteli .....	30
Şekil 2. 24: Akmerkez Ticaret Merkezi, Spine Tower.....	31
Şekil 2. 25: Sony Binası, Sony Binasının Kamusal Alanı .....	33
Şekil 2. 26: Battery City Park, Battery City Park'ın Güneye Doğru Kurduğu Bağlantı , Parkın Güney Bağlantısındaki İnsan Ölçeğinden Bir Görsel .....	33

Şekil 2. 27: The London Plan'daki Bölgeleme Planı .....	36
Şekil 2. 28: The London Plan'da Panoramik Noktaların Belirtildiği Yerler .....	37
Şekil 2. 29: Le Defense Bölgesi.....	39
Şekil 2. 30: Grande Arche, Le Centre National de Industries et Techniques.....	39
Şekil 2. 31: Frauenkirche Kilisesi , BMW Kulesi .....	40
Şekil 3. 1: Türkiye ve Dünya'da yapılmış en yüksek yapılar üzerinden malzeme seçim oranı .....	44
Şekil 3. 2: Taşıyıcı Sistem Seçimi ve Kat Yükseklik İlişkisi .....	45
Şekil 3. 3: Taşıyıcı Sistem Seçimi ve Kat Yükseklik İlişkisi.....	48
Şekil 3. 4: Kompozit Düşey Elemanlar .....	49
Şekil 3. 5: İç Taşıyıcı Sistemler .....	50
Şekil 3. 6: Dış Taşıyıcı Sistemler .....	50
Şekil 3. 7: Çerçeve Ve Kafes Sistem Davranışı .....	52
Şekil 3. 8: Çaprazlama Türleri .....	53
Şekil 3. 9: Rijit Çerçevelerde Yanal Ötelenme Hareketi .....	54
Şekil 3. 10: Perde Duvarlı Sistem .....	55
Şekil 3. 11: Açık Perde Sistem Geometrilere .....	56
Şekil 3. 12: Kapalı Perde Sistemleri .....	56
Şekil 3. 13: Rijit Çerçeve Ve Perde Duvarlı Sistem .....	58
Şekil 3. 14: 77 West Wacker Drive, 311 South Wacker Drive, Seagram Binası .....	59
Şekil 3. 15: Çerçeve Ve Perde Duvar Sistemin Yanal Yükler Altında Çalışma Prensipleri.....	60
Şekil 3. 16: Cephe Perde Duvarlarında Boşluk Düzenleme Örnekleri .....	61
Şekil 3. 17: Tüp Sistem, Tüp Sistem Plan Örneği .....	61
Şekil 3. 18: Yanal Yükler Altında Çerçeve Tüp Sistem .....	62
Şekil 3. 19: Çerçevesiz Boş Tüp Sistem Örneği .....	63
Şekil 3. 20: Çerçevesiz Boş Tüp Sistem Plan ve Perspektif Şeması , Çerçevesiz Boş Tüp Gerilme Hareketi .....	65
Şekil 3. 21: Serbest Düzenlenmiş Tüp Sistemli Plan Örnekleri .....	65
Şekil 3. 22: World Trade Center Ön Üretimli Eleman Örneği .....	66
Şekil 3. 23: Sky City Tower Ön Üretimli Eleman Örneği .....	66
Şekil 3. 24: A-kolon-diyagonal kafes B-kirişli verev kafes C-verev kafes, Kısmı Kafes Sistem Örneği .....	67

Şekil 3. 25: Kat Sayısı-Açı Bağlantısı , Farklı Kolon Akslarının Sebep Olduğu Farklı Yer Değiştirmeler(Birinci Örnek=44.0cm,İkinci Örnek=43.5cm) .....	68
Şekil 3. 26: Sears Tower-İç Bağlantılı Tüp , Allied Bank Plaza-İç Bağlantılı Tüp... 69	
Şekil 3. 27: Paralel Perde Duvarlı Tüp Sitem Örneği.....	69
Şekil 3. 28: Tüp İçinde Tüp Sitem Davranışı .....	70
Şekil 3. 29: Yanal Yükler Altında Çerçeve+Çekirdek ve Tüp İçinde Tüp Sistem Paylaşımları .....	71
Şekil 3. 30: Modüler Tüp Örnekleri .....	72
Şekil 3. 31: İki Modüllü Demet Tüp Gerilme Dağılımı , Dokuz Modüllü Demet Tüpte Gerilme Dağılımı .....	73
Şekil 3. 32: Tüp Sistem Örneklerinin Konsol Çalışma Düzeyleri .....	73
Şekil 3. 33: Demet Tüp Sistemin Çerçeve ve Kafes Tüp Şeklinde Uygulanması ....	74
Şekil 3. 34: Tübüler Kompozit Yapı Örneği .....	75
Şekil 3. 35: Kafes Tüp, Diagrid Sistem .....	76
Şekil 3. 36: 60 Katlı Yapı Aynı Açı Düzenlemesi-60 Katlı Yapı Değişken Açı Düzenlemesi-80 Katlı Yapı Aynı Açı Düzenlemesi-80 Katlı Yapı Değişken Açı Düzenlemesi .....	78
Şekil 3. 37: Mega Kolon Strüktür, A-Konsol Döşeme Şeklinde Düzenlenmiş Mega Sistem,B-Destekli Konsol Döşeme Şeklinde Düzenlenmiş Mega Sistem .....	79
Şekil 3. 38: Çekirdek Perde Düzenlemesi ve Normal Kolonlu Örnek(kolon sayısı=56,kolon ebatları=1.2mx1.2m) .....	80
Şekil 3. 39: Çekirdek Perde Düzenlemesine Mega Kolon ve Yatay Perdeli Çerçeve Sistem Eklenen Örnek(normal kolon sayısı=36,normal kolon ebatları=0.8mx0.8m,mega kolon sayısı=20,mega kolon ebatları=1.5mx1.5m).....	80
Şekil 3. 40: Cheung Kong Center Planları .....	81
Şekil 3. 41: HSB Turning Torso , Turning Torso Strüktürü .....	81
Şekil 3. 42: Asma Sistem Çalışma Prensipleri .....	83
Şekil 3. 43: Alt Taşıyıcıya Sahip Asma Sistem,Üst Taşıyıcıya Sahip Asma Sistem,Orta Taşıyıcıya Sahip Asma Sistem.....	83
Şekil 3. 44: Gergili Kolon Prensipleri.....	84
Şekil 3. 45: Germe Prensipleri .....	84
Şekil 3. 46: Uzay Kafes Sistem , Bank Of China-Plan ve Taşıyıcı Sistem .....	86
Şekil 3. 47: Rijit Kat-Çekirdek-Çerçeve Kafes Gösterimi .....	86
Şekil 3. 48: Yatay Perdeli Çerçeve Sistem Prensiplerinde Çalışan Kano .....	87



Şekil 3. 49: Yanal Yükler Altında Sistem Davranışı, Yatay Perdeli Sistemdeki Çekirdek Moment Düzeyi ve Yatay Perde Olmayan Sistemdeki Çekirdek Moment Düzeyi .....	88
Şekil 3. 50: Merkezi Çekirdekli Yatay Perdeli Çerçeve Sistem, Uzantı Çekirdekli Yatay Perdeli Çerçeve Sistem .....	88
Şekil 3. 51: Yatay Perde Görevi Gören Diagonaller, Yatay Perde Görevi Gören Zemin Kirişleri .....	88
Şekil 3. 52: Tepe Makaslı Plan, Tepe Makaslı Plana Sahip Yapı Davranışı .....	89
Şekil 3. 53: Şaşırtmalı Kafes Perspektifi .....	89
Şekil 3. 54: Yanal Yükler Altında Şaşırtmalı Kafes Davranışı .....	90
Şekil 3. 55: A-Hibrit Kafes,B-Açık Ağ Kafes .....	90
Şekil 3. 56: J.P.Jungman'ın Pnömatik Konut Denemesi .....	91
Şekil 3. 57: Profesör Jens G. Pohl'un Pnömatik Yapı Denemesi .....	91
Şekil 3. 58: Pohl'un 10 Katlı Bir Yapı İçin Geliştirdiği Sistem Prensibleri .....	92
Şekil 3. 59: Fuller'in Eskizlerinde Dymaxion Dwelling Unit .....	93
Şekil 3. 60: Nagakin Kapsül Kulesi Plan .....	93
Şekil 3. 61: Nagakin Kapsül Kulesi .....	94
Şekil 3. 62: Down Mechine projesi .....	95
Şekil 3. 63: Tesseract: Time Based Home Ownership Incentivisation Model projesi .....	95
Şekil 4. 1: Düşey Yük Dağılımı .....	98
Şekil 4. 2: P Delta Etkisi .....	100
Şekil 4. 3: Yapıda Yanal Yükler Altında Oluşan Kesme Ve Eğilme Hareketleri....	101
Şekil 4. 4: Yapıda Yanal Yükler Altında Oluşan Devrilme Ve Burulma Hareketleri .....	101
Şekil 4. 5: Rüzgar Basıncı- Rüzgar Hızı- Yapı Yüksekliği İlişkisi .....	102
Şekil 4. 6: Rüzgar Hızı –Yükseklik- Yapılı Çevre İlişkisi .....	102
Şekil 4. 7: DLF(Dinamik Yük Faktörü), Tb(Yapının Boyuna Bağlı Yer Değiştirme Oranı), Tg(Rüzgarın Yükselme Süresi) .....	103
Şekil 4. 8: Tek Yönde Yer Değiştirme –İki Yönde Yer Değiştirme .....	104
Şekil 4. 9: Sürekli Var Olan Yer Değiştirme –Şiddetli Dinamik Yükler Altında Yer Değiştirme .....	104
Şekil 4. 10: Türbülans Oluşumu .....	105
Şekil 4. 11: Vorteks Yükleri .....	105

Şekil 4. 12: a- Eğilme Etkisi Altında Oluşabilecek Devrilme b-Kesme Kuvveti Altında Kırılma Etkisi c-Eğilme Hareketi .....	107
Şekil 4. 13: Depremde Yapı Davranışları .....	108
Şekil 5. 1: 1509 Depreminin Peter Coecke Tarafından Ağaç Oyma Gravürü İle Tasviri .....	111
Şekil 5. 2: 1894 Depremini Anlatan Gravür .....	113
Şekil 5. 3: Kandilli Rasathanesi Ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün İstanbul Üzerinde Olası Deprem Senaryosunda Oluşturduğu Hasar Durumları Tablosu ....	114
Şekil 5. 4: Düzenli Taşıyıcı Sistem Örnekleri, Düzensiz Taşıyıcı Sistem Örnekleri .....	121
Şekil 5. 5: Düzensiz Plan Örnekleri .....	121
Şekil 5. 6: Çeşitli Yapı Formları .....	121
Şekil 5. 7: Diyagoneller İle Yapının Desteklenmesi .....	122
Şekil 5. 8: Sismik Yalıtımlı Kolon Örneği .....	123
Şekil 5. 9: Dilatasyon İle Yapı Ayırma Örnekleri .....	124
Şekil 5. 10: Dilatasyon, Perde Duvar Ekleme, Bitiş Duvarlarının Rijitleştirilmesi, Kesişme Noktalarında Kuvvetlerin Arttırılması(Kesintisiz Kiriş) .....	124
Şekil 5. 11: Farklı Strüktür Türlerinin Birleşmesi Düzensizliği .....	125
Şekil 5. 12: Kiriş Düzenlemesi Örnekleri .....	126
Şekil 5. 13: Yumuşak Kat Oluşumlarına Örnekler .....	126
Şekil 5. 14: Kat Yükseklik Farkı Sonucu Oluşan Düzensizlikler .....	127
Şekil 5. 15: Kolon Ekleme, Çapraz Ekleme ve Payanda Ekleme ile Rijitleştirme .	127
Şekil 5. 16: Guse Üzerinde Kolon, İki Ucu Mesnetli Kiriş Oturan Kolon .....	128
Şekil 5. 17: Perdenin Kolon Olarak Devam Etmesi, Zeminde Devamlılığı Olmayan Perde.....	129
Şekil 5. 18: Basit ve Daha Az Sakıncalı Geometriler- Komplex ve Düzensiz Geometriler .....	130
Şekil 5. 19: Çekiçleme Etkisi .....	130
Şekil 5. 20: Kısa Kolon Oluşumu , Ortak Kolona Bağlanan Farklı Düzeydeki Kirişler Oluşumu ve Kısa Kolon Davranışı .....	131
Şekil 5. 21: Kısa Kolon Oluşumuna Örnekler .....	132
Şekil 5. 22: Temel Düzensizlikleri; Bağıntısız Tekil Temel, Temeller Arası Kot Farkı, Farklı Ve Simetrik Olmayan Temeller, Yeterli Olmayan Temel Yüksekliği	133

Şekil 5. 23: Rijit Temel Düzenlemeleri; Sürekli Ya da Plak Temel Uygulamaları, Perde Duvarlar ile Bodrum ve Çevresinin Rijit Farklı Kotta Temel Uygulaması, Güçlü Bağ Kiriş Uygulamaları, Rijit Bodrum Kat Uygulamaları .....	133
Şekil 5. 24: Kuvvetli Kiriş-Zayıf Kolon Etkisi .....	133
Şekil 5. 25: Yapışık Kiriş .....	134
Şekil 5. 26: Saplama Kiriş ve Rijitleştirilmesi .....	135
Şekil 5. 27: Yanlış Asmolen Yerleşimi, Yeterli Sayıda Perde ve Çift Yönlü Asmolen Yerleşimi(Uygun) .....	135
Şekil 5. 28: Kirişsiz Döşeme Zımbalama Etkisi .....	136
Şekil 5. 29: Riskli Yerleşimler .....	136
Şekil 5. 30: Uygun Yerleşim.....	137
Şekil 5. 31: UBC'nin Sensör Yerleşim Önerisi, Geliştirilmiş İdeal Yerleşim Örneği .....	140
Şekil 5. 32: İvme Ölçer Yerleşim Kurgusu Örneği .....	142
Şekil 5. 33: Sapphire Tower, Yapıdaki Doğal Havalandırma Şeması .....	143
Şekil 5. 34: Sapphire Tower Avm Zemin Kat Planı .....	144
Şekil 5. 35: Konut-Lobby Planı, Konut Plan Örneği .....	145
Şekil 5. 36: Levent- Beşiktaş –Şişli Deprem Haritasındaki Konumları .....	145
Şekil 5. 37: Örnek Yapı İncelemelerinin Lejantı .....	145
Şekil 5. 38: Zemin Kat, Lobby Katı, Zone-1 Katı .....	146
Şekil 5. 39: Zone-2 Katı, Zone-3 Katı, Zone-4 Katı .....	146
Şekil 5. 40: Zemin Kat, Lobby Katı, Zone-1 Katı .....	147
Şekil 5. 41: Zone-2 Katı, Zone-3 Katı, Zone-4 Katı .....	147
Şekil 5. 42: Zemin Kat, Lobby Katı, Zone-1 Katı .....	148
Şekil 5. 43: Zone-2 Katı, Zone-3 Katı, Zone-4 Katı .....	148
Şekil 5. 44: Zemin Kat, Lobby Katı, Zone-1 Katı .....	149
Şekil 5. 45: Zone-2 Katı, Zone-3 Katı, Zone-4 Katı .....	149
Şekil 5. 46: Kolonların Süreksizliği, Zemin Kattaki Boşluğun Kolonsuz Devam Ettiği Bölge .....	150
Şekil 5. 47: Zemin Kat, Lobby Katı, Zone-1 Katı .....	150
Şekil 5. 48: Zone-2 Katı, Zone-3 Katı, Zone-4 Katı .....	151
Şekil 5. 49: Sapphire Tower.....	151
Şekil 5. 50: Katlar arası yükseklik farkı-Sapphire Tower .....	152
Şekil 5. 51: Yapı Geometrisi-Sapphire Tower.....	153

Şekil 5. 52: Zemin Kat, Zone-1Katı.....	153
Şekil 5. 53: Tipik Döşeme Planı .....	154
Şekil 5. 54: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi-Sapphire Tower.....	155
Şekil 5. 55: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Şeması-Sapphire Tower .....	155
Şekil 5. 56: Metrocity .....	156
Şekil 5. 57: Metrocity Ofis Kat Planı , Metrocity Konut Kat Planı .....	157
Şekil 5. 58: Zemin Kat Planı .....	158
Şekil 5. 59: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı .....	158
Şekil 5. 60: Metrocity Vaziyet Planı .....	159
Şekil 5. 61: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı .....	159
Şekil 5. 62: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı .....	160
Şekil 5. 63: Ofis Kulesi Cephesinde Duvar ve Cam Malzemenin Değişkenliği.....	160
Şekil 5. 64: Zemin Kat Planı .....	161
Şekil 5. 65: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı .....	161
Şekil 5. 66: Zemin Kat Planı .....	162
Şekil 5. 67: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı .....	162
Şekil 5. 68: Metrocity-Zeminde Açıklık .....	163
Şekil 5. 69: Katlar arası yükseklik farkı-Metrocity.....	163
Şekil 5. 70: Yapı Geometrisi-Metrocity.....	164
Şekil 5. 71: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi-Metrocity.....	165
Şekil 5. 72: Elit Residence, Elit Residence Görünüş .....	166
Şekil 5. 73: Elit Residence 1-8 Kat Planları.....	167
Şekil 5. 74: Elit Residence 9-23 Kat Planları.....	168
Şekil 5. 75: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı, Konut Kulesi 9-23.Kat Planı.....	168
Şekil 5. 76: Simetri bozan çekirdeğin cephe görüntüsü.....	168
Şekil 5. 77: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı, Konut Kulesi 9-23.Kat Planı.....	169
Şekil 5. 78: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı, Konut Kulesi 9-23.Kat Planı.....	170
Şekil 5. 79: Konut Kulesi Cephesinde Duvar ve Cam Malzemenin Değişkenliği .....	170
Şekil 5. 80: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı, Konut Kulesi 9-23.Kat Planı.....	171
Şekil 5. 81: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı, Konut Kulesi 9-23.Kat Planı.....	171
Şekil 5. 82: Kule Çatısı .....	172
Şekil 5. 83: Elit Residence-Zeminde Açıklık .....	172
Şekil 5. 84: Katlar arası yükseklik farkı-Elit Residence .....	173

Şekil 5. 85: Yapı Geometrisi-Elit Residence .....	174
Şekil 5. 86: Tipik Döşeme Planı .....	175
Şekil 5. 87: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi-Elit Residence .....	176
Şekil 5. 88: İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi.....	177
Şekil 5. 89: İstanbul Gelişim Üniversitesi Kat Planı, İstanbul Gelişim Üniversitesi Kesiti .....	178
Şekil 5. 90: İstanbul Avcılar Deprem Haritası .....	178
Şekil 5. 91: Tipik Kule Kat Planı .....	179
Şekil 5. 92: Tipik Kule Kat Planı .....	180
Şekil 5. 93: Tipik Kule Kat Planı .....	180
Şekil 5. 94: Tipik Kule Kat Planı .....	181
Şekil 5. 95: Tipik Kule Kat Planı .....	182
Şekil 5. 96: İstanbul Gelişim Üniversitesi-Zeminde Açıklık .....	182
Şekil 5. 97: İstanbul Gelişim Üniversitesi-Zeminde Açıklık .....	182
Şekil 5. 98: Katlar arası yükseklik farkı-İstanbul Gelişim Üniversitesi.....	183
Şekil 5. 99: Yapı Geometrisi-İstanbul Gelişim Üniversitesi .....	184
Şekil 5. 100: Yapı Geometrisi-İstanbul Gelişim Üniversitesi.....	184
Şekil 5. 101: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi- İstanbul Gelişim Üniversitesi .....	185
Şekil 5. 102: Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi .....	186
Şekil 5. 103: Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi Planları.....	188
Şekil 5. 104: Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi Planları ve Kesiti .....	189
Şekil 5. 105: Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu. 190	
Şekil 5. 106: +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı ...	190
Şekil 5. 107: +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı.....	190
Şekil 5. 108: Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu... 191	
Şekil 5. 109: +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı ...	191
Şekil 5. 110: +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı.....	191
Şekil 5. 111: Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu... 192	
Şekil 5. 112: +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı ...	192
Şekil 5. 113: +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı.....	192

Şekil 5. 114: Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu...	193
Şekil 5. 115: +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı ....	193
Şekil 5. 116: +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı.....	194
Şekil 5. 117: +149.50 Seyir Platformu, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı.....	194
Şekil 5. 118: +145.00 Seyir Platformu, +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı .....	195
Şekil 5. 119: +158.50 Kotu Katı, +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Kotu Katı.....	195
Şekil 5. 120: Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi -Zeminde Açıklık.....	196
Şekil 5. 121: Katlar arası yükseklik farkı- Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi ....	197
Şekil 5. 122: Yapı Geometrisi- Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi .....	198
Şekil 5. 123: Zemin üzeri +145.00 Kotu Seyir Katı, +145.00 Kotu üzeri +149.50 Kotu Seyir Katı , +149.50 Kotu Seyir Katı üzeri +154.00 Kotu Katı.....	199
Şekil 5. 124: +154.00 Kotu Katı üzeri +158.50 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı üzeri +172.00 Kotu Katı, +172.00 Kotu Katı üzeri +185.50 Kotu Katı .....	199
Şekil 5. 125: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi- Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi .....	200

## BÖLÜM I

### 1.GİRİŞ

#### 1.1 PROBLEMİN TANIMI

Yüksek yapıların tarihine bakıldığında ilk zamanlarda yapım sebeplerinin çoğunlukla dini nedenlerden kaynaklandığı görülmektedir. Yakın geçmiş ve günümüzdeki yüksek yapıların yapılma sebeplerinde ise; güç gösterisi, prestij sahibi olma gibi faktörler bulunmaktadır. Bu tip yüksek yapıların ortaya çıkışı ilk olarak 19.Yüzyılda Amerika Chicago’da; Endüstri devriminin de sonucu olan nüfus artışı, kentte bulunan arazi değerlerindeki artış, yeşil alanların yetersiz duruma gelmesi gibi sebepler sonucunda oluştuğu görülmektedir.

İlk örneklerinin yığma yapım tekniği ile yapıldığı ve dolayısıyla on kat yüksekliği geçemediği gözlemlenmiştir. Yüksek yapıların oluşumundaki en önemli sebeplerden birisi teknolojik gelişmelerdir. Yeni yapım teknikleri, yeni malzemelerin ortaya çıkışı, düşey sirkülasyonda kolaylık sağlayan asansörün bulunuşu, havalandırma sistemlerindeki gelişmeler vb. yüksek yapılaşmayı hızlandıran unsurlar olmuştur. Bu gelişmeler sonucu yüksek yapılar hem daha çok yükselebilmeye imkanı bulmuş hem de yanal yüklere karşı form üzerinden farklı üretimler sergileyerek dayanımlarını arttırabilmeyi sağlamışlardır. Form açısından öncelikle piramidal hacimler veya kademelenmiş hacimler ortaya çıkarken sonraları aerodinamik hacimler gelişim göstermiştir.

Endüstriyel gelişmeler ve yüksek yapılaşmanın ortaya çıkmasıyla kent kavramında da bir takım değişimler yaşanmıştır. Çalışma alanları kentin merkezini oluşturmaya başlarken yaşam alanları ise merkezden dışarda yaygınlık göstermeye başlamıştır. Bu durumun yarattığı bölgesellik; ulaşım zorluğu ile birlikte zaman kaybını ve bazı güvenlik problemlerini de beraberinde getirmiştir. Bu sorunlara çözüm olarak 1960’lı yıllarla birlikte ticaret, konut, ofis gibi farklı işlevlerin merkezde bir arada bulunması düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Bu da yüksek yapılaşmanın farklı işlevlerde görülmesine sebep olmuş ve aynı zamanda karma kullanımın ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Gülakan,2014). Kentlerde yaygınlaşan yüksek yapılaşma zamanla ulaşım sorunları, alt yapı problemleri, kent dokusunun ve silüetinin bozulması, tarihi değerlerin zarar görmesi, gölge sorunu, çevresel değerlere verilen zararlar, enerji kaybı, rüzgar tüneli oluşumları, komşu yapıların manzaralarının kesilmesi ve en önemlisi depremde göçme riski barındırması gibi sorunlara yol açmıştır (Katırcıoğlu,2016). Bu sorunlara karşı çözüm üretmek adına yüksek yapıların yapıldığı ülkeler zamanla bu yapılar için birtakım politikalar üretmeye ve bu politikalar çerçevesinde yönetmelikler oluşturmaya başlamışlardır. Ülkemizdeki yüksek yapılara ilişkin politikalar incelendiğinde ise yakın döneme kadar yüksek yapılara özel bir yönetmeliğin bulunmadığı gözlenmiştir. Yüksek Yapılarla ilgili ilk olarak 2008 yılında “İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği ve Rüzgar Yönetmeliği” taslakları oluşturulmuş olursa da yüksek yapılarla ilgili ilk resmi düzenleme 2018 yılında yayınlanan ve 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin (TBDY) içerisinde yer almaktadır. Ayrıca bu yönetmelikle birlikte yüksek yapıların “Yapı Sağlığı İzleme Sistemi Uygulama Yönergesi” ne uyumlu olması şartı da getirilmiştir.

Yüksek yapılar bu yönetmelikle birlikte özel bir başlık altında değerlendirilene kadar var olan deprem yönetmelikleri koşulları üzerinden inşa edilmiştir. Bir deprem ülkesi olan Türkiye'nin yapılaşmasının %98'inin deprem riski olan alanlarda olduğu bilinmektedir. Söz konusu yapı stoku incelendiğinde ise yüksek yapıların büyük kısmının İstanbul'da yoğunlaştığı ve ciddi bir deprem riski ile karşı karşıya oldukları görülmektedir.

2018'de AFAD tarafından yapılan açıklamaya göre İstanbul'da tarihi tam belirlenemese de önümüzdeki 10 sene içerisinde 7,5 şiddetinde bir deprem beklendiği bilinmektedir. Olası bir deprem sonucu 26-30 bin can kaybının olacağı ve 44bin 802 yapının yıkılacağı tahmin edilmektedir (url-1). Söz konusu risk senaryosu altında oluşabilecek; can kaybı, ekonomik hasar, yapılarda hasar ve yıkımın yanı sıra olası yüksek yapı göçmelerinin yapının yüksekliği kadar yarıçapa sahip bir alanı tehlikeye sokacağı da önemli bir gerçektir (Celep ve Özüygür, 2017). Bu nedenle İstanbul'daki yüksek yapıların olası bir depremdeki performanslarının belirlenmesi önem kazanmaktadır. Bu yapıların 2018 yılına kadar uymaları gereken özel koşullarının bulunmadığı da düşünüldüğünde 2018 yılı öncesinde inşa edilen yüksek yapıların yeni



yönetmelik koşullarına ne kadar uyumlu olduğunun ölçülmesi olası bir depremdeki can ve mal kaybını önleyebilmek için gerekmektedir.

Deprem yönetmeliklerinde her ne kadar mühendislik hesaplamalarına yoğun olarak yer verildiği görülse de yönetmelikler mimarların tasarıma başlamadan önce bilmesi gereken kuralları da kapsamaktadır. Taşıyıcı sistem ve mimari tasarımın yapısal bir bütün olduğu düşünüldüğünde, deprem yönetmeliklerinin sadece mühendisleri değil aynı zamanda mimarları da ilgilendirdiği görülmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında mimari ve yapısal tasarımın ayrılmaz ilişkisi mimarları da konunun önemli aktörleri haline getirmiştir. TBDY2018 mimari bakış açısı ile değerlendirildiğinde yapı tasarımında mimarların dikkat etmesi gereken unsurları içeren iki bölüm dikkat çekmektedir. Bunlardan biri “Bölüm 3: Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi” başlığı altında yer alan “Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar” kapsamında belirtilen “Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar” olup diğeri ise ilk kez 2018 Yönetmeliği ile gündeme gelen “Bölüm 13: Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar” başlığı altında yer alan “Yüksek Binalarda Kurulacak Yapı Sağlığı İzleme Sistemi”dir. Çalışma kapsamında bu bölümler mimari bakış açısı ile değerlendirilmiş ve İstanbul’da yer alan 2018 yılı öncesinde inşa edilmiş olan farklı yüksek yapı türleri üzerinden incelenmesi yapılmıştır.

## 1.2 ARAŞTIRMA SORUSU VE HİPOTEZ

Araştırma “2018 Türkiye Deprem Yönetmeliği öncesinde yapılmış olan yüksek yapılar bu yönetmeliğe ne kadar uygundur?” sorusu etrafında detaylandırılmıştır. Bu çerçevede “2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği öncesinde yapılmış yüksek yapılar depremde göçme riski taşımaktadır.” hipotezi sorgulanmıştır. Çalışmanın temel araştırma sorusunun cevaplanabilmesi için yapılan literatür taraması ile aşağıdaki alt araştırma soruları da araştırılmıştır.

- Yüksek yapı tasarımında mimarın sorumlulukları nelerdir?
- Deprem ülkelerinde yüksek yapılar için kullanılan yasalar ve yönetmelikler nasıl şekillenmiştir?
- Yüksek yapı taşıyıcı sistem tipleri nelerdir?
- Yüksek yapılara etki eden yükler nelerdir?
- 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliğinde yüksek yapılar için hangi kurallar getirilmiştir?

- İstanbul için beklenen depremde 2018 yönetmeliği öncesinde yapılmış olan yüksek yapılar nasıl bir performans gösterebilir?

### **1.3 ARAŞTIRMA AMACI, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI**

Bu çalışmanın amacı; İstanbul'da yapılmış olan farklı taşıyıcı sisteme sahip yüksek yapıların TBDY2018'e uygunluklarını mimari olarak değerlendirmek ve yapı sağlığı izleme sistemi hakkında mimari literatüre katkı sağlamaktır.

Araştırmanın önemi; Bu araştırma yüksek yapıların depreme karşı dayanımlarını mimari bakış açısı ile sorgulaması açısından değerlidir. Örnek yapılar üzerinden taşıyıcı sistem düzensizliklerinin tespitinin yapılması ve yapı sağlığı izleme sistemi koşullarının değerlendirilmesinin literatüre aktarılması ve mimari açıdan bir farkındalık yaratması önemlidir.

Araştırmanın sınırlılıkları; Bu çalışma genel anlamda TBDY2018'deki "Bölüm 3: Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi" başlığı altında yer alan "Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar" kapsamında belirtilen "Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar" ve ilk kez 2018 Yönetmeliği ile gündeme gelen "Bölüm 13: Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar" başlığı altında yer alan "Yüksek Binalarda Kurulacak Yapı Sağlığı İzleme Sistemi" koşullarının İstanbul'dan seçilen beş yüksek yapı üzerinden değerlendirilmesi ile sınırlandırılmıştır.

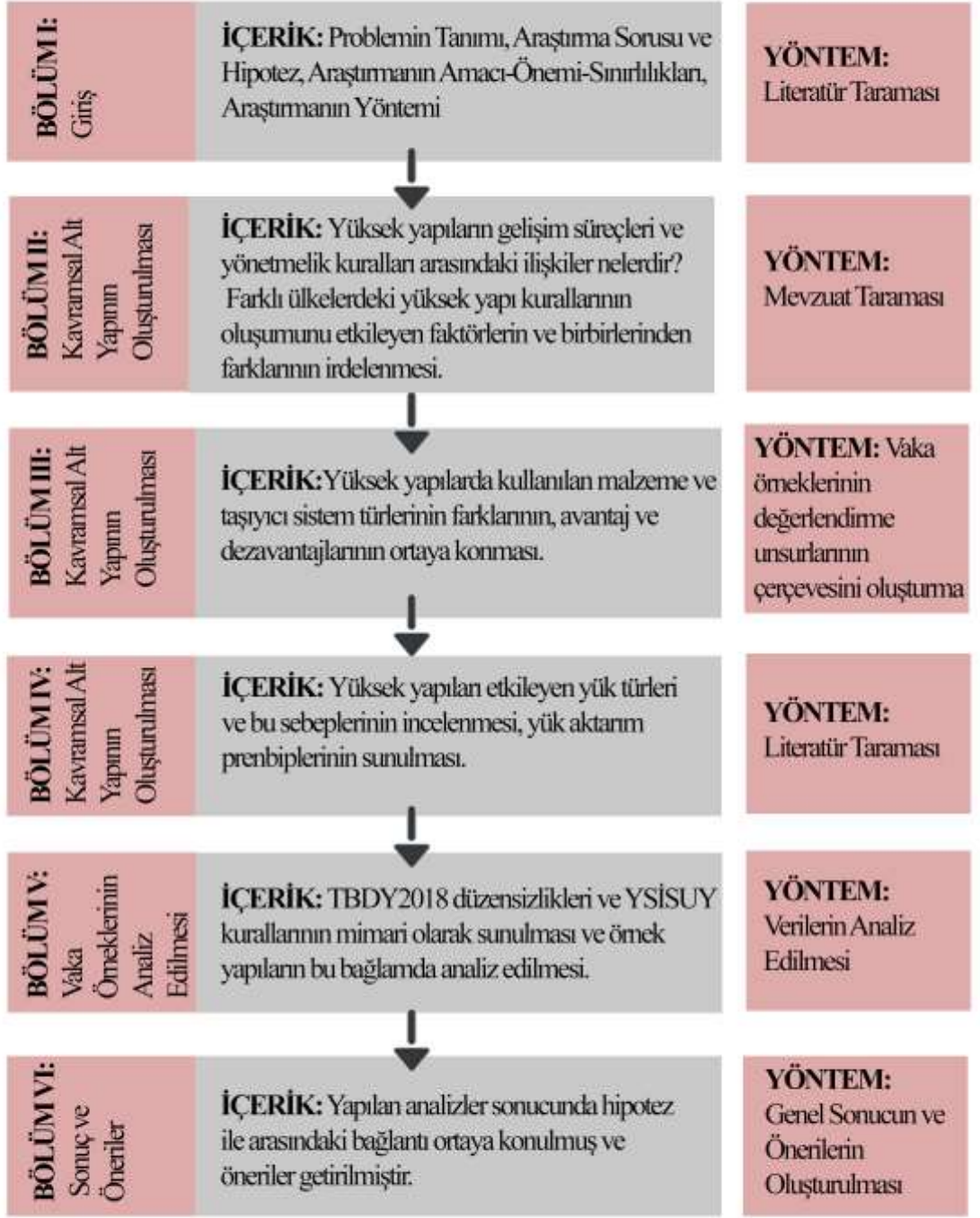
### **1.4 ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ**

Araştırmada öncelikle, TBDY2018 düzensizlikleri düzeyde ve plan düzleminde tanımlanarak bu tanımların mimari olarak karşılıkları, hangi tasarım faktörlerinin bu düzensizliklere sebep oldukları ortaya konmuştur. Daha sonra seçilen örnek yapılar üzerinden bu kurallar değerlendirilerek tablolar halinde sunulmuştur. Bu şekilde yapıların olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiştir. Araştırmanın diğer kısmını oluşturan yapı sağlık izleme sisteminin yönerge kapsamındaki ölçütleri sunulmuştur. Bu ölçütlerin mimari olarak karşılıkları; sensör yerleşim yerleri, yönleri ve sayıları olmak üzere ayrıştırılmıştır. Daha sonraki aşamada bu ölçütler örnek yapılar üzerinden incelenmiştir ve uygulama örneklerinin nasıl olması gerektiğine dair birer örnek oluşturulmuştur. Oluşturulan tablolar üzerinden genel sonuç değerlendirilmesi

yapılarak örneklerin yönetmelik uyumlulukları ve yapı sağlık izleme sistemi uygulama örnekleri sunulmuştur.

Çalışma temel olarak 6 bölümden oluşmaktadır (Şekil 1.1).

- Birinci bölümde; araştırmanın amacı, önemi, hipotezi, sınırlılıkları ve yöntemi açıklanmış,
- İkinci bölümde; geçmişten günümüze yüksek yapılar hakkındaki gelişmeler incelenerek kavramsal bir çerçeve çizilmiş,
- Üçüncü bölümde; yüksek yapı taşıyıcı sistemleri incelenmiş,
- Dördüncü bölümde, strüktürel açıdan yüksek yapıları etkileyen yükler belirtilmiş,
- Beşinci bölümde, deprem yönetmeliğinde yer alan düzensiz yapılarla ilgili koşullar İstanbul'dan seçilen yüksek yapı örnekleri üzerinden değerlendirilmiş,
- Altıncı bölümde ise, yapılan değerlendirmeler sonucunda araştırma sorusu cevaplanarak gelecekte yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuş ve çalışma tamamlanmıştır.



Şekil 1. 1: Tez Yazım Kılavuzu

## BÖLÜM II

### 2.YÜKSEK YAPILARIN GELİŞİMİ

#### 2.1 YÜKSEK YAPI TANIMI

Yüksek yapı ile ilgili literatür incelendiğinde; tall building (yüksek binalar), super-tall building (çok yüksek bina), high-rise building (yüksek bina) ve skyscraper (gökdelen) gibi kavramlar göze çarpmaktadır. Yüksek yapı kavramı dönemsel ve bölgesel olarak farklılık göstermekle beraber genel olarak ansiklopedik tanımı; yapının yüksekliğinin taban boyutlarına göre çok fazla olduğu yapılar şeklindedir. Yani tasarlanan bir hacmin dikey olarak büyüyüp gelişmesiyle oluşmuş yapı türüdür (Eren,2007).

Yüksek Binalar ve Kent Konseyi'ne (CTBUH) göre zemin kottan yapının mekânsal üst sınırına kadar olan kısmın(direk vb. eleman hariç) kat olarak 14 ve üzeri, yükseklik olarak 50m ve üzeri yapılar, yüksek yapı olarak geçmektedir. Çok yüksek binaların tanımı ise 300m'nin üstünde olan yapılar için geçerlidir. Eğer yapı 600m'den yüksek ise mega yüksek bina olarak geçmektedir (Altuğ,2019). Massachusetts yasalarının tanımına göre ise İngilizlerin Tower Block olarak bahsettiği 21m yükseklikten fazlasına sahip olan yapılar yüksek yapı olarak geçmektedir (Hasol,2007). Emporis Data Committee 'ya göre ise 35m yüksekliğin üzerindeki ya da 12 kattan fazla olan yapılar yüksek yapılardır. 100m ve üzeri yüksekliğe sahip yapılar ise gökdelen olarak geçmektedir (Günel ve Ilgın,2014).

Skyscraper (gökdelen) kavramı, Hasol'a göre 19.yüzyıldan önce denizcilik terimi olan en yüksek direk anlamına gelmektedir fakat sonradan mimarlıkta da kullanılmaya başlanmıştır. Yine gökdelen kavramına benzer olarak Skyscraper Müzesi 380m üzerinde olan yapılar için supertall kavramını kullanmaktadır (Hasol,2007).

Tüm bu tanımlarda fiziksel özellikler tasvir edilse de yüksek yapılar ve gökdelenlerin işlevsel ve yapım sistemleri ile ilgili tanımları da vardır. Ali ve Armstrong, yüksek yapıları; kentsel anlamda gücün, teknolojinin, ekonominin maddesel göstergesi olan ve çevresine göre alışılmışın dışında yüksekliğe sahip olup çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip yapılar şeklinde tanımlar. İşlevsel anlamda yüksek yapı ve gökdelen kavramlarını ayıran düşünce ise; gökdelenlerin küresel bir kavram olup yüksek yapıların bölgesel olduğudur. Bu bağlamda “Eiffel Tower” gibi yaşam alanı barındırmayan yapılar gökdelen olarak değerlendirilmezler (Günel ve Ilgın,2014).

## 2.2 YÜKSEK YAPILARIN TARİHÇESİ

### 2.2.1 Yüksek Yapılaşmanın Ortaya Çıkışı

Geçmişten günümüze kadar olan süreçte insanoğlunun yüksek yapı yapma sebeplerine bakıldığında; dinsel, simgesel, güç, prestij, zenginlik gibi kavramlar karşımıza çıkmaktadır. Bu kavramların yüksek yapıların var oluşlarına etkileri dönemsel olarak değişmiştir (Erol,2017). İşlevsel olarak tapınak, kamusal alan ve askeri işlevlere sahip olan yüksek yapılar; zaman içerisinde konut, otel, ofis, ticari alan şeklinde işlevlerle hayat bulmaya başlamıştır (Altuğ,2019). Yakın geçmişe kadar yüksek yapılarda genellikle dinsel yaklaşımların ön planda olduğu görülmektedir. Bunların Antik dönemdeki ilk örnekleri; Mısır’da piramitler, Uzakdoğu’da pagodalar, Mezopotamya’da Zigguratlar, Eski Yunan’da Parthenon, Babil Kulesi, Guetamala’daki Great Plaza, İskenderiye Feneri, Maya Tapınakları, Rodos Heykeli şeklinde sıralanabilir (Doğan,2008;Üdürgücü,2010).



Şekil 2. 1: Keops Piramidi (Doğan,2008)

Mısır’da piramitler firavunların gücünü göstermek amaçlı yapılan yapılar olduğu için yüksek yapılmışlardır. En yüksek piramit aynı zamanda dünyanın yedi harikasından birisi olan Keops Piramididir (Şekil 2.1). M.Ö 2551-2560 yılları arasında

taş malzemeden yığma yapım tekniğiyle yapılan yapı 146 m yüksekliğe sahiptir. Bu yapının yüksekliği 4000 yıl gibi uzun bir süreç sonunda Amerika’da konumlanan 187m yüksekliğindeki Singer Building binasının yapımına kadar en yüksek yapı olarak geçmektedir (Katırcıoğlu,2016) (Şekil 2.2).



**Şekil 2. 2:** Singer Building (url-2), Ziggurat Örneği (url-3)

Tanrı inancıyla bağlantılı olarak gelişen Zigguratlar ise tam olarak ne amaçla yapıldıkları bilinmeyen fakat tapınak kulesi şeklinde adlandırılan, konumlandıkları kentteki en yüksek yapı olmaları ile dikkat çeken yapılardır (Şekil 2.2).Yapısal olarak tapınakların gelişmiş türevi şeklinde oluşmuşlardır. Kaideler ve terasların üzerinde büyüyen yapılardır. En büyük ölçekli ziggurat Marduk Zigguratu olarak geçmektedir (Belecen,2015; Doğan,2008).



**Şekil 2. 3:** Yakushii Pagodası (Üdürgücü,2010), Parthenon (url-4)

Japonya, Çin, Himalayalar, Hindistan gibi yerlerde ise yüksek yapı olarak pagodaların geliştiğini görülmektedir. Pagodalar, mabet işlevine sahip olup kimi zaman içerisinde ibadet alanını bulundururlar kimi zaman ise ondan ayrı çalışırlar (Üdürgücü,2010). Her pagodanın kat sayısı farklı olmakla beraber her kat tanrılara ait

gök katların birer simgesidir. Dinsel inançlar pagodaların yapımında zemin oluştursalar da aynı zamanda buldukları kentlerin simgesi niteliğini alması durumunu da gözetenek tasarlanmışlardır (Doğan,2008). Strüktürel açıdan incelendiğinde; taş, tuğla, ahşap malzeme kullanımı ve plan düzleminde dört kolonun içeride bulunan kareyi, on iki adet kolonun ise dışarıda bulunan kareyi taşıdığı görülmektedir. Bu çerçeveli sistem, depreme karşı 1000 yıl ve hatta daha fazla bir zaman zarfında dayanıklılık göstermektedir (Kırkan,2005). Pagodalar için en önemli örneklerden birisi; Nara'da konumlanan 34m yüksekliğe sahip Yakushii Pagodası (MS 680)'dır (Üdürgücü,2010).

Eski Yunan dönemine ait bir örnek olan Parthenon'da döneminin önemli yapılarından olup yüksekliği ve formu ile ön planda olan bir tapınaktır (Doğan,2008) (Şekil 2.3). Roma imparatorluğu dönemine bakıldığında da yaklaşık 10 kat yüksekliğe sahip yapıların bulunduğu görülmektedir. Fakat imparatorluğun bölünmesi ile beraber yüksek yapılaşma gelişimleri yavaşlamış ve dini yapıların tasarımlarında çeşitliliğe sebep olmuştur. Bu çeşitlilik sonucu; çan kuleleri, haç plan ve bazilikalar ortaya çıkmıştır. Gotik üslubun yansıması olan katedraller bazilika alt yapılı gelişmişlerdir. Güncel olarak ta en yüksek katedral olan 162m yüksekliğe sahip Ulm Katedrali'dir (Üdürgücü,2010).

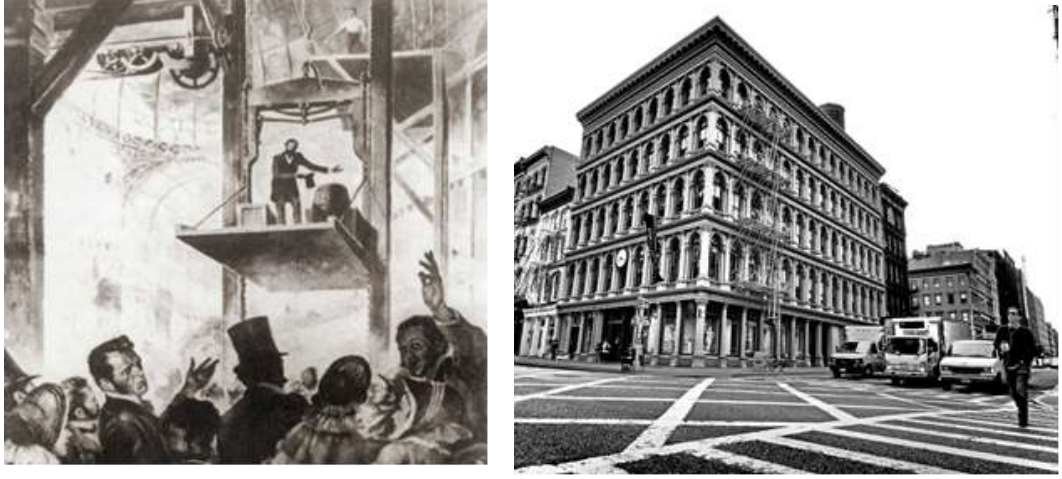
Tüm bu bahsedilen yüksek yapıların ve geçmiş dönemlere ait diğer yüksek yapıların; yüksek yapı yapma eğiliminin altında yatan sebepler; tanrı ile ilişki, güvenlik, güç gösterisi ve simgesellik şeklinde sıralanabilir. Günümüzde bahsedilen yüksek yapı kavramının oluşmasının altında ise bunlara ek başka önemli faktörler yatmaktadır. Bunlar sosyal açıdan; yeşil alan yetersizliği, nüfus artışı, kentteki arazilerin değer artışı, ekonomik gelişmeler, prestij göstergesi olma, yüksek yapıların politik açıdan yatırım şeklinde görülmeye başlanması, teknolojik açıdan ise; asansör ve hidroforun icadı, kalıp teknolojilerinin gelişmesi, havalandırma sistemindeki gelişmeler, çeliğin yapılarda taşıyıcı olarak kullanılması gibi gelişmeler şeklinde sıralanabilir (Çoşkun,2006; Bal,2003; İlerisoy ve Başgöl,2019). Tüm bu faktörler Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkmasıyla var olmaya başlamıştır. Sanayi Devrimi ile beraber kentleşme hızı artmış ve dolayısıyla nüfus artışı yaşanmıştır. Artan nüfus sonucu gereken hızlı mekan üretimi; arsalarda maliyetlerin artmasına ve bu artış sonucu hem ekonomik anlamda hem de mekan üretimi anlamında en fazla kazancın sağlanması adına dikey yapılaşmayı doğurmuştur (Kırkan,2005). Yüksek yapılara duyulan ihtiyaç ilk olarak ofis yapılarında rastlanmıştır. 1830-40'lı yıllarda



Amerika’da gelişen deniz yolu ve raylı yolların getirisi ekonomide büyüme ve yapılan işlerin tanımının ve ihtiyaçlarının değişmesi şeklinde olmuştur. Yapılarda 1860’lı yıllara kadar daha çok depolama, nakliye, hammadde üretim-dağıtım gibi işlevlere ihtiyaç duyulurken ekonomik gelişmelerle beraber ofis- büro ihtiyacı doğmuştur (Üdürgücü,2010). Dikey yapılaşma ilk olarak ofis yapılarında ortaya çıksa da savaş sonrası(1. Ve 2. Dünya Savaşı) konut ihtiyacının artmasıyla hızlı bir çözüm geliştirmek adına toplu konutların yapımı üzerinden türemeye başlamıştır (Kırkan,2005).

Nüfusun ve kentleşme hızının artışının bir diğer sonucu ise yeşil alanların azalması yönünde olmuştur. Yeşil alanların azalmasına karşı olarak yapılan yapıların taban alanlarını minimum düzeyde tutma fikri de dikey yapılaşmayı arttıran bir etkidir (Bal,2003).

Teknolojik açıdan ise yüksek yapıların gelişimini sağlayan en önemli faktörlerden birisi derin temel sistemlerinin kullanılmaya başlanması olmuştur. Bu sistemin 1843 yılında James Nasmyt sayesinde geliştirilmesi ile beraber yüksek yapılaşmaya uygun olmayan zemin türlerinde derin temel sistemlerinin kullanımı ve dolayısıyla yüksek yapılaşma olasılığı sağlanmıştır (Atasoy,2014). Bir diğer etkili faktör ise asansör sistemlerinin gelişimi olmuştur. Emniyetli asansörler, makinist Elisha Graves Otis tarafından 1853 tarihinde tasarlanmıştır (Sağlam,2016) (Şekil 2.4). Bu asansör türünün ilk kullanımı New York’ta konumlanan beş katlı E.V Haughwout Building (1857) binasında görülmüştür (Atasoy,2014) (Şekil 2.4). Yine ilklerden sayılan bir diğer örnek ise Amerika’da konumlanan Equitable Life Insurance Company (1873) binasıdır (Katırcıoğlu,2016). Buhar gücü ile çalışan asansörler daha sonra hidrolik kreyinler ile çalışmaya başlamıştır. 1880’li yıllara gelindiğinde ise asansörlerin elektrik gücü ile çalıştırılması Werner von Siemens sayesinde geliştirilmiştir (Sağlam,2016).



**Şekil 2. 4:** Elisha Graves Otis'in Asansör Tanıtımı (url-5), E.V Haughwout Building (url-6)

Teknolojinin gelişimi sayesinde malzeme üretimi de şekillenmiştir. Çelik malzeme üretiminin maliyetini düşüren bir yöntem Sir Henry Bessemer tarafından 1855 yılında ortaya atılmıştır. Çeliğin paslanmaz çelik olarak kullanımını sağlayan ise 1916 yılında Henry Brearly olmuştur. Malzeme üzerinden bir diğer gelişim beton üzerinden gerçekleşmiştir. 1867 yılında beton ve çelik malzemenin karma kullanımını sağlayan betonarme sistem Joseph Monier tarafından bulunmuştur (Sağlam, 2016). Bu gelişmeler sayesinde bina yapım sistemleri de değişime uğramıştır. Yığma yapım tekniği kullanımı ile sınırlı bir yüksekliğe ulaşılabilirken iskelet sistem sayesinde çok daha fazla yüksekliğe çıkabilme olanağı ortaya çıkmıştır (Kırkan, 2005). Yani malzemelerin kullanım alanları genişlerken farklı yapım sistemleri de doğmuştur. Bu sistemlerin gelişimini ve yüksek yapıların ortaya çıkışları ilk olarak Chicago'da görülmüştür (Günel ve Ilgın, 2014). Bu yüzden önce Amerika'daki yüksek yapıların gelişimini incelemek gerekmektedir.

### **2.2.2 Amerika'daki Yüksek Yapıların Gelişimi**

Yüksek yapıların Amerika'da ortaya çıkmasını hızlandıran iki etken; 1871 tarihinde Chicago kentinde ortaya çıkan yangın ve 1880-1910 yılları arasında ortaya çıkan Chicago Okulu adındaki akımın ortaya çıkmasıdır (Şekil 2.5). Yangın sonucu kentteki çoğu yapı ahşap olmasından ötürü yok olmuştur. Bu durumun sonucunda yangına dayanıklı yeni malzeme ve sistem arayışları meydana gelmiştir (Sağlam, 2016). Chicago Okulu akımı ise hızla artan nüfus, teknolojik gelişimler, ticari hareketlenmeler ve ekonomik gelişimler sonucu ortaya çıkararak; modern teknikleri,

yeni malzemenin kullanımı ile (çelik) harmanlanmasını sağlayarak ortaya çıkan yeni işlevlerle buluşmalarına sebep olmuştur (Doğan, 2008).



Şekil 2. 5: Chicago 1871 Yangınının Tahmini Çizimi (Atasoy,2014)

1880’li yıllarda yangın sonucu yeni sistem ve malzeme arayışı yapılarda; malzeme olarak kagir malzeme ve yığma yapım sisteminin tercih edilmesine sebep olmuştur. Yığma yapım tekniği ile yapılmış yüksek yapılaşma için Chicago’da konumlanan Monadnock Binası (1891) ve Masonic Temple (1892) Binası örnek verilebilir (Şekil 2.6). Monandnock, 60m yüksekliğe sahip 16 katlı ofis yapısı yığma yapının sınırlarını zorlayacak bir örnek olsa da yanal yüklere karşı aldığı önlemler sorunlar yaratmıştır. Zemine doğru kalınlaşan duvarlar 183cm kalınlığa sahip olup zaman içerisinde ağırlığı sebebi ile gömülme yaratmıştır (Katırcıoğlu, 2016; Üdürgücü, 2010). Bu örnekle birlikte yüksek yapılaşma için uygun sistemin yığma yapım sistemi olmadığı ortaya çıkmıştır.

İlk çelik çerçeve sistemin kullanıldığı ve Council on Tall Buildings and Urban Habitat tarafından ilk yüksek yapı olarak tescillenen yapı ise The Home Insurance yapısı olarak geçmektedir (Şekil 2.7). 10 katlı olan bu yapı William Le Baron tarafından tasarlanmış ve 1885 tarihinde tamamlanmıştır. Daha sonra iki kat daha çıkılmış ve yüksekliği 55m ye ulaşmıştır. Yapının taş duvarları taşıyıcı nitelikte değildir. Çelik çerçeveli sistem ızgara şeklinde kullanılmıştır ve bu kullanım sayesinde cephelerde geniş pencere açıklıkları uygulanabilmiştir (Sağlam, 2016; Altuğ, 2019). Bu örnekten de anlaşıldığı gibi çerçeveli sistemlerin tasarımları ilk olarak kagir

duvarlar ile birlikte tasarlanmıştır. Sonradan kagir malzeme kullanımı olmadan salt çelik çerçeve sistemler ortaya çıkmıştır.



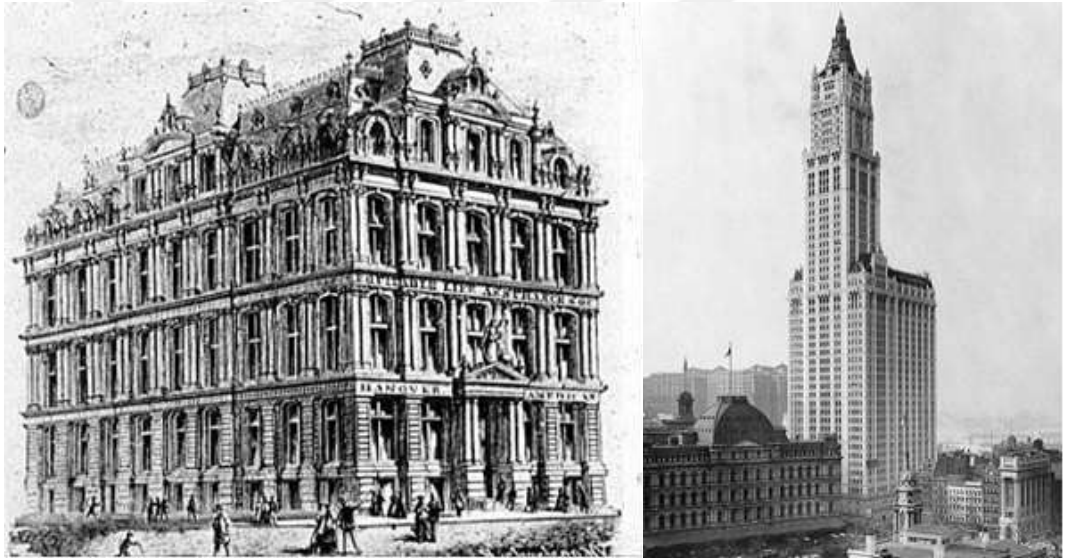
Şekil 2. 6: Monadnock Binası (url-7), Masonic Temple (url-8)

Bu sistem için Reliance Building (Chicago,1895) binası örnek verilebilir (Şekil 2.7). 15 katlı olan yapı 61.6m yüksekliğe sahip olup çelik çerçeve sistemin ve camın cephede kullanıldığı ilk örnek olarak geçmektedir (Atasoy,2014). Bir diğer önemli örnek ise çekirdek yerleşim kurgusu ile ön planda olan çelik çerçeve sistemli Flatiron Building (Manhattan, 1902) yapısıdır. 22 katlı olan yapı 86.8 m yüksekliğindedir. Chicago'daki yüksek yapıların gelişimi 1893 yılında çıkan 40m sınırı yasası ile bir süre duraklama dönemi yaşamıştır. Bu sürede yüksek yapılarda gelişim New York'ta yoğunluk göstermeye başlamıştır. New York'ta hızla gelişen ve çoğalan yüksek yapılar, 1.Dünya Savaşı ve savaşın getirisi olan ekonomik kriz nedeni ile 1920 tarihine kadar duraklama yaşamıştır (Doğan,2008).



**Şekil 2. 7:** The Home Insurance (url-9), Reliance Building (url-10)

1870 yılında yapılan asansörün ilk olarak kullanıldığı yapılardan biri olarak geçen Equitable Life Insurance Company binası ile çevre yapılarda oluşan gölge etkisi sorunu göze çarparak önlemler alınması yolunda adım atılmıştır (Şekil 2.8). Bunun sonucu olarak New York İmar Yönetmeliği 1916 yılında yürürlüğe girerek yüksek yapıların boyutlarına sınırlar getirmiş ve belirlenen yükseklikler sonucu belirli yükseklikten sonrasına çıkacak yapılarda geri çekilmeler şart koşturmuştur. Bu sınırlamalar sonucu yapılan bir örnek olarak Woolworth Binası örnek verilebilir (Şekil 2.8). 60 kat ve 241m yüksekliği olan yapı 1913 yılında yapılmıştır (Gülakan,2014). Her ne kadar sınırlamalar getirilmiş olsa da mevcut durumda prestij olma halini yakalamak adına yükselme yarışları var olmuştur. Bu duruma 1990'lı yılların başlarından; Metropolitan Tower (yıl:1909-213m,Manhattan) ve Singer Building(yıl:1908-187m,New York) örnek verilebilir (İlerisoy ve Başgöl,2019).



**Şekil 2. 8:** Equitable Life Insurance Company (url-11), Woolworth Binası (url-12)

Dünyanın en yüksek yapısı olma yarışında 1930lu yıllara gelindiğinde, bu durumun fiziksel olarak beden bulmuş hali New York'ta meydana gelmiştir. Bu yıllarda yüksek yapı sistemlerini statik açıdan kolaylaştıracak olan elle yapılan hesaplama yöntemi geliştirilerek yer değiştirmeler ve kesit tesirleri daha hızlı ve basit bir şekilde analiz edilmeye başlanmıştır(Atasoy,2014). New York'ta konumlanan Chrysler Binası(1930) 319.4m yüksekliği ile dünyada birinci gelmiştir (Şekil 2.9). William Van Alen'nin tasarlamış olduğu yapı Art Deco akımının da bir ürünü olarak geçmektedir. Çok kısa sürede inşa edilen yapının ana taşıyıcıları; betonarme çekirdek, çelik kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistem şeklindedir. Ayrıca bu tip bir

karma kullanım sistemi ile de yüksek yapılarda bir ilk olmuştur (Sağlam,2016; İlerisoy ve Başgöl,2019). Daha sonra bu yüksekliği aşip uzun süre en yüksek bina olarak kalan yapı 381m yüksekliğe sahip olan Empire State Binası (1931) olmuştur (Şekil 2.9). New York'ta konumlanan yapı çelik rijit çerçeve sistem ile taşınmaktadır. Çerçeve sistem ve bu sistemi oluşturan kolon ve kirişler bulon ya da perçin kullanımı ile bir araya getirilmiştir. Ayrıca yapının temeli 20m derinliğindeki sağlam kaya üzerinde konumlandırılmıştır. Bu yapı New York'un simgesi olması durumu ile de önemli bir yapıdır (Sağlam,2016).



**Şekil 2. 9:** Chrysler Binası (url-13), Empire State (url-14), DeWitt Chestnut Apartment (url-15)

Bu yıllarda Amerika'da (1930-1980) büyük bir ekonomik kriz ve 2.Dünya Savaşı yaşanmıştır. Fakat bu durum yüksek yapılarda çelik çerçeve sistemlerinin gelişimine, yanal yüklere karşı geliştirilen stratejilere, asansörün daha yaygın hale gelmesine karşı bir etken olmamıştır (Gülakan,2014). Daha sonra 1950lerde taşıyıcı sistemlerde yenilikler ortaya çıkmaya başlamıştır. Önce Dr.Fazul Kahn tarafından 1961 yılında tüp sistem kullanılmış, bu sistemle kolonlar cephede konumlandırılmış ve iç mekandaki düşey taşıyıcıların yerini çekirdek ya da çekirdekler almıştır (İlerisoy ve Başgöl,2019). Daha sonra bu sistem kafes tüp, çerçeve tüp, demet tüp, tüp içinde tüp ve rijit katlı sistemler şeklinde geliştirilmiştir (Atasoy,2014). Ayrıca bu sistem sayesinde malzemenin tasarruf ta sağlanmıştır (Gülakan,2014). Bu sistemin ilk

kullanıldığı yapı Chicago’da konumlanan DeWitt Chestnut Apartment yapısı olmuştur (Atasoy,2014)(Şekil 2.9).

1950 ve 60lı yıllar, betonarme sistemin kullanılmaya başlandığı ve aynı zamanda modernizm akımının da ortaya çıktığı yıllardır (Gülakan,2014). Bu dönemde yüksek dayanımlı betonun kullanıldığı yapılara; Lake Shore Drive Apartmanları(180m-1964) ve The Water Tower Place Binası(262m-1976) örnek verilebilir (Şekil 2.10). Mies Van Der Rohe tarafından tasarlanan Lake Shore Drive Apartmanları, hem modernizmin bir örneğidir hem de bu dönemde nüfus artışı sonucu yaşanan konut sorunu getirisi ile yaygınlaşan yüksek konut üretiminin bir örneğidir. Strüktürel açıdan ise; yapıda kullanılan çekirdek bağlantıları ve rijit düğüm noktaları ile çerçeve sistemde yapılan modern örneklerinden biri olma halini yaratmıştır. Bu dönemde ortaya çıkan modernizm ürünlerinin alt yapılarda; işlevsellik ve rasyonellik ön planda tutularak daha sade bir biçimde malzeme ve strüktür kullanımı ortaya çıkmıştır (Bal,2003;Katircioğlu,2016). Bu modernist akımın ilk örneği olarak geçen yapı ise çelik ve cam malzeme kullanımını barındıran 1951 yılında yapılan, Lever Hause; Gordon Bunshaft binasıdır (Doğan,2008).



**Şekil 2. 10:** Lake Shore Drive (url-16), The Water Tower Place (url-17)

Bu dönemde cam ve çelik kullanımının yanı sıra alüminyum giydirme cephe sistemleri ve yansıtıcı cam malzemenin kullanımı da görülmüştür. Hatta cephelerdeki dolu boş kurgusunda farklılaşmalara gidilerek doluluklar çoğaltılmıştır. Tasarım ve

statik hesaplamalar adına da farklılaşmalar yaşanmıştır. Bilgisayar destekli tasarımlar ve hesaplamalar yapılmaya başlanmıştır(Üdürgücü,2010).



Şekil 2. 11: John Hancock Center (url-18), Brunswick Building (url-19)

1960’larda ise gelişen kafes tüp sistem ile yapılarda daha çok yükselmeye olanak sağlanmıştır. Kafes tüp sistemin kullanıldığı ilk yapı Chicago’da konumlanan 344m yüksekliğe sahip John Hancock Center(1970) yapısıdır (Şekil 2.11). Bu yapı hem sistemin ekonomik açıdan daha verimli olduğu ortaya koymuştur hem de çok fonksiyonu barındıran ilk yapı olarak geçmektedir. 1970 ve 80li yıllarda bu sistem yaygınlaşmıştır (Bal,2003). Bu sistem betonarme şeklinde de yapılmıştır. 1983 yılında New York’ta konumlanan 780 Third Avenue Binası (173m) buna örnek verilebilir. Tüp içinde tüp sisteminin ortaya çıkmasıyla tasarlanan ilk yapı ise 1965 yılında yapılan Brunswick Building yapısı olmuştur (Şekil 2.11). Bu sistemde içeride kullanılan perde duvarlar içerideki tüpü oluşturmaktadır. Demet tüp sistemin ortaya çıkması ise 1973 yılında yapılan Sears Tower ile olmuştur (Şekil 2.12). Bu sistemde, tüp sistemler modüler olarak bir bütün halinde kullanılmıştır. Bu sistemler dışında yüksek yapılarda; rijit katlı sistemler, şaşırtmalı kafes sistem, diagrid sistem ve çerçevesel sistemin betonarme üzerinden kullanımı gibi geliştirilmiş sistemler de görülmüştür (Atasoy,2014).





**Şekil 2. 12:** Sears Tower (url-20), Penzoil Plaza Binası (url-21)

Tüm bu yapım sistemleri ve malzemelerde gelişimler yaşanırken aynı zamanda yeni mimari akımlar da ortaya çıkmıştır. 1980li yıllarda modernizm akımına karşı bir akım olarak postmodernizm meydana gelmiş ve modernizmin sadeliğini plastik etkilerle bir araya getirerek harman oluşumlar sergilemiştir. Bu akıma verilebilecek örnekler; Penzoil Plaza Binası ve AT&T Binasıdır. Penzoil Plaza yapısında, modernizm ürünlerinin çoğunda var olan dik açılar farklı bir şekilde yorumlanarak yeni bir form arayışına girilmiştir (Doğan,2008) (Şekil 2.12). Yüksek yapılardaki gelişmeler önceleri Amerika’da çoğunluk gösterse de 20.yüzyılın sonlarına doğru daha evrensel bir hal almaya başlamıştır (İlerisoy ve Başgöl,2019).

### **2.2.3 Avrupa’da Yüksek Yapıların Gelişimi**

Yüksek yapılaşma, Avrupa’da Amerika’ya kıyasla daha geç dönemde belirgin hale gelmiştir. 1960 yılı ve sonrası; İtalya, Almanya, İngiltere gibi ülkelerde 30 ila 50 kat arası yapıların görüldüğü dönemdir (Üdürgücü,2010). Fransa için; Montparnasse Binası, İngiltere için; Vickers Tower, İtalya için; Torre Gafla, Torre Velasca, Pirelli, Almanya için ise Mannesman Hochhaus yapısı ilk yüksek yapı örneği olarak verilebilir (Kırkan,2005).

Almanya’da yüksek yapılaşmanın başlaması ile birlikte bu yapıların nasıl tasarlanması ve nasıl konumlanması gerektiği ile ilgili bir takım görüşler ortaya atılmıştır. Bu görüşlerin ortak noktasında kent ile uyum içerisinde olmak fikri yatmaktadır. Ortaya atılan bir fikre göre; tarihi dokuların bulunduğu alanlara duyarlı bir şekilde ve aynı zamanda kentteki önemli düğüm noktalarında bulunarak yön hissini

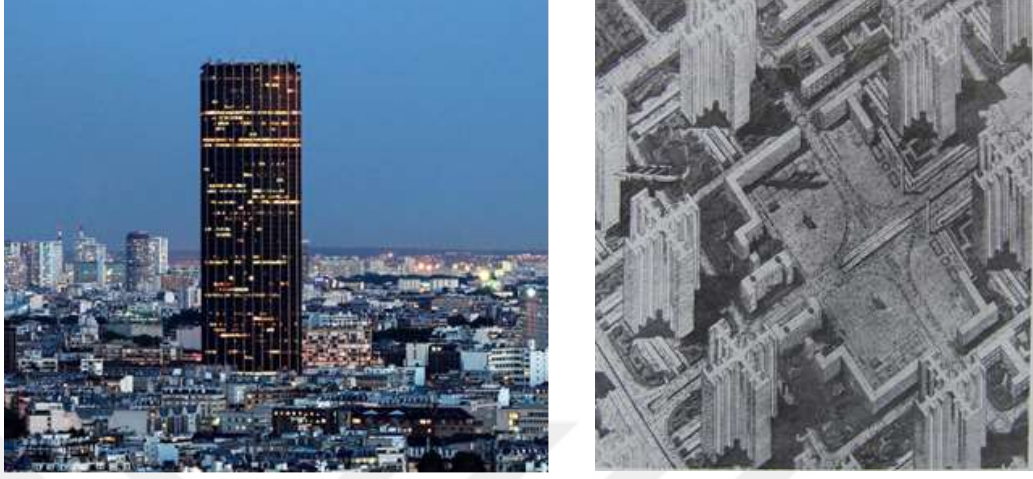
şekillendirebilecek nitelikte konumlandırılmalydılar. Diğer bir görüş ise; kentle uyumlu olacak bir şekilde kentte var olan yüksekliklerin ötesinde bir yüksek yapılaşma önerisi şeklindeydi. Toplumun bir kesimi üzerinde yaygınlaşan bu görüş Bruno Taut'un Die Stadt Krone adlı kitabında geçmektedir (Doğan,2008). Almanya'da yüksek yapılaşmanın bulunduğu Frankfurt şehri, iş merkezlerinin yoğunluğu ve bu yoğunluğun oluşum sebebi ile Amerika'ya benzer niteliktedir. Frankfurt şehri, yönetim yapılarını içerisinde barındırmaya başlaması ve 1957 yılında Bundesbank'ın merkezlerinin bu şehirde bir araya gelmesi, uluslararası döviz stoklarını barındırması ile finansal açıdan bir merkez niteliğine gelmiştir. Bunun sonucunda kurumlar arası bir rekabet yaşanmıştır ve bu da ofis yapılarının gelişimine sebep olmuştur (Kazımov,2018). Bu yapılara örnek olarak; Deutsche Bank, Messeturm Frankfurt ve Commerzbank Binası yapıları örnek verilebilir (Üdürgücü,2010; Kazımov,2018) (Şekil 2.13). 1997 yılında yapılmış olan Commerzbank Binası aynı zamanda ilk sürdürülebilir yapı örneklerinden birisi olması ile de ayrıca öneme sahiptir. Norman Foster'ın tasarlamış olduğu bu yapının hedefi, doğal yöntemlerle havalandırılan sistemi bir gökdelende kullanmak olmuştur (Katırcıoğlu,2016).



**Şekil 2. 13:** Deutsche Bank (url-22), Commerzbank Binası (url-23)

Fransa'da ise yüksek yapılaşmanın ilk inşası, gökdelen isminin kullanıldığı Montparnasse Kulesi'dir (Şekil 2.14). 1972 yılında yapılmış olan yapı 210m yüksekliğe sahip bir ofis binasıdır. Bu tarihten çok önce Le Corbusier yüksek katlı yapılaşmanın olduğu bir kent tasarımı sunmuştur. 1925 yılında sunmuş olduğu Plan Voisin adlı projesinde, konut ve ofis yapılarının bulunduğu yeşil alan içinde konumlandığı 60 ve 10 kat aralığında değişen yapılar bulunmaktadır (Doğan,2008)

(Şekil 2.14). 1970’li yıllardan itibaren Suriçi Paris bölgesinde yüksek yapılaşmaya karşı olarak 37m’yi geçemeyecek şartlar getirilmiştir. Bu yüzden yüksek yapılaşma gelişimi Fransa’da La Défense ve Rive Gauche bölgelerine kaymıştır (Kazımov,2018).



Şekil 2. 14: Montparnasse Kulesi (url-24), Plan Voison (Doğan,2008)

İngiltere’de 1950’li yıllara kadar olan süre zarfında yüksek yapılaşma örnekleri neredeyse bulunmamaktadır. Yaklaşık 10 yıl gibi kısa bir sürede ise Londra’da yüksek yapılaşmanın hızlandığı görülmektedir (Kazımov,2018). Hatta bu yıllarda gelişen yüksek yapılar içerisinde 100m yüksekliği geçen yapılar da olmuştur. Kent merkezindeki St. Paul Katedrali’nin Kuzeydoğusunda, giderek yoğunluk gösteren yüksek yapı stokları banka merkezi olmak gayesi ile kurgulanmışlardır. Bu alan içerisinde konumlanan 1980 tarih yapımı NatWest Banka Kulesi, 183m yüksekliğe sahiptir (Şekil 2.15). Bu yapı gibi yoğunluk gösteren yüksek yapılar bu dönemde tarihi doku ve kent ile uyum ilişkisinde olumsuz karşılanarak eleştiriler almıştır. Yüksek yapılaşmanın denetimi ve kentteki yaratılan uyumsuzlukların artmaması adına önlem almak için 1970li yıllarda bir takım düzenlemelere gidilmiştir. Düzenlemelere göre; Londra Büyük Şehir Belediyesi 46m’den yüksek olan yapılar için geliştirmiş olduğu plan üzerinden bu durumu kontrol altına almayı hedeflemiştir. Fakat bu kurallara uyulmayan pek çok durum yaşanmıştır (Doğan,2008). 1986 yılına gelindiğinde ise 100m yüksekliğin üzerindeki binalar için rapor ve tartışma durumu zorunlu hale gelmiştir. Siluet kaygısı ve kent ile uyumsuzluk adına alınan önlemlerde 1990lı yıllarda, yüksek yapılaşma için kent dışında konumlanan dönüşüm potansiyeline sahip Canary Wharf bölgesi uygun alan olarak kararlaştırılmıştır (Kazımov,2018). 1980li yıllarda Postmodernizm’inde ortaya çıkmasıyla Londra’da farklı yaklaşımları yansıtan yüksek yapılar 100m civarında türemeye başlamıştır. Richard Rogers tarafında

tasarlanmış olan Lloyd's of London yapısı buna örnek olarak işlevselciliği ve postmodernliği yansıtan bir örnektir (Şekil 2.15). Londra'da yüksek yapılar 1990lı yıllar ve sonrasında artış yaşamıştır.



**Şekil 2. 15:** NatWest Banka Kulesi (url-25), Lloyd's of London (url-26)

Rusya'da yüksek yapılaşma süreci toplumsal gelişmelerin simgesi olma niteliğinde gelişmeye başlamıştır. Bu duruma örnek olarak inşa edilmemiş ama ikon durumuna gelmiş 300m yüksekliğe sahip Tatlin Kulesi örnek verilebilir (Şekil 2.16).1919 tarihinde 3.Uluslararası Komünist Partiler Toplantısı için tasarlanan yapıda demir ve cam malzemeler kullanılmıştır. Moskova'da devlet gücünün simgesel nitelikte yansıtması hedeflenen Lenin Heykeli'de 1937 yılında yapımına başlanmış ancak 2.Dünya Savaşı ile beraber yapım durdurulmuştur. 1947 ve 1953 yılları arasında yapılan yedi tane yüksek yapı bulunmaktadır. Bu yapılar 'Yedi Kızkardeşler' olarak geçmektedir ve farklı işlevlerde neoklasik üslupta yapılmışlardır. Ukrayna Oteli bu yedi yapıdan birisidir (Doğan,2008) (Şekil 2.16). Yakın geçmişte ise Moskova'da 2003 yılında yapımına başlanan Vosvok(Federation) Tower örnek verilebilir (Şekil 2.16). 2017 yılında tamamlanan yapı yapım aşamasındayken Avrupa'nın en yüksek binası olma iddiasına sahipti (Katırcıoğlu,2016).



**Şekil 2. 16:** Tatlin Kulesi (url-27), Ukrayna Oteli (url-28), Vosvok Tower (url-29)

#### **2.2.4 Uzakdoğu ve Asya’da Yüksek Yapıların Gelişimi**

Yüksek yapılarda gelişim ve hız yarışı 20.yüzyıl sonu ve 21.yüzyılın başında Asya ülkelerinde, Uzak Doğu’da; Endonezya, Güney Kore, Japonya, Hong Kong, Malezya, Avustralya gibi kentlerde görülmeye başlayarak Ortadoğu’da da giderek yaygın hale gelmeye başlamıştır (Altuğ,2019). Uzakdoğu’daki ilk yüksek yapıların gelişiminin gösterilebileceği ve merkez olarak geçen Hong Kong’un; 1842’den beri İngiliz himayesinde bulunması, doğal kaynak azlığı ve nüfusun yoğunluğu, ticaret ve üretimde gelişimi getiren unsurlar olmuştur. Bu durumlar doğrultusunda Hong Kong kenti nüfusun yoğunluğuna cevap vermek ve prestij göstergesi olma gayesinde yüksek yapıların yoğunluk gösterdiği bir kent haline dönüşmüştür (Kazımov,2018). Hong Kong’da bulunan yüksek yapılara örnek olarak; High-Tech mimariyi de yansıtan; Shanghai Bankası ve I.M. Pei’nin tasarlamış olduğu Bank of China kulesi örnek verilebilir. Bank of China kulesi 369m yüksekliğe sahip olup beton ve çeliğin kullanıldığı kompozit bir sistem ile tasarlanmıştır (Bal,2003) (Şekil 2.17). Yapının taşıyıcı sistemi olan uzay kafes sistem; yerçekimi kuvvetlerini taşımakla beraber yanal yüklere karşı da yüksek dayanıklılık göstermektedir (Altuğ,2019). Bir diğer örnek Norman Foster’ın 1984 yılında tasarlamış olduğu Hong Kong Bank binasıdır. Prefabrike eleman kullanımı ile yapılan yapı ihtiyaç doğrultusunda kat eklenebilecek şekilde tasarlanmış olup strüktürel açıdan dörderli çelik kolon ve yatayda onları birleştiren kirişlerden oluşmaktadır (Doğan,2008) (Şekil 2.17).



**Şekil 2. 17:** Bank Of China Tower (url-30), Hong Kong Bank Binası (url-31)

Japonya ve Asya ülkeleri 2.Dünya Savaşı sonrası kalkınma adına ve deprem bölgesinde konumlanmalarına karşı olarak teknolojik gelişimlerini hızlandırmış ve bu durum yüksek yapıların gelişimine yansımıştır. Japonya'nın Tokyo'da yapılmış olan en yüksek yapısı Toshiba Binasıdır. Yapı 60 kata sahip olup 1985 yılında yapılmıştır (Kazımov,2018) (Şekil 2.18). Bir diğer örnek ise Tokyo'nun gökdelenlerle yoğunlaşmaya başladığı Shinjuku semtinde konumlanan 1991 yılında yapılmış olan iki kuleli Tokyo City Hall Complex(Belediye) Binasıdır (Şekil 2.18). Kulelerinden birisi 163m diğeri ise 243m yüksekliğe sahiptir (Doğan,2008). Japonya'da yüksek yapılar adına Avrupa ülkelerinde alınan kararlara benzer olarak; güneş ışığının verimli kullanılmaması, komşu ışığını kesme ve dolayısıyla daha fazla yakıt tüketimi yaratması şeklinde beliren sorunlara çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Çözüm olarak komşu binalardaki yaşamını sürenlere belirli miktarlarda ödeme yapılması şart koşulmuştur ve bu durum bazı durumlarda yüksek yapı yapmanın önüne geçmede olumlu yönde bir etken sağlamıştır (Hasol,2007). Japonya'daki yüksek yapılara örnek olarak bir de; Landmark Binası örnek verilebilir. Landmark Binası 1994 yılında yapılmış olup 298m yüksekliğe sahiptir. Ayrıca yapıldığı dönem ülkesinin en yüksek yapısı olarak geçmektedir. Strüktürel açıdan tüp içinde tüp kullanılan yapının cephesinde de granit kullanımı ile masif bir hissiyat oluşturulmuştur (Doğan,2008).



**Şekil 2. 18:** Toshiba Binası (url-32), Tokyo City Hall Complex (url-33)

Çin'deki yüksek yapılara örnek olarak 1998 yılında yapılmış olan Jin Mao Tower binası örnek verilebilir. Yapı Çin'in finans merkezi olarak geçen Şangay şehrindeki Pudong'da konumlanmaktadır. Yapı 421m yüksekliğe ve 88 kata sahiptir (Katırcıoğlu,2016) (Şekil 2.19). Aynı tarihte tasarlanmış olan Malezya'dan bir örnek Cesar Pelli tarafından tasarlanmış olan Petronas Kuleleridir.1999-2004 yıllarında dünyanın en yüksek binası olarak geçen yapı 452m yüksekliğe sahip olup kültürel ve tarihsel anlamda simgesel bir niteliğe sahiptir. Ayrıca yapının 41.-42. katlarını birbirine bağlayan 'Gökyüzü Köprüsü' olarak adlandırılmış köprüsü de bulunmaktadır (Doğan,2008) (Şekil 2.19). Bu yapının yükseklik rekoru 2004 yılında yapılmış olan 509m yüksekliğe sahip Tayvan'da konumlanan Taipei 101 binası tarafından kırılmıştır (Şekil 2.19). Teknolojik gelişmelerle, deprem ve inşaat mühendisliğindeki gelişimlerle beraber yapılarda oluşan rüzgar yüklerine karşı alınan önlemler değişiklik göstermiştir. Bu da tasarımlardaki prizmatik ya da piramidal formların değişikliğe uğramasına yol açmıştır (Hasol,2007). Buna örnek olarak; Çin'de konumlanan Guangzhou International Finans Merkezi örnek verilebilir. 2005-2010 yılları arasında yapılan yapı 440m yüksekliğe ile kristalimsi bir forma sahiptir. Üçgen planlı aerodinamik forma sahip yapı, diyagonal grid iskelet sistemi sayesinde rüzgar yüküne ve bükülmelere karşı dayanım sağlamaktadır. Yine Çin'de konumlanan; Şangay Dünya Finans Merkezi ve Shanghai Tower örnekleri bulunmaktadır. Şangay Dünya

Finans merkezi çok işlevli bir yapı olup yapıldığında 492m yüksekliği ile birlikte dünyanın en yüksek oteli olmuştur. Yapıda rüzgar yükünü azaltmak adına tepesinde ikizkenar yamuk şeklinde bir boşluk açılmıştır. Shanghai Tower ise Çin’de konumlanan en yüksek yapı ve aynı zamanda yapıldığı tarihte dünyanın ikinci en yüksek yapısı olma sıfatına sahip olmuştur. 2008-2014 yılları arasında yapılan yapının yüksekliği 632m dir (Katırcıoğlu,2016).



**Şekil 2. 19:** Jin Mao Tower (url-34), Petronas Kuleleri (url-35), Taipei 101 (url-36)

Avrupa ve Uzakdoğu’da yüksek yapılar adına gelişmelerin dışında dünyada göze çarpan ülkeler arasında Birleşik Arap Emirlikleri önde gelmektedir. Dubai’den; Burj El Arap (1999) 321m, Emirates Tower (354m), Zaha Hadid’in tasarımı olan Dancing Tower (350m) ve Burj Khalife (2012) örnek verilebilir (Şekil 2.20). Burj Khalife 828m yüksekliği ile birlikte dünyanın en yüksek binası olarak geçmektedir (Katırcıoğlu,2016). Fakat Suudi Arabistan’da inşaatı henüz tamamlanmamış Cidde Kulesi (Kingdom Tower) tamamlandığında 1km uzunluğu ile dünyanın en yüksek binası olması beklenmektedir (url-37) (Şekil 2.20). Tüm bu örnekler dışında fiziksel olarak beden bulamamış tasarımlar da vardır. 1956 yılında Frank Lloyd Wright tarafından tasarlanmış olan 1609m yüksekliğindeki One mile – High Tower örneği pratik bulunmayarak yapımı desteklenmemiştir (Kırkan,2005). Fakat günümüzde gelinen noktanın bu yükseklikten çok da az olmadığı görülmektedir (Hasol,2007).





**Şekil 2. 20:** Dancing Tower (url-38), Burj Khalife (url-39), Ciddetower (url-40)

Sonuç olarak; insanoğlunun varoluşundan bu yana yaratma isteği üzerine şekillenmiş pek çok yapı stoğu, zamanın getirisi sonucu, varoluş biçimleri ve var olma sebepleri üzerinde değişiklikler göstermektedir. Yapılarda yükselme isteği, eski çağlarda dinsel sebepler üzerine yoğunluk göstermiş olsa da yakın geçmişte dinsel sebeplerin yerini prestij sağlama ve güç gösterisi kavramlarının aldığı görülmektedir. Bu durumun ilk örneklerine teknolojik gelişmeler ve finansal gelişimler sonucu Chicago kentinde rastlanmakla birlikte Amerika ve daha sonra Avrupa’da yayıldığı görülmektedir. Sonradan bu yayılma Uzakdoğu ve Ortadoğu’ya geçerek dünyanın çoğu ülkesinde yoğunluk kazanan bir durum haline gelmiştir.

### **2.2.5 Türkiye’deki Yüksek Yapıların Gelişimi**

Türkiye’de yüksek yapılar Osmanlı İmparatorluğu döneminde kendisini; kule, minare, cami şeklinde göstermektedir (Üdürgücü,2010). Savaş sonrası kurulan Türkiye Cumhuriyeti’nde ise yapıların gelişimi ekonomik ve teknolojik etmenlerden ötürü daha kuralsız ve hızlı bir gelişim şeklinde kendisini göstermektedir (Kazımov,2018). Günümüzdeki yüksek yapı kavramının karşılığı yani içerisinde yaşamı barındıran ya da pek çok işlevi bir arada barındıran yüksek yapılar;1950’li yıllarda ortaya çıkmıştır (Üdürgücü,2010). Yüksek yapıların ortaya çıkma tarihinin daha erken olmamasının sebebi sadece ekonomik ve siyasi boyutlarla ilişkili değil aynı zamanda ülkemizin deprem bölgesinde konumlanması da bir etken nitelik taşımaktadır. Fakat arsa değerlerindeki artış ve ihtiyaçların artışı gibi etmenler sonucu yüksek yapılar yaygınlaşmaya başlamıştır (Özgen ve Sev,2000). Bu etmenlerin yanı sıra güç gösterisi, prestij olma, kimlik oluşturmak gibi etmenlerde Türkiye’de yüksek

yapı gelişimini tetikleyen maddeler olmuştur. Bu maddelerin baskın gelmesi durumu, imar kurallarına göre yasak olan bölgelerde bile şartların zorlanıp İstanbul ve Ankara kentlerinde yüksek yapıların yapılmasından anlaşılabilir. Türkiye’de yüksek yapı süreci; imar planlarında bu tip yapılar için belirlenmemiş alanlar olması durumu, ayrıcalıklı imar hakları ve plan tadilatlarının yapımı ile gerçekleşmiştir (Doğan,2008). Türkiye’de yüksek yapıların gelişimi ve yaygınlaşması Amerika ve Avrupa ile kıyasla süreç içerisinde daha yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir (Kırkan,2005).



**Şekil 2. 21:** Kızılay Emek İş Hanı (url-41), Odakule (url-42)

1960’lı yıllara kadar olan süreçte yüksek yapılarda 10 kat geçilmemiştir (İlerisoy ve Başgöl,2019). 1975’li yıllara kadar ise genellikle 25 katın üzerine çıkılmamıştır. Bunlara örnek olarak; Enver Tokay’ın tasarımı olan 76m yüksekliğe sahip Kızılay Emek İşhanı (1965), İstanbul’da konumlanan 23 kata sahip Odakule (1976) ve 12 kata sahip Karayolları 17.Bölge Müdürlüğü Binası, 13 kata sahip Ulus İş Hanı, 18 kata sahip Büyük Ankara Oteli örnekleri verilebilir (Özgen ve Sev,2000) (Şekil 2.21). Bu dönem örneklerinde ülkede uygun malzeme ve teknoloji bulunmadığı için yetersiz uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulamalardaki yetersizlikten kasıt; iklimlendirme sistemleri ve giydirme cepheler gibi yüksek yapılarda kullanılan elemanlardır. Bu eleman ve sistemlerin ilk denendiği yapılara örnek olarak; Sabancı Kuleleri (1993) ve Mersin Metropol (1987) örnek verilebilir (Hasol,2007) (Şekil 2.22). Sabancı Kuleleri, yarı panel sistemli giydirme cephe kullanımının olduğu Türkiye’deki ilk yapıdır (Katırcıoğlu,2016).



Şekil 2. 22: Sabancı Kuleleri (url-43), Mersin Metropol (url-44)

1975 yılına izleyen birkaç yıl içerisinde 30 kata sahip yapılar yapılmıştır. Fakat bu dönemde siyasi ve ekonomik girdilerden ötürü gelişim minimum düzeyde gerçekleşmiştir. Bunlara örnek olarak; Türkiye İş Bankası (Ankara-1977-29 kat), Hacı Ömer Sabancı Kız öğrenci Yurdu (Ankara-1988-1993-28 kat), İstanbul Harbiye Orduevi (İstanbul-1981-28 kat) örnekleri verilebilir (Kazımov,2018). 1985’li yıllara kadar olan süreçte ise yapılarda kat artışı gerçekleşmiş fakat ekonomik ve siyasi sebeplerin getirisi devam etmiştir. Bu dönemde taşıyıcı sistem olarak betonarme çerçeve sistem ve betonarme perde sistem kullanımı görülmektedir. 1985’li yıllar ve sonrası ise yükseklik oranlarında yüksek bina yapım teknolojilerinin kullanımına başlanması ile artış yaşanmıştır (Özgen ve Sev,2000). Bu durum yapım sistemlerinde, döşeme ve çerçeve açıklıkların artmasına sebep olmuştur. Ayrıca konutlarda da perde duvarlı sistem kullanımı yaygın hale gelmiştir (Üdürgücü,2010). Bu döneme örnek olarak; Maya-Akar İş Merkezi (26 kat-İstanbul), Yapı Kredi Plaza (20 kat), İstanbul Princess Oteli (19 kat), Ankara Sheraton Oteli (22 kat) yapıları örnek verilebilir (Şekil 2.23). Bu döneme ait bir diğer önemli örnek ise 1987 yılında yapımı tamamlanan Mersin Ticaret Ve İş Merkezidir. Bu yapı 52 kat 176m yüksekliği ile yapıldığı dönem Türkiye’nin en yüksek yapısı olmuştur ve bu ünvanını 2000li yıllara kadar korumuştur (Özgen ve Sev,2000).



**Şekil 2. 23:** Maya-Akar İş Merkezi (url-45), Ankara Sheraton Oteli (url-46)

1990 yılı ve sonrasında yüksek yapılarda tübüler sistem kullanılmaya başlanmış ve dolayısıyla yanal kuvvetlere karşı daha dayanımlı ve maliyeti düşük yapılar üretilmeye başlanmıştır. Bu dönemde yapılar 50 kata kadar yapılmaya başlanmıştır. Genellikle Türkiye’de yüksek yapıların işlevleri başlangıçta ofis yapısı olarak yapılmışsa da 2000li yıllarda konutta da yapılmaya başlanmıştır (Üdürgücü,2010). Ayrıca bu dönemde kullanılan teknoloji sayesinde; malzeme, strüktür, iklimlendirme, istenen form gibi kıstaslar daha çok isteneni karşılar niteliğe erişmiştir (Katırcıoğlu,2010). Günümüzde ise daha çok karma işlev kullanımı söz konusudur (Üdürgücü,2010). Türkiye’deki ilk karma kullanımlı yüksek yapı; Akmerkez Ticaret Merkezi (1992-28 kat)dir (Katırcıoğlu,2010) (Şekil 2.24). Bu dönemden diğer örnekler; İş Bankası Müdürlüğü ve Kuleleri (2000-52 kat), Tekstilkent Kuleleri (2000-44 kat), Tat Towers (2000-34 kat) şeklinde verilebilir. Daha güncel ve yüksek örnekler için; Dimonds of İstanbul(2008-54 kat-311m), Varyap Meridian (2013-52kat-188m), Spine Tower (2014-47 kat-202m), İstanbul Sapphire (2011-66kat-235m) örnekleri verilebilir. Spine Tower aynı zamanda C80 sınıfı betonun Türkiye’deki ilk örneğidir (Atasoy,2014) (Şekil 2.24).



**Şekil 2. 24:** Akmerkez Ticaret Merkezi (url-47), Spine Tower (url-48)

Türkiye’deki yüksek yapı gelişimleri sonucu olarak; alt yapı sorunları, kent silüetine olumsuz etkiler, tarihsel dokuda olumsuz etkiler, plansız ilerleyiş sonucu oluşan kaos ve deprem tehlikesine karşı alınmış olan eksik önlemlerin varlığı gibi pek çok sorun oluşmuştur (Kırkan,2005).

## **2.8 YÜKSEK YAPILARA İLİŞKİN YASALAR VE YÖNETMELİKLER**

Yüksek yapılarla ilgili yapılan yasal düzenlemeler, kentin var olan düzeninin bozulmamasına ve bozulmadan gelişmesini sağlamak adına yapıların birer kütle olarak algılanmasından çok bütüncül bir kent yaklaşımını ön plana çıkararak planlama sürecinde bir yol gösterici rol oynaması için gerekli olan alt yapıyı oluşturmaktadırlar. Bu tür bir yaklaşım sonucu ancak kentlerin sağlıklı bir geleceği ve kentsel açıdan daha yaşanabilir alanlar ortaya çıkabilmektedir. Aksi takdirde pek çok yaşamsal ve teknik sorunun var olma kapasitesi arttırılmış olur (Saydam,2007). Yüksek binaların kentle ve çevresiyle doğru bir bağlantı kurması adına yapılan düzenlemeler incelendiğinde farklı ülkelerde farklı düzenlemelerin geliştirildiği görülmektedir (Doğan,2008). Bu çalışma kapsamında Amerika, Avrupa ve ülkemizdeki yaklaşımlar ele alınacaktır.

### 2.8.1 ABD'deki Yaklaşımlar

Amerika; yüksek yapı türünün ortaya çıktığı ve geliştiği ilk yer olması ile diğer ülkelere kıyasla yüksek yapı tarihleri daha uzun bir süreç ve deneyim içermektedir. Bu durumda yüksek yapıların yapıldığı ilk dönemden itibaren düzenlemelerle planlı bir yol izlenimine olanak sağlanmıştır (Saydam,2007). Ancak ortaya çıkan yönetmelikler öncelikle toplumun faydası üzerinde odaklanırken zamanla yatırımcıların baskısı ile birlikte yüksek yapı pazarına dönüşüm söz konusu olmuştur (Doğan,2008).

Planlama süreci 1980'li yıllarda, ekonomik kalkınma ve nüfus artışı sonucu gündeme getirilmiştir. Yüksek yapıların ekonomik kalkınma üzerindeki olumlu etkisinden ötürü planlayıcıların ekonomistler olması sonucunu doğurmuştur. Dolayısıyla yüksek yapılar hızlı bir gelişim ve yaygınlaşma süreci geçirmişlerdir (Üdürgücü,2010).

Amerika'da uygulanan düzenlemeler eyaletler arasında farklılıklar barındırmaktadır. Yerel yönetimin yapılacak olan yüksek yapıların kentle kurduğu ilişkiyi olumlu hale getirmek adına yatırımcılardan bazı talepleri olduğu görülmektedir. Bu durum; bir fazladan kat karşılığında yatırımcıdan kamusal alan yapılması şartının getirmesi durumu üzerinden okunabilmektedir (Üdürgücü,2010). Buna örnek olarak; alışveriş aksı olarak geçen New York'taki 5.Cadde üzerinde konumlanan General Electric'in binasında kamusal alanı arttırmak adına kamusal alan oluşturulması talep edilmiştir. Fakat iklimin olumsuz getirisi yüzünden bu açık alanın kullanım dışı kalması gözlemlenmiştir. Bundan öğrenilenler doğrultusunda aynı aks üzerinde konumlanması planlanan Sony Binası'ndan yarı saydam ve kapalı bir kamusal mekan üretimi talep edilmiştir (Doğan,2008) (Şekil 2.25).



**Şekil 2. 25:** Sony Binası (url-49), Sony Binasının Kamusal Alanı (Doğan,2008)

Yerel yönetimlerle yatırımcılar arasında yapılan bu tür anlaşma örneklerine bir de; New York, Battery Park City’de orta alanda yapılanmaya karşılık olarak alanın yarısının açık kamusal alan olarak tasarlanması koşulu getirilmiştir. Bu koşul sayesinde çevresinde bulunan parklar ve bütün kıyı ile ilişki kurması sağlanır hale getirilmiştir (Doğan,2008) (Şekil 2.26).



**Şekil 2. 26:** Battery City Park, Battery City Park’ın Güneye Doğru Kurduğu Bağlantı (url-50), Parkın Güney Bağlantısındaki İnsan Ölçeğinden Bir Görsel (url-51)

Her eyalete karşı geliştirilen önlemlerin farklılığı çevre koşulları ile de bağlantılı bir durumdur. Buna örnek olarak San Francisco kentindeki yüksek yapılar adına yapılan düzenlemelerin alt yapısında deprem tehlikesi yatmaktadır. Kentte bulunan yüksek yapılar, kentteki hareketi olumlu ya da olumsuz etkilemelerine göre ayrıştırılmış ve ona göre bir yol izlenmiştir. Ayrıca düzenlemelerde kentteki geleneksel dokuya önem ön planda tutulmuştur (Üdürgücü,2010).

1970 yılında ABD yüksek yapıların, olumsuz etkilerini minimum düzeye indirmek ve sağlıklı kent ilişkileri kurmak adına National Environmental Policy Act(NEPA) kanununu yürürlüğe geçirmiştir. Bu kanuna göre çevreyi etkileyen önemli unsurlar;

- Yapının çevre üzerinde oluşturduğu etki,
- Yapı yapıldıktan sonra çevresinde oluşturabileceği olumsuz faktörler,
- Önerilen yapıya geliştirilen alternatif sunumlar,
- Çevrenin uzun vadedeki verimliliği ve kısa vadedeki kullanımı arasındaki bağlantı,

- Önerilen yapı yapıldıktan sonra geri dönüşü olmayacak etkileri, şeklinde sıralanabilir (Üdürgücü,2010).

Yüksek yapılarla ilgili izlenen politikalar ABD’de eyaletlere göre değişiklikler göstermektedir. Bu farklılıkları New York ile San Francisco örnekleri üzerinden gözlemlemek mümkündür.

New York’ta yüksek yapılar adına dikkat edilen ana konular; kat alan sayısı, taban alan sayısı, fiziksel çevre kontrolü, gök alanı açısı ölçeği şeklinde sınıflandırılabilir. Kat alan sayısı; yapının kat alanının arazinin kat alanına oranıdır, arsa alanı bu kat sayı ile çarpılarak yapının alanı hesaplanır. Taban alan sayısı; yapının zemin kattaki alanının arazi alanına oranıdır, bu oran ne kadar küçülürse yapının yüksekliği o kadar artabilmektedir. Fiziksel çevre kontrolü; yapılar sonucu oluşabilecek gölgeleme sorunu ve doğal hava sirkülasyonunu bozabilecek durumların ortadan kaldırılması için uygulanır. Bunun için; yapılacak yapının çevresinde bulunan sokak ve arsalarla uzaklıkları ölçülerek yapının biçimine ve konumlanmasına sınırlar getirilir. Gök alanı açısı ölçeğinin amacı; sokak seviyesinde ışık alımını kesmemektir. Bunun için; yapıların 2,5-3 oranında kademelenmesi ve yüzde yetmişlik bir açı ile eğimli hale getirilmesi gerekmektedir (Saydam,2007).

San Francisco’da güncel olarak yüksek yapılar için kullanılan yönetmelik 2019 da ekleri getirilen The San Francisco Building Code yönetmeliği içerisinde bulunan Requirements and Guidelines for the Seismic Design of New Tall Buildings using Non-Prescriptive Seismic-Design Procedures başlığı altında değerlendirildiği görülmektedir (The San Francisco Building Code,2019).

San Francisco’da yüksek yapılar hakkındaki politikalar uygulanırken; alt yapı yoğunluğu, nüfus ve kentin silueti faktörleri esas alınarak uygulanmıştır. Bu yüzden kent, bölgesel olarak dört alana işlev dağılımı yaparak gelişimini sürdürmüştür. Bunlar; hizmet alanları (Kat alan sayısı=7), alışveriş alanları (Kat alan sayısı=10), genel kullanım alanları (Kat alan sayısı=10), ofis alanları (Kat alan sayısı=14) şeklinde bölgelere ayrılmıştır. Bölgesel olarak işlevleri yoğunlaştırılmış alanlar bazı koşullar doğrultusunda imar hakları elde etmektedirler. Bunlar;

- Yapıda kamusal açık alan(meydan) tasarımı ve bu tasarımdan on beş metre geri çekilme sayesinde yüksekliğinin yüzde on beşi kadar artış yapılabilir.
- Yapının üst katlarındaki alanlarının küçülmesi ve çekilmeler ile yükseklik artışı yapılabilir.



- Alandaki eski binalar korunmalı ya da yapı ile ilişkili bir tasarım yoluna gidilmelidir.
- Kentte farklı alanlarda konumlanan yüksek yapılar yapılmadan önce genel kent silüetini analiz edilerek yükseklik kararına varılır.
- Merkez dışında konumlanan konut yapılarının max erişebileceği yükseklik 23m olarak belirlenmiştir.
- Kent genelinde yapıların köşegen ölçülerinin maximumu belirlenir, bu sayede yüksek yapıların kütle ve formlarının sınırları belirlenmiş olur.
- Kentin imar planında yüksek yapıların yapılacağı bölge merkez olarak belirlenmiştir.
- Yüksek yapılar zemin katta arkadlar aracılığı ile geleneksel sokak dokusunu oluşturuşa zemin katların arsa sınırına çıkması sorun götürmez ve olumlu karşılanır (Üdürgücü,2010).

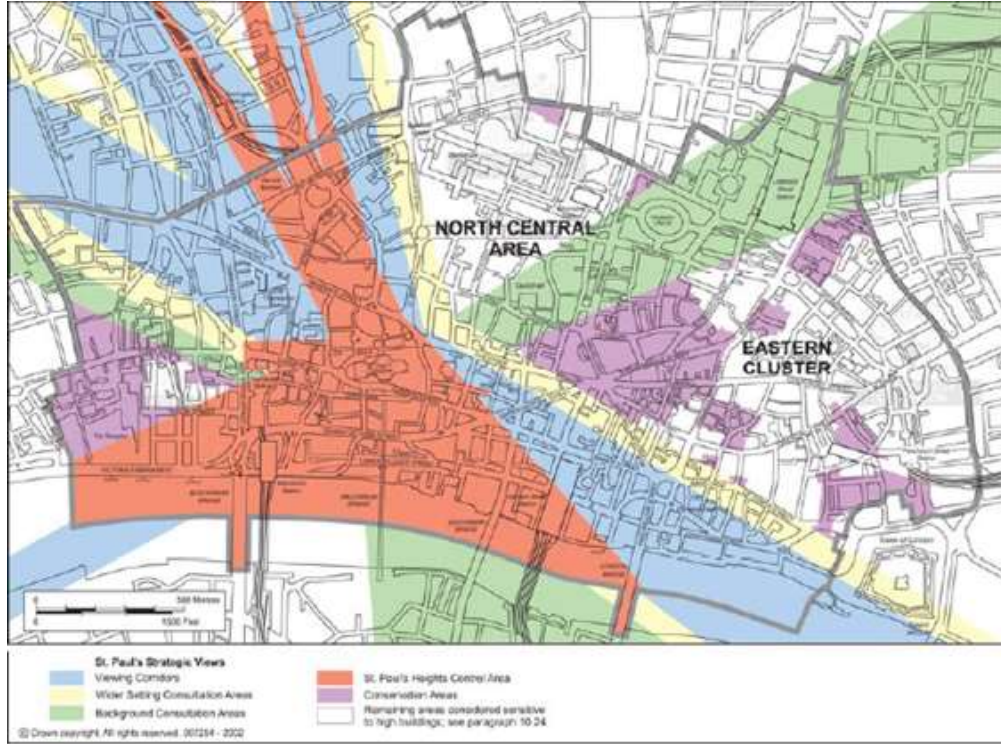
### 2.8.2 Avrupa'daki Yaklaşımlar

Avrupa genelinde kentlerde yüksek yapılara daha sıkı bir tutum sergilenmektedir. Bu tür yapıların insan üzerinde oluşturabileceği zihinsel ve ruhsal olumsuzluklar, kent ve kentle kurulan ilişkilerin olumsuz yönde gelişebilmesi gibi faktörler göz önüne alınarak kontrollü bir ilerleme yoluna gidilmiştir. Bu yaklaşımlara örnek; Londra, Paris ve Münih kentleri örnek verilebilir (Üdürgücü,2010; Doğan,2008). Avrupa genelinde yüksek yapılar adına kullanılan yönetmelikler malzeme ve deprem yönetmelikleri içerisindeki başlıklarda değerlendirilmiştir. Malzeme üzerinden değerlendirilen Eurocode 3 - Design of steel structures başlığında Part 3-1: Towers, masts and chimneys - Towers and masts başlığı altında değerlendirilirken deprem üzerinden değerlendirilen Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance başlığı altında Part 6: Towers, masts and chimneys başlığında değerlendirilmiştir (Eurocode 3,1998; Eurocode 8,1993).

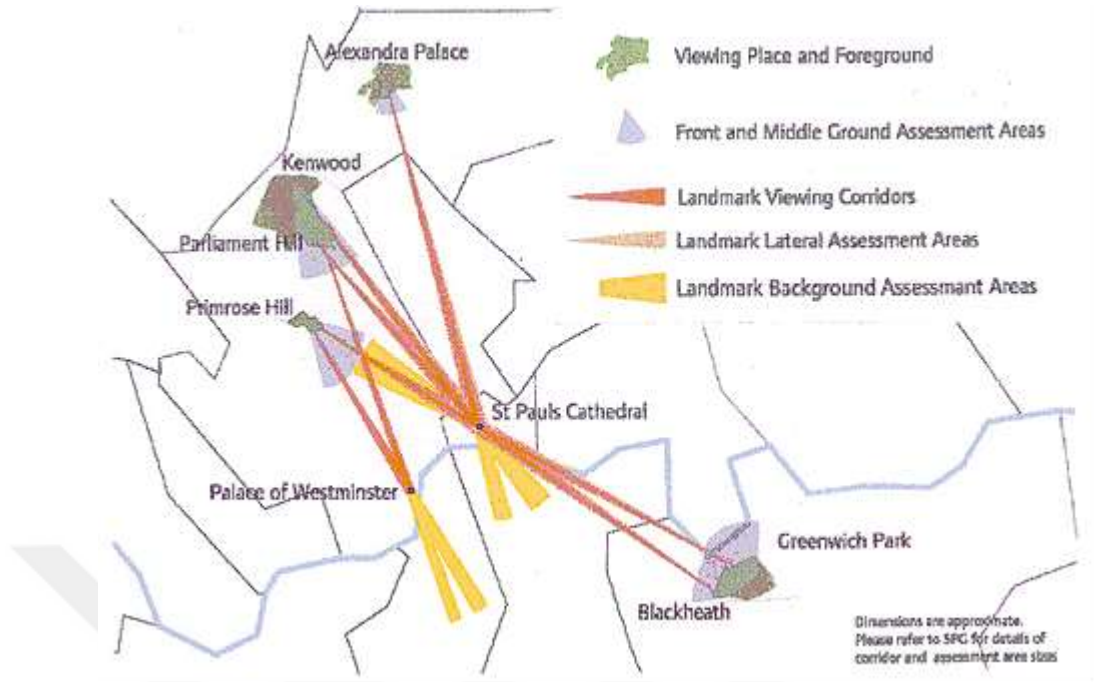
### Londra

İngiltere'de kentsel tasarım stratejileri doğa ve yeşil alanın korunması odaklı bir yaklaşım içermektedir. Amerika'ya kıyasla kamu ve özel sektörün işbirliği yapması durumu biraz daha gelişmiştir. Bu gelişimden kasıt; yeni yapılaşma vergisinin dışında yapının çevresindeki sosyal doku için ek bir vergi alınmaktadır. Margeret Thatcher'ın

1985 yılında ülke yönetimine geçmeden önceki süre boyunca yüksek yapılar için dört sınıflandırılma yapılarak inşa edilemeyecek alanlar belirlenmiştir. Yönetime geçtikten sonra yüksek yapı yapma sınırları Londra için kaldırılmıştır (Üdürgücü,2010). Fakat bu durumun zamanla karmaşaya sebep olması ‘‘Görünüm Koruma Çerçevesi’’nin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu çerçeveye göre; yüksek yapılar, önemli prestij yapılarının görünebilirliğini ve algılanabilirliğini kısıtlamayacak şekilde konumlanmalıdır. Yakın geçmişteki yaklaşımlarla örtüşen bu düşünce 2007 yılında ‘Londra Görünüm Koruma Çerçevesi’ kararları olarak ortaya çıkmıştır. Bu görüş; kentli ölçeği ile uyum ve kentte silüette uyum kavramlarını barındırmakla beraber bölgelere ayırma fikrini barındırmaktadır (Doğan,2008). 2009 yılında güncellenen Londra Büyük Şehir Belediyesi tarafından oluşturulan ‘The London Plan’ adlı kent planına göre; kent üç bölgeye ayrılarak değerlendirilmiştir. Bunlar; yüksek yapılar için elverişsiz bölgeler, yüksek yapılar için kısmen hassas bölgeler, yüksek yapıların yapılabileceği bölgeler şeklindedir (Saydam,2007) (Şekil 2.27 ve Şekil 2.28).



Şekil 2. 27: The London Plan'daki Bölgeleme Planı (Saydam,2007)



**Şekil 2. 28:** The London Plan’da Panoramik Noktaların Belirtildiği Yerler (url-52)

Yüksek yapılar için elverişsiz bölgeler; doğal özellikleri olan, tarihi değere sahip ya da bağlantılı olan bölgelerdir. Bu bölgelerde kentsel ve geleneksel dokunun bütüncüllüğünün bozulmaması temel amaçtır (Üdürgücü,2010).

Yüksek yapılar için kısmen hassas bölgeler; kırsal kimliği olan bölgeler ve kent silüetini etkileyebilecek ikincil alanlar ve tepelikleri kapsamaktadır. Temel amaç; yerel doku veya kentte ilişkisiz yüksek yapı yapımına engel olmaktır (Üdürgücü,2010).

Yüksek yapıların yapılabileceği bölgeler; yüksek yapılar için kısmen hassas bölgeler ve elverişsiz bölgeler haricindeki alanları kapsamaktadır. Fakat belirli tasarım şartları bulunmaktadır. Bu şartlar;

- Mevcuttaki mimari kimliği ve kaliteyi zedelemeyen tasarımlar
- Konumlandığı alanda uygulanan yüksek yapı kurallarına uyumlu olmalı
- Çevredeki kamusal alanlar, doğal ya da yapay peyzaj öğeleri ile uyumlu tasarımlar
- Örnek olarak verilen sürdürülebilirlik ilkeleri yapıda benimsenmeli
- Kentte var olan silüette bir anlam bularak bütüncüllüğü sağlamalı
- Gölgeleme, mikroklima, rüzgâr gibi faktörlere karşı duyarlı tasarım olmalı

- Eğer konut çevresinde konumlanmaktaysa mahremiyet göz önünde bulundurulmalı
- Yapının içinde ve çevresinde yeşil alan barındırarak kaliteli meknlar üretmeli
- Uygun bölgede kamusalılığı arttıracak zemin kat işlevlendirmeleri (kafe, alışveriş birimi vb.)içermeli
- Meknın zelliklerine göre su ögesi ile olumlu bağlantı kurlalı
- Bölgenin zelliklerine özgü ve güvenli olarak, yeterli derecede kamusal ve yaya ulaşım kapasitesi sağlamalı
- Hava, deniz ve telekomünikasyon ağları ile güvenilir ve uygun bir ilişki içermeli (Saydam,2007).

## **Paris**

Paris'te yüksek yapılar ile ilgili izlenecek politikaların oluşumunda Eiffel Kulesi önemli bir etken olmuştur. Montparnasse Kulesi'nin yapım aşamasında tartışmalar yaşanmıştır. Çünkü Eiffel Kulesi ile yükseklik açısından yarış durumu söz konusu olmuştur (Doğan,2008). Bu yüzden Montparnasse Kulesi(1973) Paris'te yapılmış son yüksek yapı olmuştur. Bu yapı ile ilgili tartışmalar sonucu yüksek yapılara belirli sınırlar getirilerek, yapımına uygun görülen bölge belirlenmiştir. Karar sonucu yüksek yapılar için uygun görülen bölge La Defense bölgesidir (drgc,2010) (şekil 2.29). Bu bölge kentin sınır kısmında yer almaktadır ve Paris'in yeni iş merkezi alanı olarak şekillenmiştir. Grande Arche'nin etrafında konumlanan bölge 750 hektarlık bir büyüklüğe sahip olup Paris'in en büyük yapılaşma alanını yaklaşık 3,5milyon metre kare ofis alanı ile oluşurmaktadır (şekil 2.30). Yasal açıdan kentin dışarısında kalan bu bölgenin yeni iş merkezini oluşturmasında, 1931 yılında açılmış olan Etoile de la Dfense bölgesel planlama yarışması etkili olmuştur (Doğan,2010). Daha sonra 1956 yılında Bölgesel Gelişim ve Organizasyon Planı(Regional Development And Organization Plan) ile, kentin çeper kısımlarına yeni yapılaşma nerisi ile merkezde oluşan yoğunluğu dengelemek hedeflenmiştir. La Defense aynı zamanda farklı vergilendirme ve ek sınırlamalar içinde uygun görülen bir alan olmuştur. Alt yapı yatırımları da bu durumda önemli bir rol oynamıştır. Bu alana taşıt ulaşım seçenekleri çeşitlendirilerek bağlantı kurulumu sağlanmıştır (drgc,2010). La Defense bölgesindeki gelişimi tetikleyen bir diğer unsur ise

landmark niteliğine sahip olan Le Centre National de Industries et Techniques(endüstri ve teknik merkezi binası) binasının yapımı olmuştur (Şekil 2.30).



Şekil 2. 29: Le Defense Bölgesi (url-53)



Şekil 2. 30: Grande Arche (url-54), Le Centre National de Industries et Techniques (url-55)

La Defense bölgesinde ilgi çekip turist yoğunluğu sağlayan The Arche yapısı; çeper bulvarı aksı olarak geçen Boulevard Periphérique'nin sonunda tasarım yarışması sonucunda yapılmıştır. Yapı 35 birimlik ofis yapısı olarak 100 metre genişliğe ve yüksekliğe sahiptir. Ayrıca Champ Elysées ve Versailles arasındaki aksın algılanabilir kılmasıyla da bölgeye değer katmaktadır (Doğan,2008).

## **Münih**

Almanya Bavyera'da yapılacak yüksek yapılar hakkında seçmenlerin bir takım hakları bulunmaktadır. Kentin bilinen yapısı olan Frauenkirche Kuleleri (99m) hakkında yapılan oylama sonucu yüksek olmaması için bir karar verilmiştir (Şekil 2.31). Bu oylama öncesinde de yüksek yapılarla ilgili tartışmalar bulunmaktadır. Kentte yüksek yapılar adına bilindik iki yapı; kentin sınırları dışında konumlanan HypoVereinsbank'ın yönetim merkezi (1981) ve BMW kulesi (1973) olarak yıllarca

adlarını korudular (Şekil 2.31). Bu durumun yerini zamanla oylama sonucu yüksek yapılara onay çıkması durumu değiştirdi (url-56).



**Şekil 2. 31:** Frauenkirche Kilisesi (url-57), BMW Kulesi (url-58)

Kent merkezi Münih'te korunmuşsa da bazı akslar ve meydanlardan yüksek yapıların görünmesi mümkün hale gelmiştir. Yeni projelerin oluşumuna karşı olarak adım atan ilk başkan Kronawitter'dir. 'Halkın kararı' yasası ile özel durumlarda demokratik kararların alınmasını sağlamıştır (Doğan,2008).

Frauenkirche Kuleleri yüksekliğinde önerilen yapı yükseklik sınırı tartışmalı bir durum yaratmıştır. Yüksek yapı yapımını savunanlar halkı yapılaşmaya teşvik edici arayışlar sergilemişlerdir. Kentin ekonomik bağlamda olumsuz yönde ilerlediği izlenimi verilerek masraflı bir kampanya başlatmışlardır. Halk oylaması sonucu 99m yükseklik sınırı olarak kabul görmüş fakat iki yeni proje onaylanmamıştır. Bu tip bir yüksek yapı politikasının izlenmesi durumu demokratik oluşu ile diğer Avrupa ülkelerinden farklı ve meydan okur durumunu yaratmaktadır (url-56).

### **2.8.3 Türkiye'deki Yaklaşımlar**

1980'lerde yüksek yapıların Türkiye'de yaygınlaşmaya başlamasıyla yasal denetim hakkında birtakım tartışmalar yaşanmıştır. Projelerin pek çok faktör altında nasıl denetlenmesi gerektiği, olumlu-olumsuz yönlerin nasıl belirlenmesi gerektiği, sistem ve bina performansları, kentsel alandaki konumu ve uyumu gibi pek çok konu tartışmanın içeriğini oluşturmaktadır. Ekonomik sebeplerden ötürü Türkiye'de yüksek yapı uygulamaları kesintilere uğramıştır. Uygulamalar süreklilik kazandığında ise kuralsız ve hızlı bir gelişim söz konusu olmuştur. Girişimci kaçırma kaygısı sonucunda; fırsatlar, gelişim bölgeleri, çevre ile entegre olma gibi faktörlerin plansız şekilde uygulandığı görülmektedir (Doğan,2008). Bu gelişimler sonucu pek çok sorun meydana gelmiştir.

Yüksek Yapılarla ilgili ilk olarak 2008 yılında “İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği ve Rüzgar Yönetmeliği” taslakları oluşturulmuş ancak bu yönetmelik uygulamaya geçememiş taslaktan öteye geçememiştir. Yüksek yapılarla ilgili ilk resmi düzenleme 2018 yılında yayınlanan ve 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin (TBDY) içerisinde yer almaktadır. Bu tarihe kadar yapılmış olan deprem ve afet yönetmeliklerine bakıldığında sırasıyla; Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi-1940, Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi-1944, Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği-1949, Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1953, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)-1962, ABYYHY-1968, ABYYHY-1975, ABYYHY-1998, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)-2007, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 yönetmelikleri karşımıza çıkmaktadır (Alyamaç ve Erdoğan, 2005; url-59). 1940 yılındaki ilk yönetmelikte zemin türü ve temel sistemi ve yanal yükler altında yükseklik faktörü ele alınmamaktadır. 1944 yılındaki yönetmelikte, 1-4 katlı yapıların yapılabileceği malzeme türleri ve sistemleri belirtilmiş olup rüzgar yükü etkisi hesaplanırken yatay ve düşey diğer yükler dahil edilmeden bir yol izlenimi sunulmuştur. 1949 yılında uygulanan yönetmelikte, yapı yükseklikleri deprem riskine ve malzeme türüne göre sınırlandırılmış en yüksek sınır 16m’ye sahip olabilecek şekilde belirtilmiştir (Çatal ve Yeşilce,2007). Ayrıca deprem bölgeleri 1. ve 2. derece şeklinde sınıflandırılmıştır. 1953 yönetmeliğinde, 1949’da yapılmış olan ilk deprem kuvveti hesap formülü detaylandırılmış, zemin tipine daha çok odaklanılmıştır. 1962’de su baskını ve yangın faktörleri eklenmiş olup deprem hesaplama yöntemi bir adım daha geliştirilmiştir. 1968 yönetmeliğinde, dönemde yaygın hale gelen betonarme yapılar üzerinde boyut ve elamanlarla ilgili kurallar belirlenmiştir ve günümüzdeki hesaplama yöntemine yakın hale gelecek deprem hesabı oluşturulmuştur. 1975’te deprem bölgeleri dörde ayrılarak daha hassas derecelendirilmiştir (Alyamaç ve Erdoğan,2005). Yine bu yönetmelikte 75m geçmeyen yüksek yapılar adına bir yanal yük hesabı formülü belirlenmiştir (Çatal ve Yeşilce,2007). 1998’de yapıdaki düzensizlikler belirlenmiş, yapı sistemleri ve malzemelerine özel daha detaylı hesaplama yöntemleri sunulmuştur (Alyamaç ve Erdoğan,2005). 2007’de farklı olarak mevcutta bulunan yapıların değerlendirilmesine ve gerekliyse güçlendirilmelerine karşı uygulamalar eklenmiştir (Çatal ve Yeşilce,2007). 2018’de ise, farklı olarak hafif çelik, betonarme, ahşap taşıyıcı

sistemler ayrı bölümler üzerinden incelenmiş ve yüksek yapılar, yalıtımlı bina taşıyıcı sistemleri de tasarım kuralları üzerinden değerlendirilmiştir (url-60). Ayrıca buna ek olarak yapısal sağlık izleme sistemi kurulumu yüksek binalar için şart koşulmuştur.





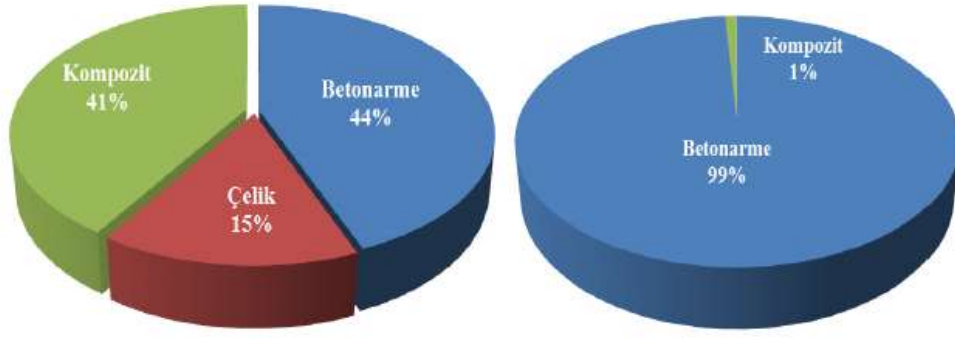
## BÖLÜM III

### 3.YÜKSEK YAPILARDA KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEMLER

#### 3.1 MALZEME TÜRÜNE GÖRE YÜKSEK YAPILAR

Yapılarda kullanılan en eski malzemeler ve teknikler incelendiğinde; taş, ahşap, kerpiç, tuğla gibi doğal malzemeler göze çarpmaktadır. Fakat yakın geçmişteki teknolojik gelişmelerle beraber bu sistem ve malzemeler değişim ve gelişim göstermiştir. Yüksek yapılarda uygulanan sistemlerde; kesme, çekme, basınç gibi gerilme hareketleri gözlemlenmiştir. Bu yüzden yapıda kullanılan sistemlerin bu yükler ve gerilmeler altında minimum deformasyon göstermesi gerekmektedir (Bal,2003). Bu özelliklere cevap verebilecek doğrultuda yüksek yapılarda kullanılan malzemeler; betonarme, çelik ve kompozit olarak gelişimini göstermiştir. Bunların seçimi; yapının kat yüksekliğine, yapının işlevine ve mimari planına göre şekillenmektedir (Gülakan,2014).

1960'lerde çelik malzeme kullanımı yüksek yapılarda daha fazla uygulanırken, 1970 ve sonrasında beton malzemenin kullanımı uygulamada sağladığı yararlarından ötürü daha yaygın hale gelmiştir (Bal,2003). 2010 yılında da çelik kullanımı 1960 yılına göre %72 oranında bir azalış yaşamıştır. Çelik malzeme 1960larda ofis yapılarında %88 kullanım göstermekte iken günümüz için bu oran %18 dir. Günümüzde kullanılan karma işlevli yüksek yapılar adına betonarme kullanımı %15, kompozit malzeme %10 oranında bir kullanıma sahiptir. Dünya ve Türkiye için en yüksek 100 yapının sisteminde kullanılan malzeme türü üzerinden yapılan analize göre Türkiye'de kullanılan malzeme yoğunluğu; betonarme, Dünya genelinde; betonarme ve kompozit yoğunluk göstermektedir (Gülakan,2014) (Şekil 3.1).



**Şekil 3. 1:** Türkiye ve Dünya’da yapılmış en yüksek yapılar üzerinden malzeme seçim oranı (Gülakan,2014)

Yapıda kullanılan malzeme türünün özellikleri; yapının maliyetini, formunu, yüksekliğini, dayanımını etkileyen faktörleri etkilemektedir. Bu yüzden yüksek yapılarda kullanılan bu üç malzeme türünün taşıyıcı sistem üzerinden özelliklerinin daha detaylı incelenmesi doğru olacaktır.

### 3.1.1 Betonarme Sistemler

Betonarmenin tarihteki başlangıcını belirlemek zor olsa da tarihteki ilk örneklerinden birisinin Roma betonu olduğu bilinmektedir. Betonarmenin gelişiminde yatan fikir; pek çok deney ve yöntem sonucu beton malzemeye metal entegre etme fikrinden ortaya çıkmıştır. Modern betonarme kavramının ortaya çıkmasında 1824 tarihinde Joseph Aspdin’in dayanım oranı daha yüksek Portland çimentosunu bulması büyük bir etken olmuştur. Daha sonra betonarme 19.yüzyılda gelişimini tamamlayarak günümüzdeki halini almıştır (Tekin,2013).

Kullanım yoğunluğu ve kullanıldığı elemanlar bağlamında tarihsel açıdan incelendiğinde betonarme; 1930’lu yıllara kadar olan süreç içerisinde kat döşemeleri ve temeller dışında kullanımı yaygın görülmemektedir. Yapılarda kullanımının yaygın hale gelmesi Birinci Dünya Savaşı sonrası olarak geçmektedir. 1940’lı yıllara gelindiğinde Amerika’da perdeler ana taşıyıcı sistem ve kirişsiz döşeme kullanımı betonarme yapılarda görülmektedir (Işık,2008).

1950’li yıllarda betonarmenin strüktürel sistem olarak kullanımı daha yaygın hale gelmiştir. Buna örnek olarak; Amerika’da 38 katlı yapılar (1958), New York’ta Amerikana Hotel (50kat-1962), Chicago’da Marina City Apartmanları(60 kat-1962) örnek verilebilir (Işık,2008). Betonarmenin diğer malzeme türlerine göre avantajları yaygın hale gelmesinde önemli bir neden olmuştur. Avantajları;

- Uygun maliyetli olması

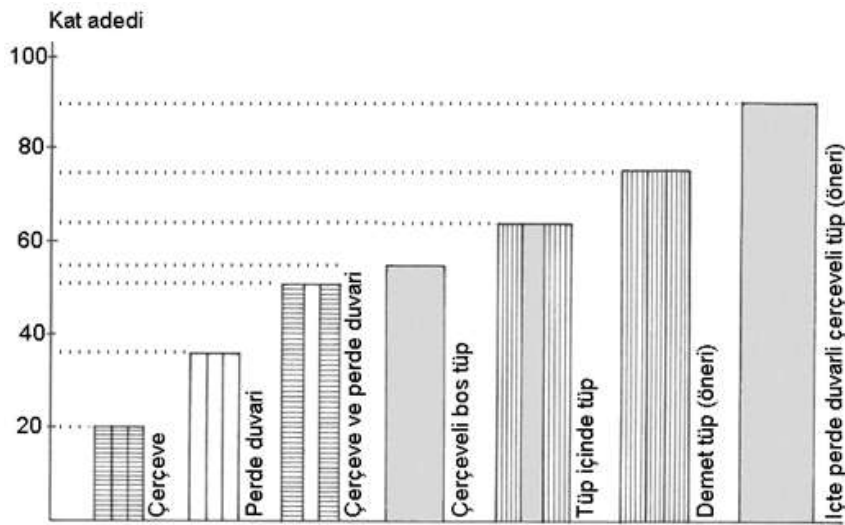
- Çoğu ülke için yerel malzeme niteliğini taşıması
- Bitmiş ürün olarak kullanım özelliğine sahip olması
- Sağlık açısından zararsız ve hijyenik olması
- Yangın ve dış etkilere karşı dayanımlı olması
- Biçim verilebilme özelliğine sahip olması şeklinde sıralanabilir

(Gülakan,2014).

Dezavantajları ise;

- Uygulama süresinin uzun olması
- Kötü hava koşullarında uygulamanın durması ya da yavaşlaması
- Uygulamanın kalıplar yoluyla gerçekleştirilmesi
- Çelik taşıyıcın sistemlere oranla daha ağır olması
- Yeterli mukavemetin elde edilmesi maksadıyla büyük kesitlerin oluşturulması şeklinde sıralanabilir (Bal,2003).

Betonarme yapısındaki betonun esnek form olanağı sayesinde pek çok taşıyıcı sistemde kullanım olanağı yaratmaktadır. Betonarmenin kullanılabilceği sistemler farklı kaynaklar tarafından farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bu sistemler 1973 yılında Kahn tarafından; çerçeve, perde duvar, perde duvar + çerçeve, çerçeve tüp, tüp içinde tüp, modüler tüp şeklinde sınıflandırılmıştır (Gülakan,2014). Bir diğer sınıflandırma sistemine göre ise; geleneksel iskelet yapım sistem, tünel kalıp sistemi, prefabrike yapım sistemi olarak üç sınıfta değerlendirilmiştir (Esine ve Coşgun,2004)(Şekil3.2)



Şekil 3. 2: Taşıyıcı Sistem Seçimi ve Kat Yükseklik İlişkisi (Bal,2003)

Yapım sistemlerinde betonarme kullanımının yarattığı durumlardan bahsetmek gerekirse; çerçeve sistemler adına yanal yüklere karşı dayanım diğer uygulamalarına

göre daha az bir dayanım göstermekle beraber max 20 kat yüksekliğe uygulanabilmektedir. Perde duvarlı sistemler genelde tünel kalıp yöntemi ile kullanılmakta olup; yapım zorluğu, ağırlığı, cephede kapladığı alandan ötürü ışık alım zorluğu gibi sebeplerden ötürü tercihi az olmaktadır. Genellikle Türkiye ve Dünya’da betonarme sistem; perde duvar ve çerçeve sistem, çerçeve sistemler ve tübüler sistemler üzerinden kullanılmaktadır (Gülakan,2014).

### 3.1.2 Çelik Sistemler

Çelik malzemenin tarihsel olarak gelişimi 18.yüzyılda dökme demirin keşfedilmesi ile başlayarak Endüstri devrimi ile geliştirilmiştir. Başlarda demir kullanılırken sonradan çelik çerçeve sistemler kullanımı ile daha geniş açıklıklar geçilmeye başlanmıştır (Altuğ,2019). Çeliğin kullanıldığı ilk yapı örnekleri; 1851 yılında yapılmış olan Crystal Palace Uluslararası Endüstri Fuar Binası (Londra), Eyüp Sultan Feshane Binası(İstanbul), Palais des Machines (1889-Paris) şeklinde örnek verilebilir (Marulyalı,2001). İlk yüksek yapı örnekleri ise; Chicago’da konumlanan çelik çerçeve sisteme sahip Home Insurance Building(1883) ve Paris’te konumlanan Eiffel Kulesi örnek verilebilir (Tansel,2010).

Yüksek yapılarda ilk kullanım örneklerinde sadece yerçekimi yüklerine karşı dayanım odaklı tasarlanan sistemler zamanla yanal yüklere de dayanım sağlayabilecek şekilde çerçeve sistemler üzerinden geliştirilmiştir. Bu sistemler; mega çerçeveler, diyagonal çapraz çerçeveler, yatay kafes kirişli sistemler gibi sistemlerle gelişimlerini sağlamışlardır (Gülakan,2014). Çelik malzemenin yapı sistemlerinden kullanılma avantajları;

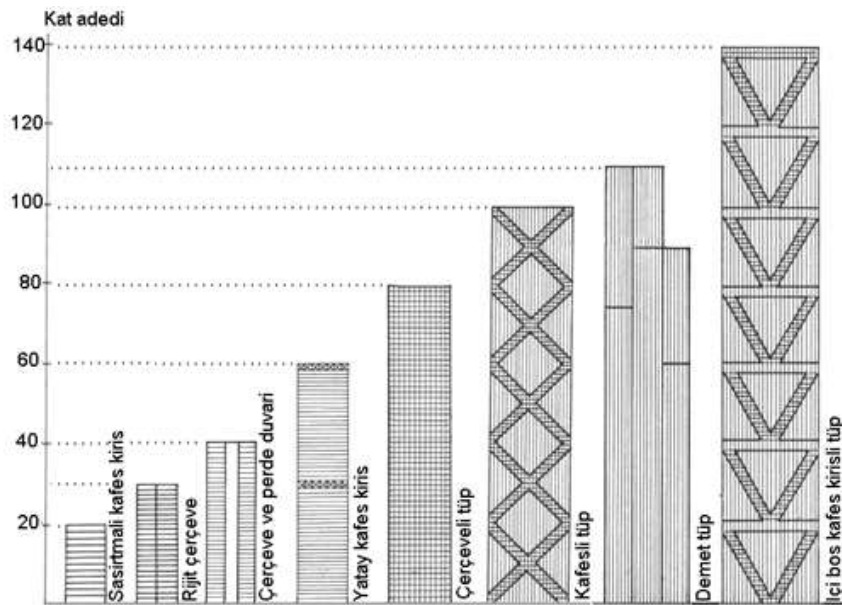
- Fabrikada üretilip sahada montaj edilmesi ve kötü hava koşullarından etkilenmemesi ile uygulama süresinde hızlı olunabilme imkanı
- Geniş açıklık geçimini sağlaması ve dolayısıyla iç mekanda az taşıyıcı kullanımı ve ferah mekan üretimi sağlaması
- Betonarme sistemlere kıyasla deprem yükseklerine karşı daha sünek davranış sergileyebilmesi
- Yapıya sistemde bir değişiklik yapılması durumunda çeliğin sökülüp takılabilmesi özelliğinden ötürü kolaylık sağlar
- Homojen ve izotopturlar dolayısıyla genleşme durumunda herhangi bir fark sonucu hasara neden olmazlar

- Yüksek mukavemete sahip olduklarından malzemede tasarruf sağlarlar
- Çekme mukavemeti düşük olan malzemelerde uygulanamayan sistemler, basınç ve çekme mukavemetlerinin eşit olması durumunda çelik malzeme ile entegre bir şekilde sisteme uygulanabilme olanağı sağlar
- Yapı ağırlığının betonarme yapılara kıyasla daha hafif olmasından ötürü temel inşaatında sorun riski azalır (Altuğ,2019; Bal,2003).

Dezavantajlarından bahsetmek gerekirse;

- Yanıcı bir malzeme olmasıyla yangınlara karşı risk oluşturmaktadır
- Isındıkça malzeme mukavemet özelliğinde azalma görülür
- Ses iletimi konusundaki performansı yüzünden ses yalıtımında sorunlar yaratmaktadır
- Baz, tuz, asit, su gibi maddeler altında korozyona sebep olur dolayısıyla bakımı maliyetli olur (Altuğ,2019; Bal,2003).

Yüksek yapılarda çelik malzemenin kullanılabileceği sistemler Kahn tarafından 1973 yılında sınıflandırılmıştır. Bu sistemler; rijit çerçeve, çerçeve-kafes perde, yatay-kafes kiriş, çerçeve tüp, kafesli tüp, demet tüp, kafes kirişli tüp olmak üzere sınıflandırılmıştır (Gülakan,2014). Taranath'ın sınıflandırmasına göre ise; yarı rijit bağlantılı çerçeveler, rijit çerçeveler, çaprazlı çerçeveler, şaşırtmalı kafesli çerçeveler, dış merkezli çaprazlı çerçeveler, büyük ölçekte çaprazlı rijit çerçeveler, yatay kafes kirişli ve kuşaklı sistemler, çerçevesiz tüp sistemler, kafesli tüp sistemler, demet tüp sistemler şeklindedir (Altuğ,2019) (Şekil 3.3).



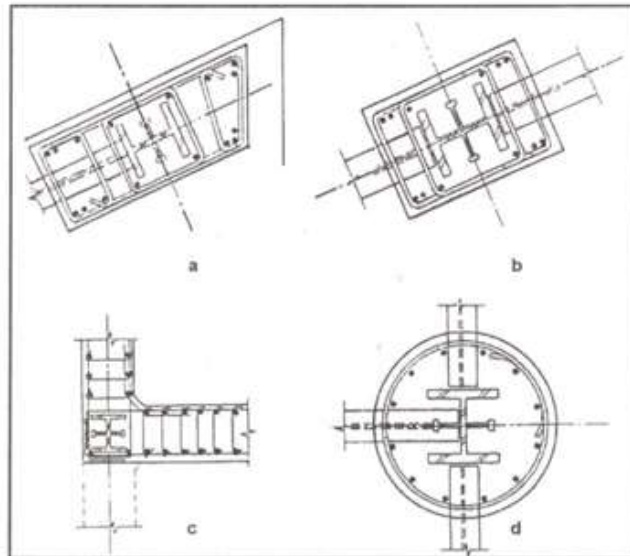
**Şekil 3. 3:** Taşıyıcı Sistem Seçimi ve Kat Yükseklik İlişkisi (Bal,2003)

### 3.1.3 Kompozit Sistemler

Kompozit sistemler 1970'li yıllardan önce az kullanım gösteren bir sistem olarak bilinmektedir. 1970'li yıllardan önceki kullanım örnekleri adına; New York'ta konumlanan Seagram Building(1958) ve Chrysler Building(1930) yapıları örnek verilebilir (Kazımov,2018). 1930 yılı için en yüksek 100 binanın yapım sisteminde malzeme kullanım tercih oranı olarak; çelik %96, betonarme %4, kompozit %4 lük bir orana sahipken 2000 yılı için bu oran; çelik %40, kompozit ve betonarme %60 oranına sahip olarak değişmiştir (Günel ve Ilgın,2014).

Kompozit sistemler; çelik ve beton malzemelerin bir arada kullanıldığı yani karma malzeme kullanılan sistemlerdir. Bu sayede her iki malzemenin de eksik yönleri tamamlanarak farklı bir taşıyıcı malzeme üretimi söz konusu olur. Yani yapı sistemde; aksenal yükler betonla taşınırken yüksek dayanımlı çeliğin yanal yüklere karşı sağladığı mukavemet sayesinde yapı sistem yüksek dayanımlı hale gelmektedir (Altuğ,2019).

Her iki malzemenin kullanımı ile oluşturulan yapı sistem dışında bir de her iki malzeme kullanımı ile oluşturulan yapı sistem elemanları bulunmaktadır. Kompozit eleman olarak geçen bu elemanlar; çelik ve beton malzemenin bir arada kullanımı ve üretimi ile oluşmaktadır. Yapının sisteminde yatay veya düşey taşıyıcı elemanlardan bazılarını oluşturabilmektedirler (Bal,2003) (Şekil 3.4). Bu elemanlar; kompozit döşemeler, kompozit, kirişler ve kolonlar, kompozit çaprazlar, kompozit perde duvarlar şeklinde sıralanabilir (Sev,2001).



### Şekil 3. 4: Kompozit Düşey Elemanlar (Bal,2003)

Kompozit malzeme ile oluşturulan sistemlerin olumlu yönleri;

- Betonarme yapılarla kıyaslandığında %40 daha hafif olabilmektedirler dolayısıyla deprem yükleri daha az olmaktadır
- Maliyet açısından değerlendirildiğinde yerel malzemelere daha kolay uyum sağlayabildiğinden daha uygun maliyete sahiptir
- Deprem kuvvetlerine karşı düktil yapısından ötürü daha sünek özellik gösterebilmektedir
- Ana taşıyıcıların üretim ortamı atölye olduğu için kalite kontrolü verimli olmaktadır
- Çelik malzemenin kullanıldığı yapılara kıyasla %20 daha az çelik malzeme kullanımı sağlayabilmektedir (Gülakan,2014).

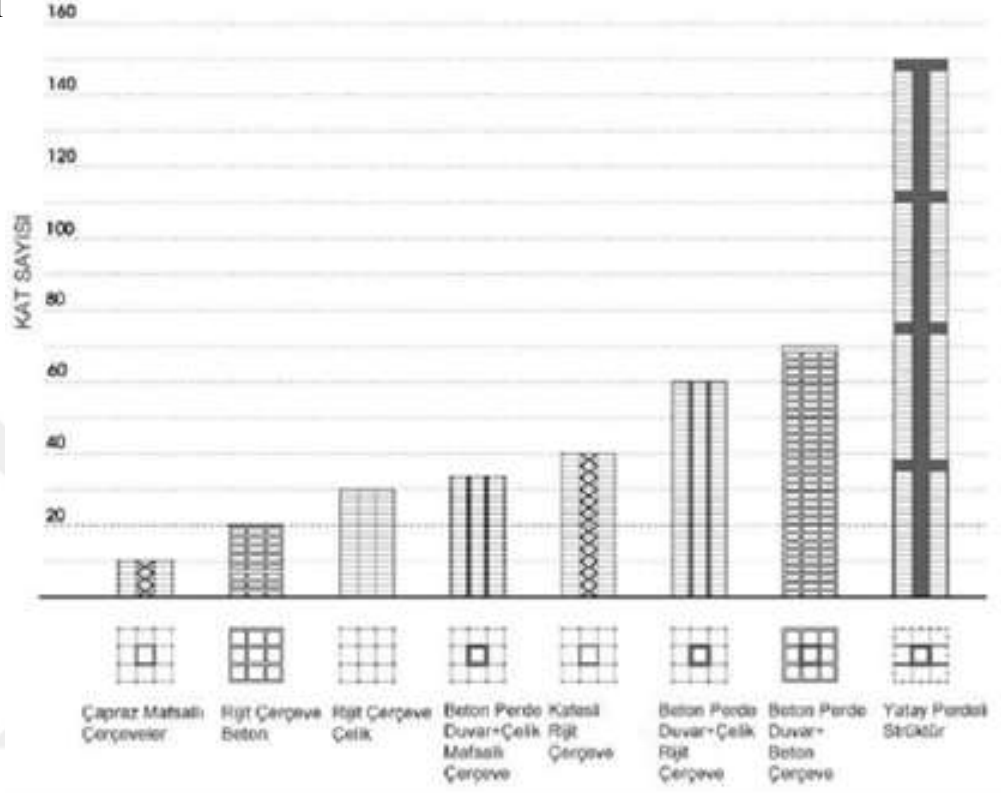
Kompozit yapılarda kullanılabilen yapım sistemleri; rijit çerçeve sistemleri, kirişsiz döşemeli sistemler, çekirdek sistemler, perde duvar sistemler, kafes perdeli çerçeve ve perde duvarlı çerçeve sistemler, mega kolon ve mega çekirdek sistemler, yatay perdeli çerçeve sistemler, tüp sistemler şeklinde sıralanabilir (Kazımov,2018). En çok kullanılan yöntem ise; çelik çerçevelerin betonarme çerçeve sistemlere geçirilmesi yöntemidir. Bu sayede, betonarme perdeler çekirdeği oluşturarak yatay yüklere karşı olumlu etkiler yaratabilmektedir (Bal,2003).

### 3.2 YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ

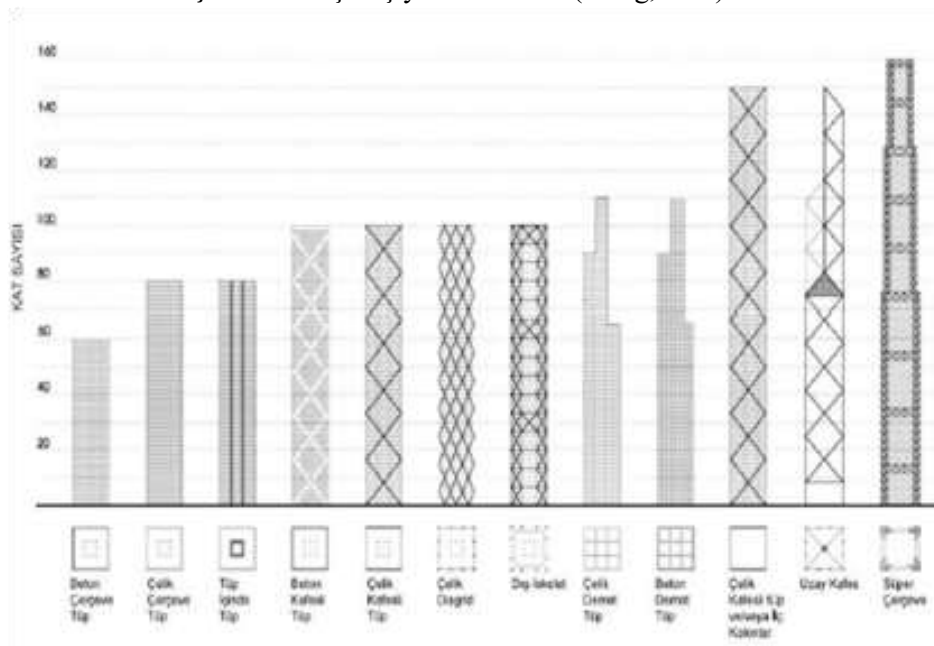
Yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemler yapının; planını, formunu, ulaşabileceği kat yüksekliğini belirleyen ana unsurlardan birisidir. Yapılarda yükseklik artışı ne kadar fazla olursa taşıyıcı sistem seçenekleri de o kadar sınırlayıcı olur. Bu yüzden yüksek yapılarda tasarımın ana unsuru belirleyen faktörlerden birisi taşıyıcı sistem türüdür (Günel ve Ilgın,2014).

Taşıyıcı sistem türleri farklı yaklaşımlarla farklı şekillerde sınıflandırılmaktadırlar. 1965’de Dr.Fazlur Kahn yüksek yapıların yanal yüklere karşı sınıflandırılması gerektiğini savunmuştur. Sınıflandırma yaparken malzemelere göre de bir ayırım yapmıştır. Farklı bir sınıflandırma sistemine örnek olarak; iç ve dış taşıyıcı sistemler olarak 2007 yılında Mir M.Ali ve Kyoung Sun Moon’un bir sınıflandırması bulunmaktadır. Burada taşıyıcı sistemlerin yoğunluk gösterdiği alanlar baz alınarak sınıflandırma yapılmıştır (Altuğ,2019). İç taşıyıcı sistemler, yapının içerisinde bulunan

yanal kuvvetlere karşı dayanım gösteren elemanlardan oluşmaktadırlar. Örnek olarak; rijit çerçeve sistemler, tüp davranışına sahip çekirdek sistem türleri, perde duvarlarla kullanılan sistemler örnek verilebilir. Dış sistemler ise, yapının cephelerinde bulunan yanal kuvvetlere karşı saran elemanlardan oluşmaktadırlar (Ching,2017) (Şekil 3.5 ve Şekil



Şekil 3. 5: İç Taşıyıcı Sistemler (Altuğ,2019)



Şekil 3. 6: Dış Taşıyıcı Sistemler (Altuğ,2014)



Mühendislik ve fiziksel tasarım ihtiyaçlarına göre bir sınıflandırma şekline göre; düşey yüklere(yer çekimi) dayanıklı sistemler, malzemelere göre taşıyıcı sistemler, yanal yüklere karşı dayanıklı sistemler, yatay yükün büyüklüğü ve türü, mukavemet gereksinimleri şeklinde sınıflandırılabilir. Düşey yüklere karşı dayanıklı sistemler; döşeme iskeleti, kolonlar, kafesler, temeller şeklinde ayrılmaktadır. Malzemeye göre; betonarme, çelik ve kompozit şeklinde ayrılmaktadır. Yatay yüklere karşı dayanıklı sistemler; perde duvarlar, çerçeveler, kafesler, tüp sistemler şeklinde sınıflandırılmıştır. Yatay yükün büyüklüğü ve türü ise; deprem ve rüzgar yükünden oluşmaktadır. Mukavemet gereksinimleri; rijitlik, duktileme, ötelenme ve burulma şeklinde sınıflandırılmıştır (Özgen ve Sev,2000; Kırkan,2005).

Bu çalışmada Dr.Fazlur Kahn'ın sınıflandırma yaklaşımı baz alınarak yanal yüklere karşı bir sınıflandırma sistemi üzerinden malzeme türleri de göz önüne alınarak taşıyıcı sistem türleri incelenecektir.

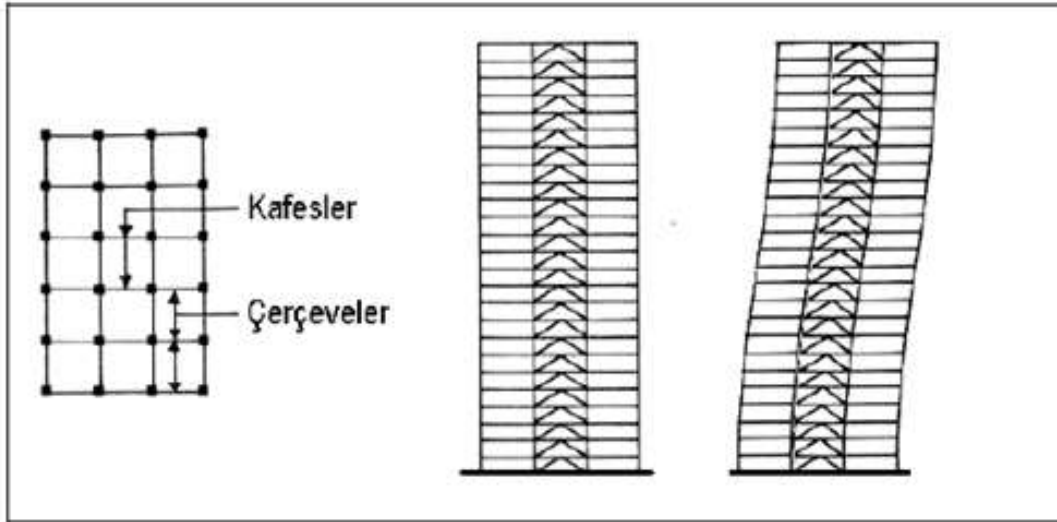
### **3.2.1 Çerçeve Sistem**

Çerçeve sistem; kolon ve kiriş elemanlarının birbirlerine rijit bağlantı kurmaları ile meydana gelmektedir. Bu sistemde çelik ve betonarme kullanımı mevcuttur. Sistemin yatay yüklere karşı dayanımı bağlantı noktaları arasındaki rijitlikle doğru orantılı bir ilişkiye sahiptir (Özgen ve Sev,2000). Bağlantı noktaları; ankastre ya da mafsallar ile birleştirilir (Bal,2003). Sistemde kullanılan elemanların eğilme rijitliği yüksek seviyede olmalıdır. Bu sistemin olumlu bir özelliği; kapı ve pencere gibi açıklıkların tasarlanmasında daha bağımsız olanaklar yaratmasıdır (Tozan,2013).

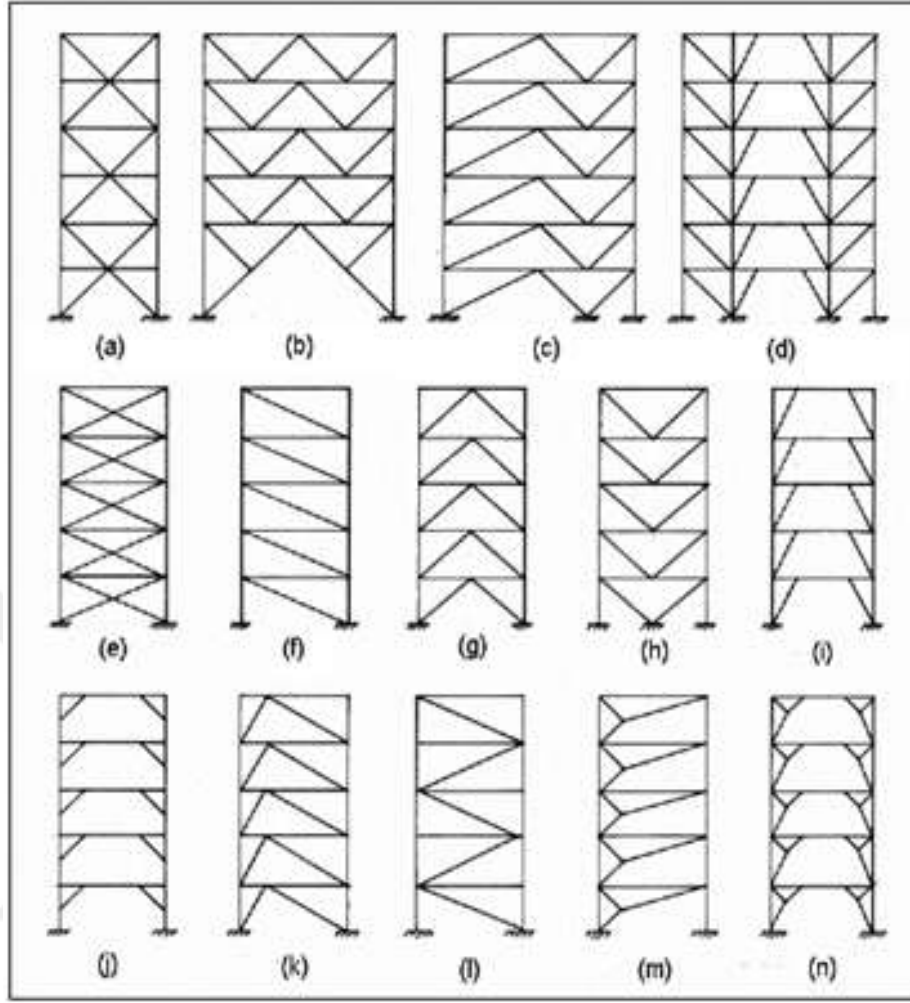
Sistemin ana kurgusu, rijit bağlantılı elemanların(kolon ve kiriş) herhangi bir yük altında açı değişimlerine uğramamaları üzerinedir. Bu yüzden monolitik davranışa sahip olan betonarme, bu sistem için daha avantajlı bir malzemedir (Günel ve Ilgın,2014). Fakat betonarme seçiminde dikkat edilmesi gereken husus kolonların minimum düzeyde iki doğrultuda kirişlerle bağlantı kurarak sistemi oluşturmasıdır. Aksi takdirde burulmaların meydana gelme durumu söz konusudur (Altuğ,2019). Çerçeve sistemlerde çelik kullanımı uygulanırsa eleman birleşimleri daha sağlam ve rijit bir hale getirilmelidir. Sistemin dayanım özelliği; elemanların uzunluk ve aralıkları ile ters bir orantıya sahipken kesit boyutları ile doğru orantıya sahiptir (Günel ve Ilgın,2014).

Düseydeki konumlanmalarına göre çerçeve sistemler; düzlemsel ve uzaysal olarak ayrılmaktadırlar. Kolon ve kiriş elemanları aynı düzlemde ise düzlemsel çerçeveyi oluşturmaktadırlar. Sisteme gelen tüm yükler bu elemanlar sayesinde taşındığı için çerçevenin dayanım gücü elemanlara bağlıdır. Yükler altında bu tür bir sistemin davranışı eğilme hareketidir. Eğer sistem birden fazla düzlemdeki çerçevelerin kiriş elemanları ile birleşiminden meydana geliyorsa bu sistem uzaysal çerçevedir. Yatay yüklerle karşı gösterdiği davranış sistem genelindedir ve en çok kullanılan çerçeve sistemi bu sistemdir (Bal,2003).

Rijit çerçeve sistemler 30 kata kadar dayanım sağlarken daha fazlasında yanal yükler altındaki dayanımı azalmaktadır. Bu yüzden sistemin dayanımını arttırmak adına genelde çapraz elemanlar eklenmektedir (Altuğ,2019). Diğer sağlamlaştırma yöntemlerinden biriside perde eleman kullanımıdır. Kafes kiriş çelik perde ya da betonarme olarak kullanılmaktadırlar. Bu gibi sağlamlaştırma eklerinin sonucunda karma sistemler meydana gelmektedir (Kırkan,2005) (Şekil 3.7). Çapraz çerçeve sistemler; ayırık merkezli ve orta merkezli olarak sınıflandırılır. X, K, V, Pratt, Diyagonal şekillerde orta merkezli olan çapraz çerçeveler bulunmaktadır. Genellikle cephe ya da çekirdek uygulamaları görülmektedir (Bal,2003) (Şekil 3.8).

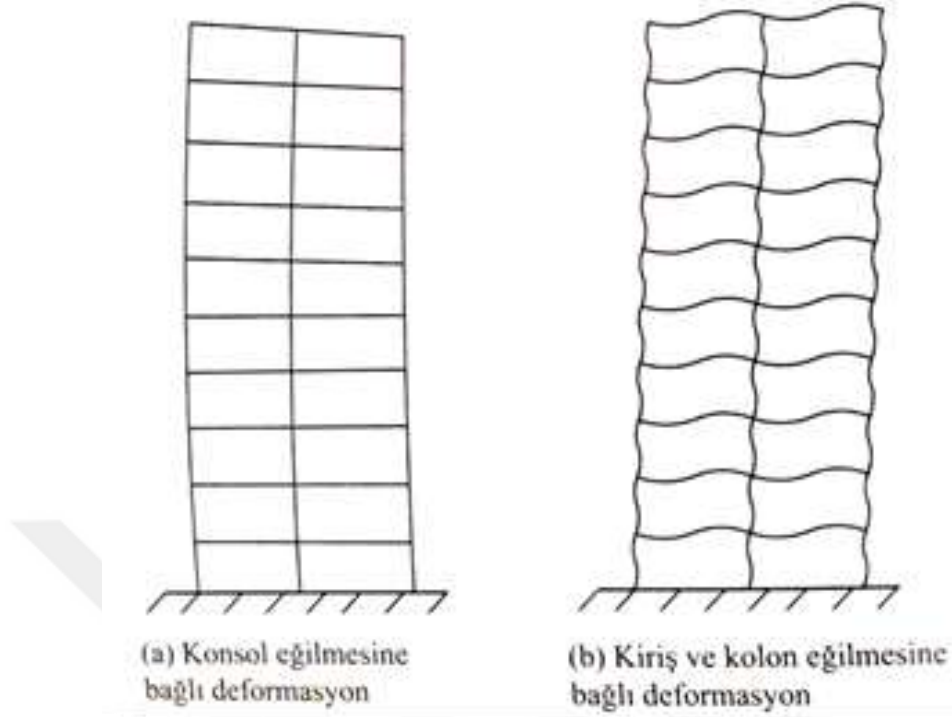


Şekil 3. 7: Çerçeve Ve Kafes Sistem Davranışı (Bal,2003)



Şekil 3. 8: Çaprazlama Türleri (Bal,2003)

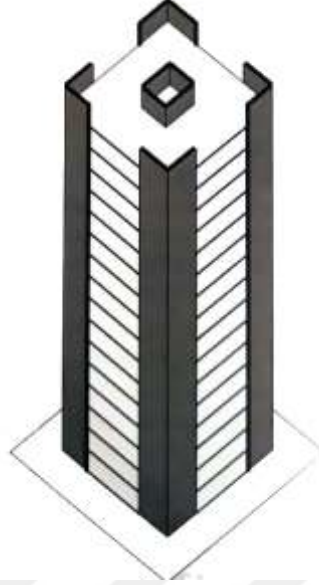
Bu sistemin en olumsuz özelliği yanal ötelenme hareketleri sonucu; taşıyıcı olmayan elemanlar üzerinde yaratabileceği zararlar ve kullanıcı memnuniyetsizliğidir. Sistemin göstermiş olduğu bu davranışın %20 si eğilme deformasyonu olarak geçen yapıdaki konsol eğilmelerine bağlıdır. Bu davranışa sebep olabilecek diğer bir deformasyon ise kayma deformasyonudur. Kayma deformasyonu kolon ve kirişlerin eğilmesine bağlıdır. Yaklaşık olarak kirişlerin %65, kolonların %15 eğilme oranından oluşmaktadır (Günel ve Ilgın,2014) (Şekil 3.9).



Şekil 3. 9: Rijit Çerçevelerde Yanal Ötelenme Hareketi (Günel Ve Ilgın,2014)

### 3.2.2 Perde Duvarlı Sistem

Perde duvarlı sistemler çerçeve sistemlere kıyasla taşıma kapasitesi daha yüksek sistemlerdir. İlk uygulamalarında kagir duvarlar kullanılarak hayata geçirilen bu sistem yüksek yapılar için uygun bir malzeme olmaması ile günümüzde betonarme ile kullanılmaktadır (Özgen ve Sev,2000). Bu da daha yüksek dayanımlı beton kullanımı ile daha az duvar kalınlığına sahip taşıyıcı sistem oluşumunu sağlamıştır (Bal,2003). Perde duvar sistemini oluşturan elemanlar yalnızca düzlem duvarları değildir. Aynı zamanda yapıda bulunan; asansör, merdiven, iç çekirdek gibi duvarları da içermektedir (Altuğ,2019).



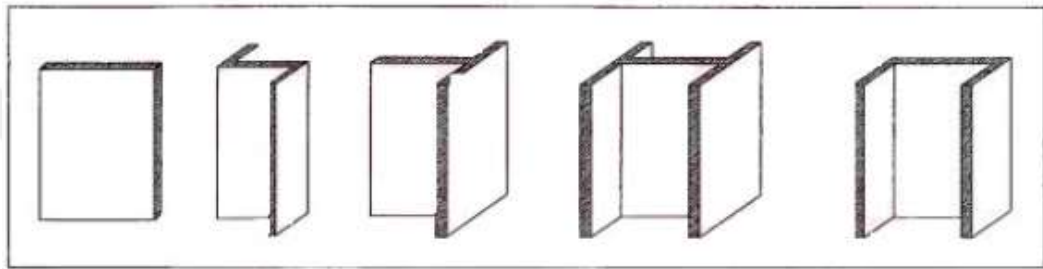
**Şekil 3. 10:** Perde Duvarlı Sistem (Günel ve Ilgın,2014)

Perde duvar sistemler, yapıda yatay ve düşey yüklere karşı dayanım gösterebilen ve sabit olan sistemlerdir (Özgen ve Sev,2000). Yani bu sistemler zemine bağlı ankastre mesnetli dikey konsol niteliğine sahiptirler. Bu sistem sayesinde kolon ihtiyacı karşılanmaktadır ve perde elemanlarının içi dolu veya boş olabilmektedir. Sistem konsol niteliği taşıdığı için davranış olarak ta benzer davranış sergilemektedir. Yanal ötelenme hareketi üst katlardaki komşu katlar arasında alt katlara oranla daha fazla olmaktadır. Bu da yapının yüksekliği arttıkça üst katlardaki yanall ötelenme hareketinde hakimiyetin zorlaşması anlamına gelmektedir (Günel ve Ilgın,2014). Perde sistemlerde deformasyon açısından bir değerlendirme yapılacağıında eğilme momentleri dışında kesme kuvvetleri de değerlendirilmelidir. Perde sistemde oluşan öteleme hareketlerini minimuma indirmek ve kendi aralarında bütüncül bir çalışma sağlamak adına perdeler arasındaki aks aralıklarını azaltmak gerekmektedir (Özgen ve Sev,2000).

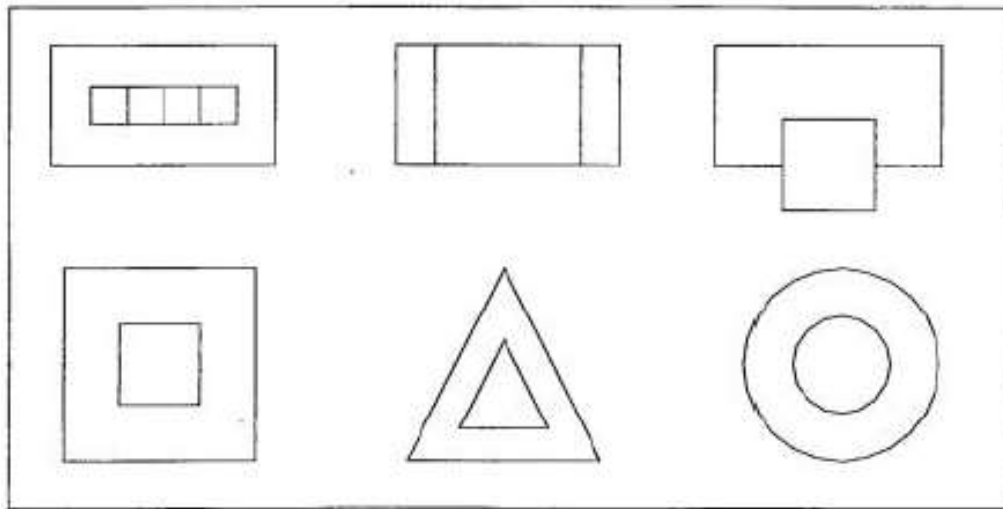
Perde duvarlar plan tasarımında simetrik yapılmalıdır. Eğer simetrik bir düzenleme yoluna gidilmezse yapıda olası bir yük altında burulma hareketi yaşanabilir. Ayrıca perde temelleri tasarlanırken yük aktarımlarını zemine doğrudan ve kolay bir biçimde aktarabilecek şekilde tasarlanmalıdırlar (Tozan,2013). Perde duvarların plan tasarımı yapılırken genelde 4,5- 7,5m aks aralığı baz alınarak tasarlanmaktadır. Daha büyük aks aralığı ihtiyacında önerilmeli betonarme döşeme kullanımı yapılarak bu aralık 10m ye kadar çıkabilmektedir (Kazımov,2018).

Plan tasarımında mimari açıdan dikkat edilmesi gereken nokta konumlanma şeklidir. Yapıda yer kayıplarına sebep olmaması açısından uzun kenarların yapının uzun kenarı ile paralel bir biçimde yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu sistem mimari açıdan geniş ve ferah mekan ihtiyacı olmayan(konut, otel, yurt gibi) işlevlere daha uygun bir sistemdir (Bal,2003).

Bişimsel olarak sınıflandırıldığında perde sistemler açık ve kapalı olarak sınıflandırılmaktadırlar. Açık sistemler; L, I, X, V, T,H, vb. formlarda tam kapalı olmayan elemanları kapsamaktadır. Kapalı sistemler ise; daire, dikdörtgen, kare gibi açıklığı olmayan elemanları kapsamaktadır (Bal,2003) (Şekil 3.11 ve Şekil 3.12).



Şekil 3. 11: Açık Perde Sistem Geometrileri (Altuğ,2019)



Şekil 3. 12: Kapalı Perde Sistemleri (Altuğ,2019)

Perde duvarlı sistemler; plan doğrultusundaki düzenleme şekline, plan düzleminde oluşturabileceği şemalara, beraber kullanıldığı sistemle oluşturduğu sistemlere göre sınıflandırılmaktadır. Beraber kullanıldığı sistemlerde çerçeve sistemle kullanılmaktadır. Çerçeve sistem kullanımı ile ortaya çıka sistemler; kafes perdeli çerçeve sistem ve perde duvarlı çerçeve sistem şeklindedir (Kazımov,2018).

Betonarme perde duvarlı sistemlerin olumlu yanları bu maddeleri kapsamaktadır;

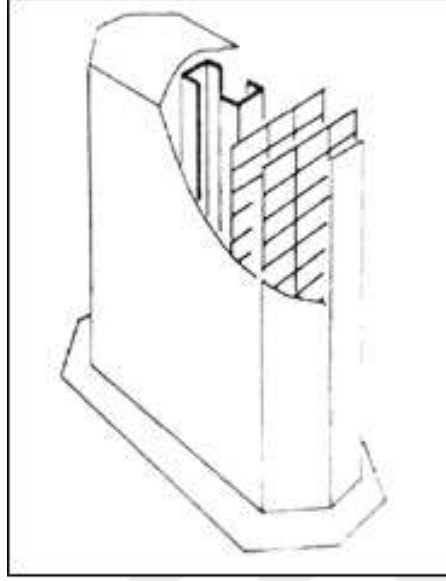
- Perde duvarlar servis çekirdeğinde ise, kayar kalıp veya tırmanır kalıp yöntemleri ile yapım kolaylığı sağlamaktadır.
- Alan kaybına uğramaması için yüksek dayanımlı betonarme ile eleman kalınlığı minimum düzeyde kullanılabilir.
- Yüksek dayanımlı beton, pompalama yöntemi sayesinde yüksek yapılara kolay uygulanabilirlik sağlamaktadır.
- Çeliğin birleşimlerinde yaşanan soğuk birleşimlerin oluşturabileceği zorluklar bulunmamaktadır.
- Çekirdekte kullanılan perde duvarlar sayesinde yangın anında diğer alanlara yayılmasının önüne geçilir (Özgen ve Sev,2000).

Sistemim olumsuz özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Çelikle kıyaslandığında uygulanma süresi daha uzun bir süreçte gerçekleşir.
- Temellerde çelik malzemeye göre betonarmenin daha ağır olmasından ötürü ek maliyet yaratmaktadır.
- Yapıda perdeler üzerinde uygulanan açıklıklar burulma ve eğilme rijitliğine karşı büyük bir etkiye sahiptir.
- Sistemdeki gerilmelerin en hassas olduğu zemin katlarda diğer katlara oranla daha fazla açıklık(kapı vb.) gerekmektedir (Özgen ve Sev,2000).

### 3.2.3 Çerçeve Ve Perde Duvarlı Sistem

Dünya genelinde en yaygın kullanıma sahip sistemlerden birisi olan çerçeve ve perde duvar sistemlerinin birlikte kullanımı, sistemlerinde bulunan eksiklikleri gidermek adına yapılmaktadır. Bu şekilde oluşan yeni sistem sayesinde perde duvarların rijit davranışının sonucu olan esneksizlik, çerçeve sistemlerle daha esnek bir hale gelmektedir (Bal,2003) (Şekil 3.13). 30 kat ve üzeri olan yüksek yapılar için rüzgar ve deprem yükü altında sadece çerçeve sistem kullanımı yeterli olmamaktadır. Bu durumda çerçeve ve perde sisteminin beraber kullanımı yapının yanal yüklere karşı dayanımını arttırmaktadır. Böylece yapı yüksekliklerinin 40-60 kata kadar çıkabilmelerinde imkan sağlar (Özgen ve Sev,2000).



**Şekil 3. 13:** Rijit Çerçeve Ve Perde Duvarlı Sistem (Özgen ve Sev,2000)

Perde sistemlerde ötelenme hareketinin çerçeve sistemlerden üst katlara doğru daha fazla olması alt katlara doğru daha az olması durumu sonucu bu iki sistemin beraber kullanımı üst katlarda çerçeve sistemin perdeyi rijitleştirmesinde, alt katlarda perdenin çerçeve sistemi rijitleştirmesinde yardımcı olmaktadır. Yani perde sistemin üst katlarda eğilme hareketi çerçevelerle, alt katlarda ise çerçevelerin kayma hareketi perdelerle mani olunmuştur. Bu şekilde iki sistem birbirini tamamlar niteliktedir (Bal,2003) (Şekil 3.15).

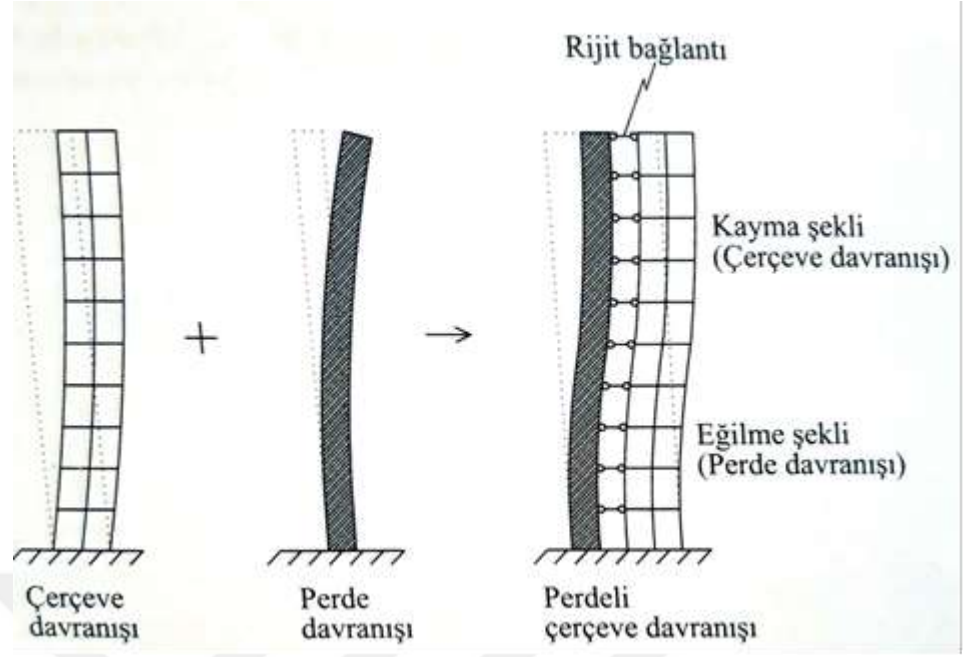
Bu sistemde kendi içinde farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Malzeme kullanımına göre yapılan bir sınıflandırmaya göre; betonarme perde duvarlı beton çerçeveler, betonarme perde duvarlı rijit çelik çerçeveler ve betonarme perde duvarlı çelik mafsallı çerçeveler şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu sistemlere örnek olarak; 77 West Wacker Drive binası(50 kat), betonarme perde duvar ve çelik mafsallı çerçeve sistemle, Seagram Binası(38 kat) betonarme perde duvar ve rijit çelik çerçeve kullanımı ile, 311 South Wacker Drive Binası(75 kat) betonarme perde duvar ve beton çerçeve sistemle yapılmıştır (Tuğrul,2014) (Şekil 3.14).



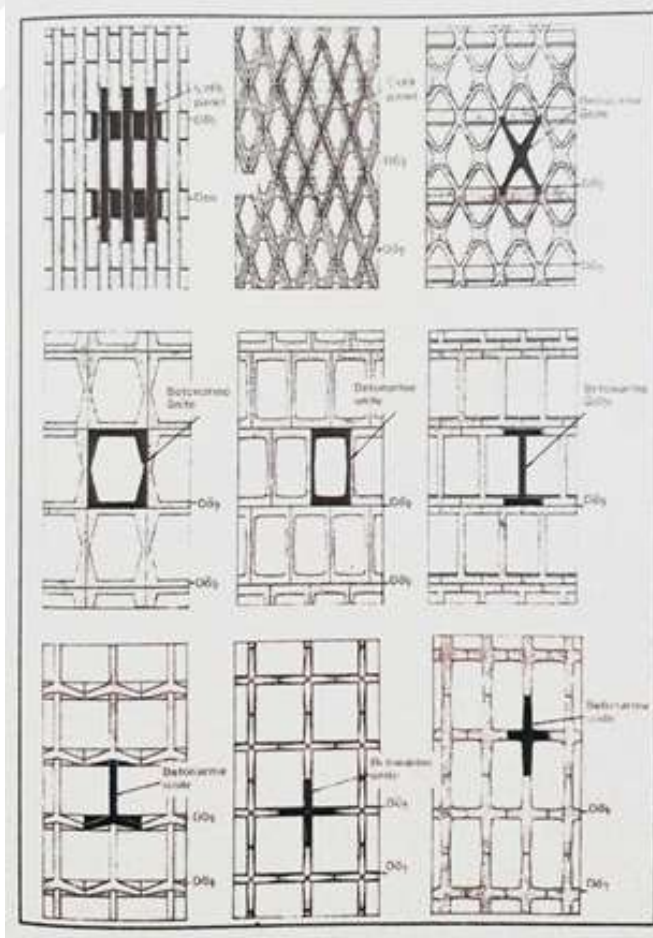


**Şekil 3. 14:** 77 West Wacker Drive, 311 South Wacker Drive, Seagram Binası (Tuğrul,2014)

Diğer bir sınıflandırma ise yatay yüklere dayanım üzerinden yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre; yatay yük dayanımlı perde duvarları, yatay yük dayanımlı cephede perde duvarları, yatay yük dayanımlı cephe çekirdekleri şeklinde sınıflandırılmıştır (Kırkan,2005). Yatay yük dayanımlı perde duvarları sisteminde, döşeme ve kolonlar düşey yükleri taşıırken, perde duvarlar yanal yükleri taşımaktadır. Yatay yük dayanımlı cephede perde duvarlar sisteminde, cephe duvarları(açıklıklı) yanal yüklerin taşınmasında çok etkilidir. Ayrıca bu sayede 1:15 oranına sahip narin yapılar ortaya çıkabilmektedir. Yatay yük dayanımlı cephe çekirdekleri sisteminde, rijitlik arttırmak adına çekirdekler cephelerde konumlandırılmaktadır (Özgen ve Sev,2000) (Şekil 3.16).



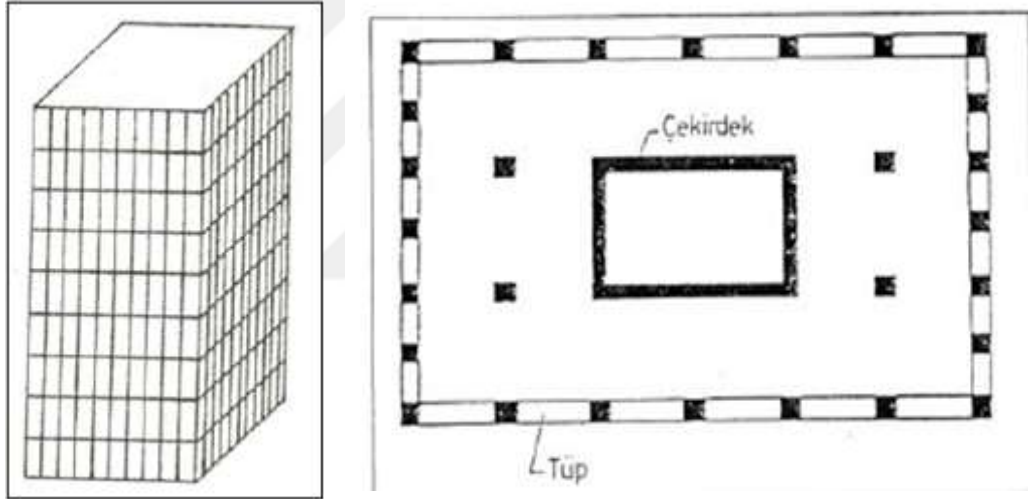
Şekil 3. 15: Çerçeve Ve Perde Duvar Sistemin Yanal Yükler Altında Çalışma Prensibi (Günel ve Ilgın,2014)



**Şekil 3. 16:** Cephe Perde Duvarlarında Boşluk Düzenleme Örnekleri (Özgen ve Sev,2000)

### 3.2.4 Tübüler Sistem

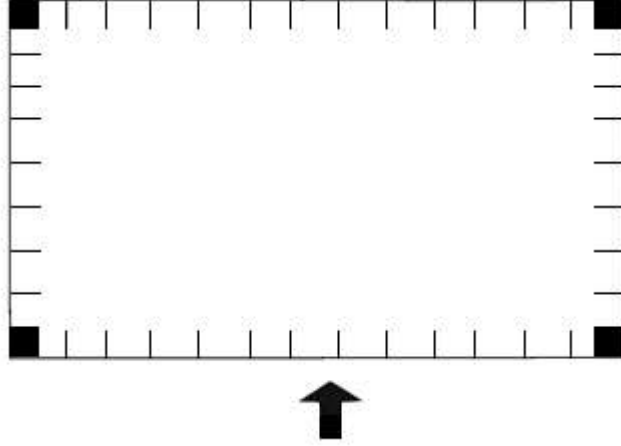
Bu sistemin ilk gelişmeleri, II. Dünya Savaşı sonrası gelişen betonarme sistemlerle bağlantılıdır. Bu dönemde yüksek yapılar için betonarmede uygulanan çerçeve sistemlerin malzemeler üzerinde ihtiyacı arttırması ve dolayısıyla maliyet artışları bir takım gelişmeler yaşanmasında etkili olmuştur. Gelişimde etkili olan bir diğer husus ise, çerçeve sistemlerin yetersiz geldiği noktalarda beton perde eleman kullanımı uygulanması ve bu uygulamaların dönme hareketlerine karşı yeterli rijitliği sağlayamamasıdır (Özgen ve Sev,2000) (Şekil 3.17). Bu sebepler sonucu geliştirilen tübüler sistemler 1960'lı yıllarda yapı mühendisi olan Fazlur Rahman Khan tarafından ortaya atılmıştır. Bu sistemin kullanıldığı ilk örnek 1961 yılında yapılmış olan DeWitt-Chestnut Apartment Building (120m) örneğinde görülmektedir (Kazımov,2018).



**Şekil 3. 17:** Tüp Sistem, Tüp Sistem Plan Örneği (Yanık,2007)

Sistemin yanal yükler altında çalışma prensibi, yükün etkilediği alan üzerinde değil bütüncül bir cephe yüzeyi olarak dayanım sağlaması şeklindedir. Bu yüzden bir kutu şeklinde çalıştığı veya düşey bir konsol niteliğinde olduğu düşünülmektedir (Bal,2003). Sistem, yapının çevresindeki delikli, dikdörtgen ya da boru benzeri dış kolonlarla ve katları bağlayan kirişlerden oluşmaktadır. Bu şekilde bir birleşim sonucu oluşan çerçeveler sayesinde yapının stabilitesi sağlanmaktadır (Kırkan,2005) (Şekil 3.18). Yapının cephelerini oluşturan elemanlar sayesinde rüzgâr yükünün büyük bir kısmına dayanım sağlanabildiği için bu tip yapılarda perde eleman ihtiyacı giderilmiş olur (Tozan,2013). Bu sistemde, kolon ve kiriş rijitliklerinde birbirlerine uyumlu seçimlerin yapılması gerekmektedir (Altuğ,2019). Sistemin yanal yüklere karşı

oluşturduğu çalışma prensipleri; paralel iki cephe tarafından çerçeve davranışı olan eğilme hareketinin kolon ve kiriş elemanları ile gösterilerek sağlanması veya yapının bütüncül bir konsol şeklinde davranış göstermesi ile sağlanmaktadır (Kırkan,2005).



**Şekil 3. 18:** Yanal Yükler Altında Çerçeve Tüp Sistem (Özgen ve Sev,2000)

Tübüler sistemlerde kolon akslarının optimum aralığı; 1,52m-3,05m şeklinde olup çalışma prensibine göre bu boyutlar değişiklik gösterebilmektedir. Malzeme kullanımı olarak, çelik, betonarme ya da kompozite uygun bir sistemdir (Bal,2003). Sistemin avantajları; iç kolon ihtiyacını aza indirir dolayısıyla daha geniş iç mekanlar oluşabilmektedir. Ayrıca maliyet açısından daha avantajlıdır (Tozan,2013).

Bu sistemi yanal yükler altında daha rijit bir hale getirmek adına uygulanabilecekler;

- Cephedeki kolonların sıklaştırılması,
- Çekirdek kısmına perde eleman eklenmesi,
- Cephedeki kolonların bağlandığı kirişlerin derinlik oranlarında artış yapılması,
- Bina yüzeyinde kafes tüp kullanımı eklenmesi,
- Çekirdek kullanımı yerine tüp içinde tüp uygulamasının tercih edilmesi,
- Demet tüp kullanımı şeklinde sıralanabilir (Günel ve Ilgın,2014).

Tüp sistemlerle yapıda farklı form oluşumları uygulanabilmektedir. Kare, üçgen, daire gibi biçimlerle pek çok farklı form üretimi oluşturulabilmektedir (Bal,2003). Bu sistemler farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bir sınıflandırmaya göre;

#### Boş Tüp

- Çerçeve tüp

- Kafesli tp
  - Kolon kullanımlı ve aprazlamalı tp
  - Kafes kirişli tp

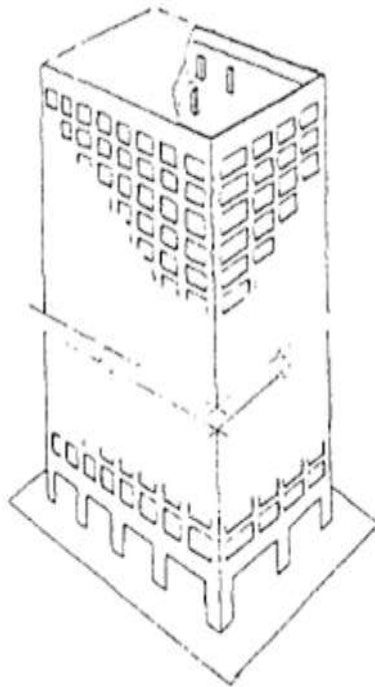
#### İç Bağlantılı Tp

- Paralel kesme duvarlı tp
- Tüp içinde tp
- Karma tp
  - Rijit ereve + çerçeveli dış tp
  - Yarı tp içinde tp
- Modüler tüp Şeklinde sınıflandırılmıştır (Yamantürk ve zşen,1993).

Diğer bir sınıflandırmaya göre; ereve tp sistemler, kafes-tp sistemler, demet-tp sistemler Şeklinde sınıflandırılmışlardır (Günel ve Ilgın,2014).

#### **3.2.4.1 Boş Tp Sistem**

Tp sistemin uygulanmasında ilk tür olan boş tüpler; cephede ki yanal yüklere karşı dayanım sağlarlarken düşey yüklere karşıda dayanım sergilemektedirler. Dolayısıyla iç mekanda var olan taşıyıcı elemanların yanal yüklere karşı bir etkisi olmadığı ve sadece düşey yüklere karşı dayanım gösterdikleri farz edilmektedir. Ayrıca bu sistem ile 110 kat gibi bir yüksekliğe varılabilmektedir (Beyazoğlu,1997).



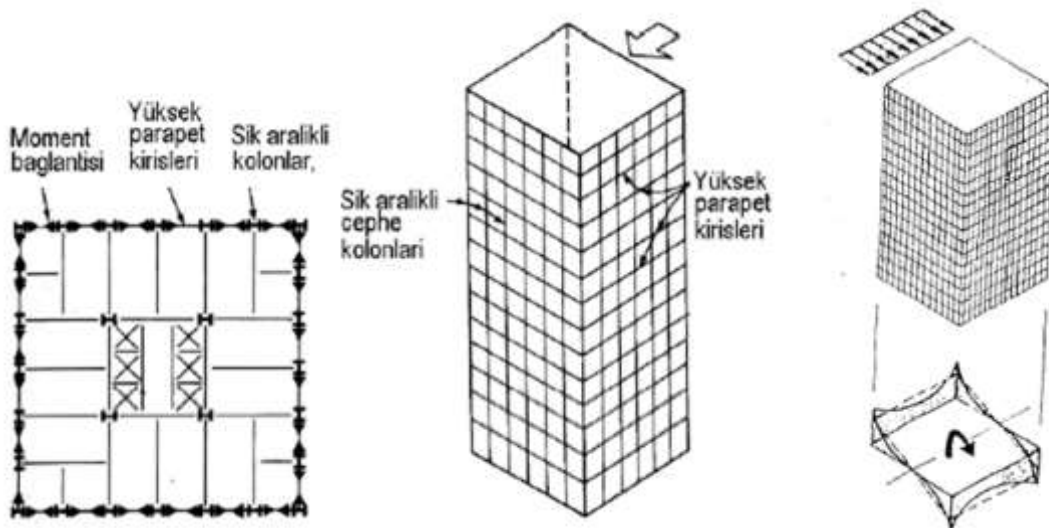
**Şekil 3. 19:** ereveli Boş Tp Sistem rneği (Büyüklü,1998)

Boş tüp sistemleri; çerçevesiz tüpler ve kafes kiriş tüpler şeklinde incelemek mümkündür.

### 3.2.4.1.2 Çerçevesiz Tüp Sistem

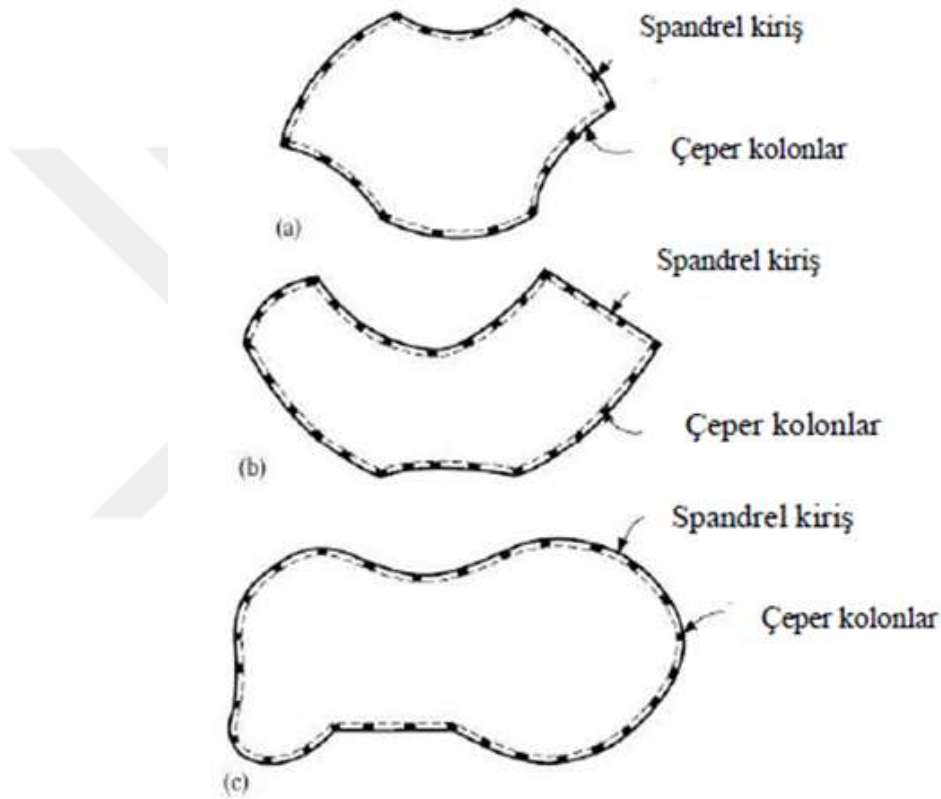
Sistem; vierendeel çerçeve ve içi boş çerçeveden oluşmaktadır. İçi boş olarak algılanmasının sebebi; cephedeki yoğun taşıyıcı kullanımı ve çekirdeğin yatay yükleri taşınamasındandır. Vierendeel çerçeve sayesinde yüksek esneklik ve yanal rijitlik sağlanmaktadır (Bal,2003).Yanal yüklerin yalnızca dış çerçeve tüp ile taşındığı bu sistemde, rijit döşeme elemanlar diyagram mantığında çalışmaktadırlar. Yani yanal yükleri cephedeki taşıyıcı tüp çerçeveye iletmektedirler (Beyazoğlu,1997). Çerçevesizdeki aks aralıkları 1.2-3.0 metre ve 0.6-1.2 metre aralıklılara sahip yüksek parapet kirişlerinden oluşmaktadırlar. Cephede kullanılan sık kolonlar mekânlara daha az ışık erişebilmesine sebep olurken aynı zamanda iç mekânda kolon ihtiyacı azalttığı için daha ferah mekân üretimini de sağlamaktadır (Altuğ,2019). Ayrıca cephede kullanılan koruyucular yani şok emiciler sayesinde yanal yüklere karşı sağlanan dayanım arttırılmaktadır (Beyazoğlu,1997).

Sistemin, yanal yüklere dayanımı eğilme davranışı ile sağlamakta olup kolon-kiriş davranışları perde duvar ile örtüşen niteliktedir. Yani sistem; %70 çerçeve sistem, %30 konsol gibi davranış göstermekte olup çerçeve konsol kirişin sentezi biçiminde çalışmaktadır (Atasoy,2014). Bu çalışma prensibinden ötürü yanal yükün geldiği doğrultudaki duvarlarda kayma davranışına sebep olur. Bu durumda çerçevesizdeki kolonlarda doğrusal olmayan gerilmeler yaşanır ve bu yüzden çerçevesizden köşesinde konumlanan kolonlar diğerlerine oranla daha fazla yükü taşımak durumunda kalırlar (Kırkan,2005).



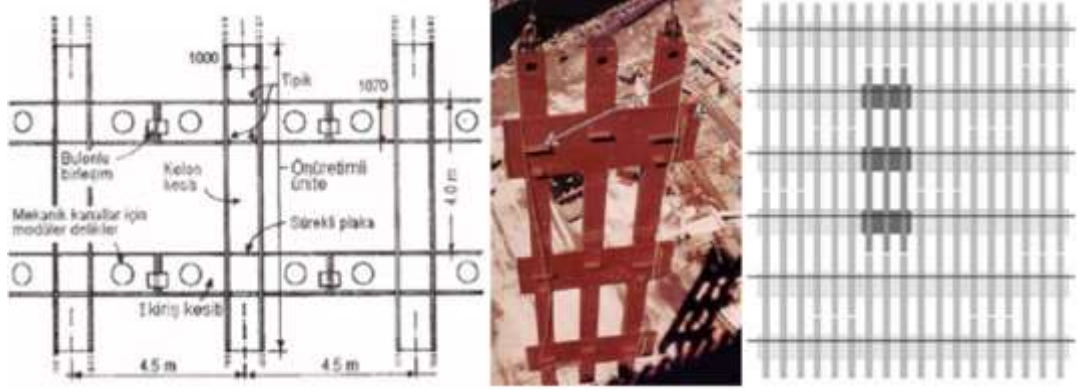
**Şekil 3. 20:** Çerçevesiz Boş Tüp Sistem Plan ve Perspektif Şeması (Bal,2003), Çerçevesiz Boş Tüp Gerilme Hareketi (Beyazoğlu,1997)

Yapının tüp niteliğini kaybetmemesi için; cepheyi çerçeveleyen kolonların sürekliliği ve kapalı bir forma sahip olunması gerekmektedir. Yapının geometrik formu sistemin etkili olup olmamasında rol oynamaktadır (Bal,2003). Tüp sistemin kullanıldığı kare, dikdörtgen gibi formların dışında daha serbest formlara sahip yapılarda da uygulanabilmektedir. Fakat bu tarz organik formlar ya da girinti-çıkıntılar sistemin performansına olumsuz etki etmektedir (Tuğrul,2014) (Şekil 3.21).

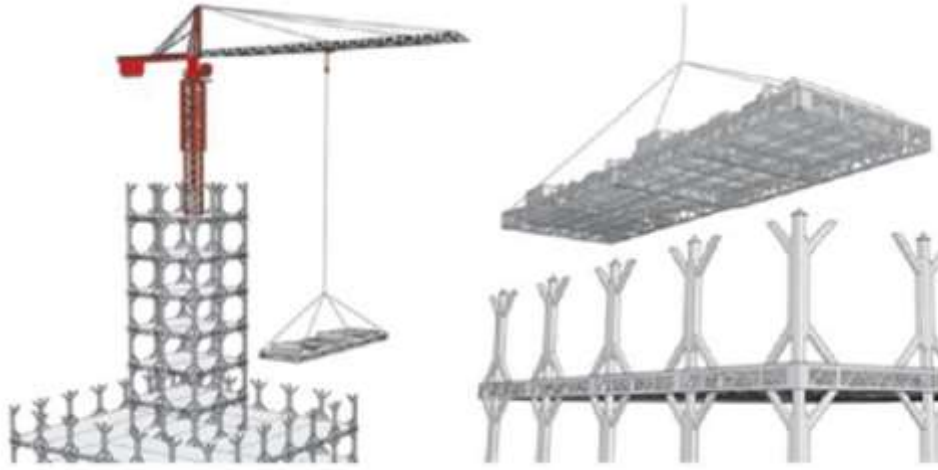


**Şekil 3. 21:** Serbest Düzenlenmiş Tüp Sistemli Plan Örnekleri (Tuğrul,2014)

Bu sistemde rüzgar yüküne karşı, emme basıncı oluşan yüzeydeki kolonlarda kısalma, yükün geldiği doğrultudaki kolonlarda ise uzama isteği meydana gelir. Bu oluşan eğilme davranışı sonucu kesme deformasyonu gerçekleşir. Bu yüzden tüp sistemin maximum verimde çalışmasını sağlamak adına öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken konu kesme deformasyonunun en aza indirgenmesi üzerine olmalıdır (Beyazoğlu,1997).



Şekil 3. 22: World Trade Center Ön Üretimli Eleman Örneği (Atasoy,2014)



Şekil 3. 23: Sky City Tower Ön Üretimli Eleman Örneği (Atasoy,2014)

Sistemin uygulanma sürecinin hızlandırılması için; World Trade Center ve Sky City Tower'da olduğu gibi ön üretimli paneller ile montajlama yoluna gidilebilir. Bu yol tercihinde  $M=0$  noktasında kolonların birleşimi yapılmalıdır (Atasoy,2014) (Şekil 3.22 ve Şekil 3.23).

Çerçevesiz tüp sistemler; betonarme seçiminde 60, çelik seçiminde ise 80 kata kadar uygun maliyete sahip olmaktadır. Bu sistemin rijitliğini yükseltmek için diğer tüp sistemler türetilmiştir (Kuyucuklu,2001).

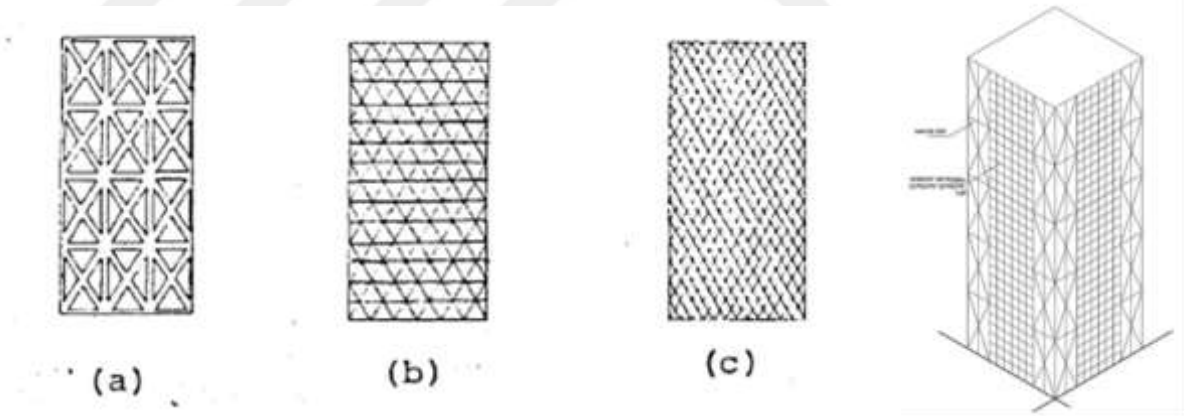
### 3.2.4.1.3 Kafes Kiriş Tüp Sistem

Çerçevesiz sistemin yetersiz geldiği noktaların geliştirilmesi için F.Kahn tarafından zamanla sistem geliştirilmiş ve yapı cephesine  $45^0$  diyagonal mega çapraz elemanlar uygulanmaya başlanmıştır. Bu sayede gelen yüklere karşı eğilme davranışı azaltılmış ve normal kuvvetler aracılığıyla zemine aktarım yapılabilmektedir



(Kazımov,2018). Yani kesme kuvvetini karşılayan alın kirişlerinin yerini diyagonaller karşılamaya başlamıştır. Bu şekilde sistemin tam olarak konsol gibi davranış göstermesi sağlanmıştır (Beyazoğlu,1997). Ayrıca sistemin kayma ve eğilme üzerinde yaratmış olduğu rijitlik sonucu cephede çerçevelenen kolonların sayısında azalma yapılabilir olmuştur. Yani aks aralıkları arttırılabilir duruma gelmiştir. Bu da sistemin ekonomik açıdan daha uygun hale gelmesini sağlamıştır (Atasoy,2014).

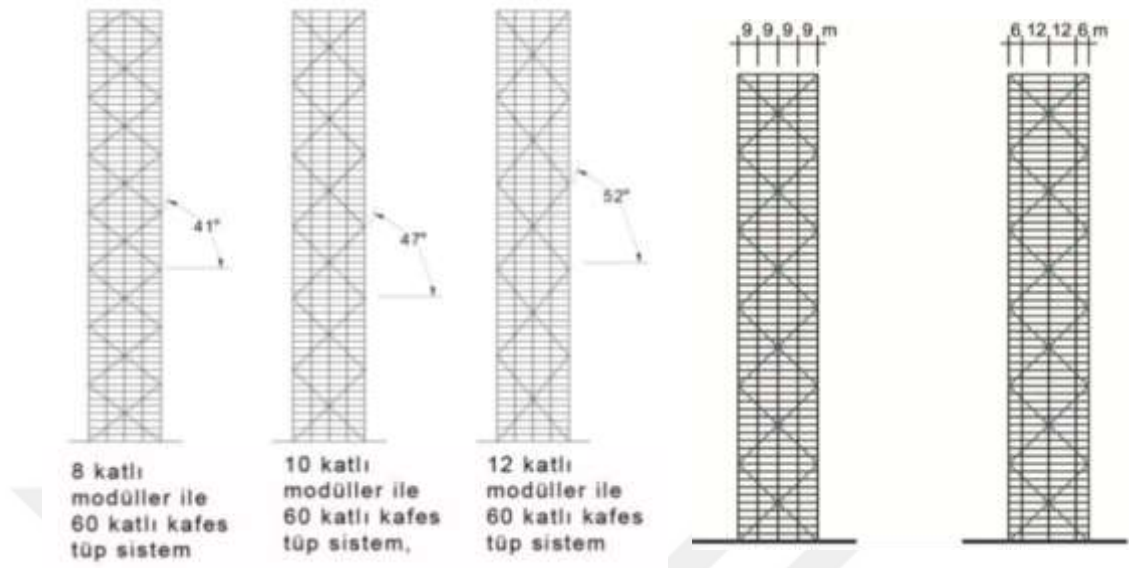
Kafes kiriş tüp farklı uygulama seçeneklerine sahiptir. Bunlar; kolon-diyagonal kafes tüp, kirişli verev kafes tüp, verev kafes tüp şeklindedir (Kuyucuklu,2001). Düşeyde kolonsuz olarak düzenlenen kirişli verev kafes tüp sistemde çapraz elemanlar eğik kolon prensibinde çalışmaktadırlar. Yine aynı mantıkta meydana getirilen verev kafes tüpte ise yakın aralıklı baklava ızgara şeklinde yatay ve düşey yükler taşınmaktadır (Bal,2003). Fakat verev uygulamalarında düşey yüklerin kolon ile kıyaslandığında daha az taşıyıcı nitelikte olması ve pencere bağlantılarında zorluklar meydana getirmesi bu tipin olumsuz yanını ortaya koymaktadır (Beyazoğlu,1997). Bunlara ek olarak sistem kısmi olarak uygulanabilmektedir. Yani kısa olan cephelerin köşelerinde çaprazlar uygulanırken, uzun cephelerde moment dayanımlı çerçeve uygulanabilir (Altuğ,2019).



**Şekil 3. 24:** A-kolon-diyagonal kafes B-kirişli verev kafes C-verev kafes (Beyazoğlu,1997), Kısmi Kafes Sistem Örneği (Altuğ,2019)

Kafes kiriş tüp sistemin çelik ile kullanımında yapı cephesinde çok katlı çapraz elemanlar kullanılmaktadır. Betonarme yapılarda ise kafes kiriş tüp sistem, yapının cephesinde çaprazlar meydana getirecek biçimde betonarme perdelerin oluşturulması ile uygulanabilmektedir (Günel ve Ilgın,2010). Sistemin betonarme ile uygulanması sonucu rüzgar yüklerine karşı dayanımı artmaktadır. Çelik ile uygulanmasında ise

cephede kolonlarında yerçekimi yüklerinin dengelenmesini sağlamaktadır (Kazımov,2018).



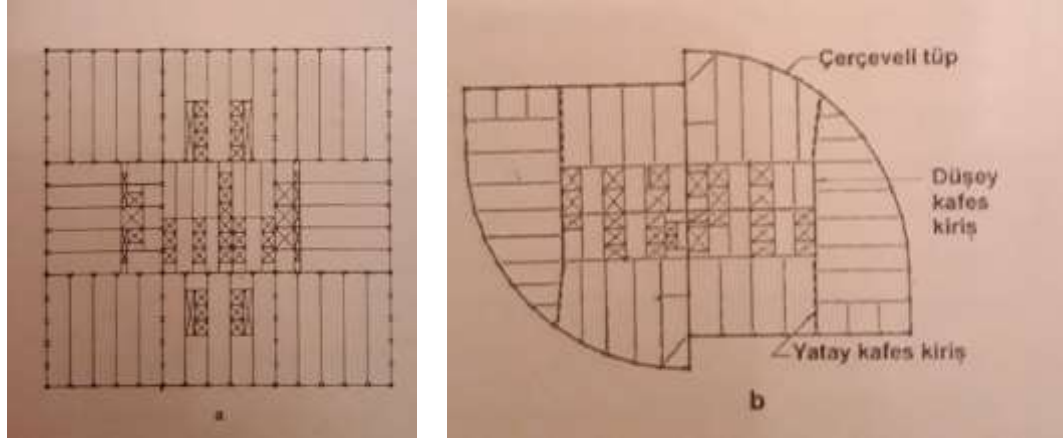
**Şekil 3. 25:** Kat Sayısı-Açı Bağlantısı (Atasoy,2014), Farklı Kolon Akslarının Sebep Olduğu Farklı Yer Değiştirmeler(Birinci Örnek=44.0cm,İkinci Örnek=43.5cm) (Atasoy,2014)

Ekonomik açıdan incelendiğinde ise AEI/ASCE' ye göre tanımlanmış rüzgar yükleri Chicago'da H/500 oranına sahip ve 60 katlı yapılarda 10 katlı 47° lik çapraz kullanımının en uygun maliyeti verdiği sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak yine 60 katlı bir yapı için genel kolon düzenlenesi 9 m aks aralığı ile köşelere yakın yerlerde 6 m orta alanda 12 m aralıklı aks düzenlemesinde yer değiştirmenin 5 mm fark ettiği görülmüştür. Köşelerde uygulanan sık kolonlar sistemi rijitleştirmektedir ve yer değiştirme oranı azaltmaktadır (Atasoy,2014) (Şekil 3.25).

### 3.2.4.2 İç Bağlantılı Tüp Sistem

Apartman yapılarında 40 kat üzerinde uygulanan boş tüp sistemler taşıyıcı elemanların boyutlarında artışa sebep olmasından ötürü ekonomik açıdan uygun olmamaya başlamaktadır. Buna karşı cephede uygulanan diyagonal uygulamaları haricinde, yanal yüklere karşı dayanımı arttırmak ve daha ekonomik sistem tasarlamak için; yanal yüklere karşı dayanımın yapı içerisinde de karşılanması sağlanmıştır. Bu koşulları sağlamak için; mevcutta var olan dış tüpe ek olarak iç perde ve çekirdek uygulamalarının yanal yükleri taşıyacak nitelikte eklenmesi gerekmektedir. Ofis yapılarında da genelde iç bağlantılı tüp sistemin tercih edilmesi daha verimli olmaktadır (Özgen ve Sev,2000). Ayrıca bu sistem boş tüp sistemlere göre daha

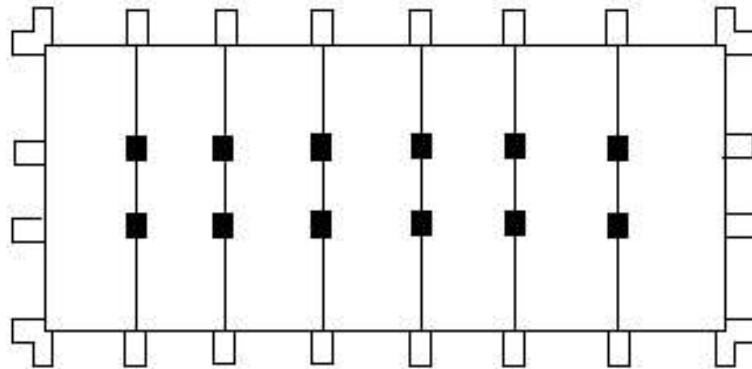
yüksek yapı tasarlanmasını mümkün kılmaktadır. Sistem; paralel perde duvarlı, tüp içinde tüp ve demet tüp şeklinde sınıflandırılabilir.



Şekil 3. 26: Sears Tower-İç Bağlantılı Tüp (Özgen ve Sev,2000), Allied Bank Plaza-İç Bağlantılı Tüp (Özgen ve Sev,2000)

#### 3.2.4.2.1 Paralel Perde Duvarlı Tüp Sistem

Bu sistem dış tüp sistemi içerisine perde duvar uygulanması ile rijitleştirmeyi önermektedir. Bu iki şekilde sağlanabilmektedir. Birinci yöntem; cephedeki dış tüp kolonlarının seyrekleştirilerek kolon sayısı kadar perde duvar eklenmesidir. İkinci yöntem; çerçevedeki kolon sayısı sabit bırakılarak bir aks boyunca iki perde duvar elemanının eklenmesi ile sağlanabilmektedir (Kuyucuklu,2001).



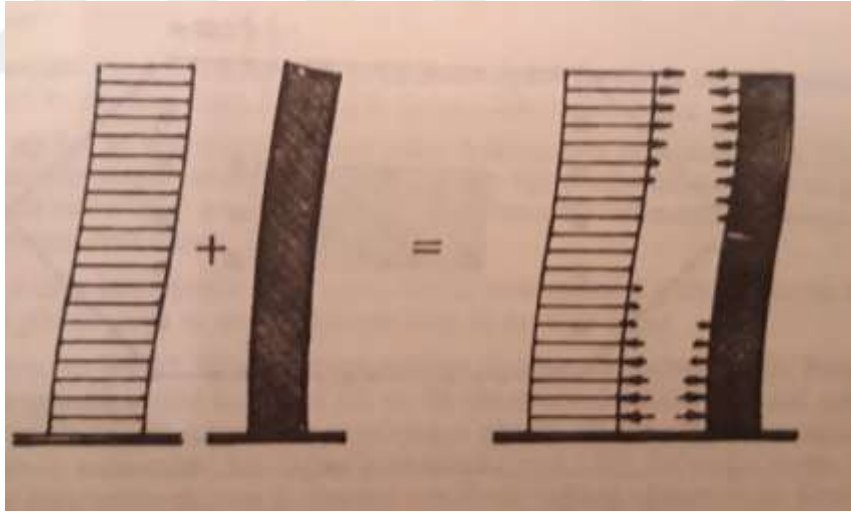
Şekil 3. 27: Paralel Perde Duvarlı Tüp Sisten Örneği (Özgen ve Sev,2000)

Bu sistemin çalışma prensibi; tüp çerçeve cephenin başlık, perdelerin ise gövdeyi oluşturduğu kiriş şeklinde düşünülebilir. Yani kayma ötelenmesi minimize edilir. Dış tüp çerçevede aksel gerilmeler meydana gelir. Sistemin

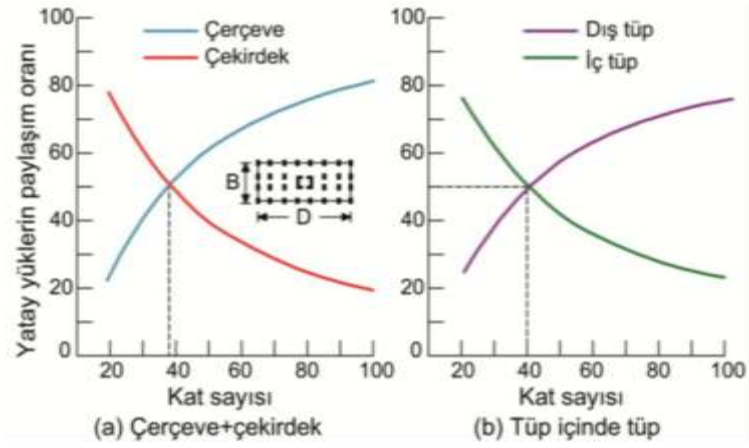
yaygınlaşmamasının sebebi; ekonomik açıdan uygun olmaması ve serbest mekân tasarımlarında kısıtlamalara sebep olmasıdır (Beyazoğlu,1997).

### 3.2.4.2.2 Tüp İçinde Tüp Sistem

Sistem; dış tüp sistemin içerisinde tüp prensibinde çalışabilen çekirdek uygulamasının eklenmesi ile meydana gelmektedir. Yani iç tüp çekirdekten oluşurken dış tüp cephede konumlanan sık kolonlardan oluşmaktadır (Özgen ve Sev,2000). Döşeme elemanı iç ve dış tüpün bağlantısını sağlayarak sistemin bütüncül çalışmasına olanak verir. Bu sayede sistem boş tüp sisteme oranla daha rijit hale gelmektedir. Ayrıca, gerilme yoğunluklarını normalin altına indirebilmektedir. Sistemin rüzgâr yükü üzerindeki davranışı çerçeve tüp ve paralel perde duvarlı tüp sistem ile benzerlik göstermektedir. Rüzgâr yüklerinin; dış tüp ile yapının üst katlarına doğru, çekirdek ile zemine yakın kısımlarına doğru karşılandığı gözlemlenmiştir (Yamantürk ve Özşen,1993).Yapı yüksekliğinin artışı ile birlikte konsol ankastre eleman yer değiştirmesinin yaşanması durumu çekirdeğin üst katlara doğru yanal yükler altındaki dayanımının azalmasına sebep olmaktadır (Atasoy,2014).



Şekil 3. 28: Tüp İçinde Tüp Sistem Davranışı (Yamantürk ve Özşen,1993)



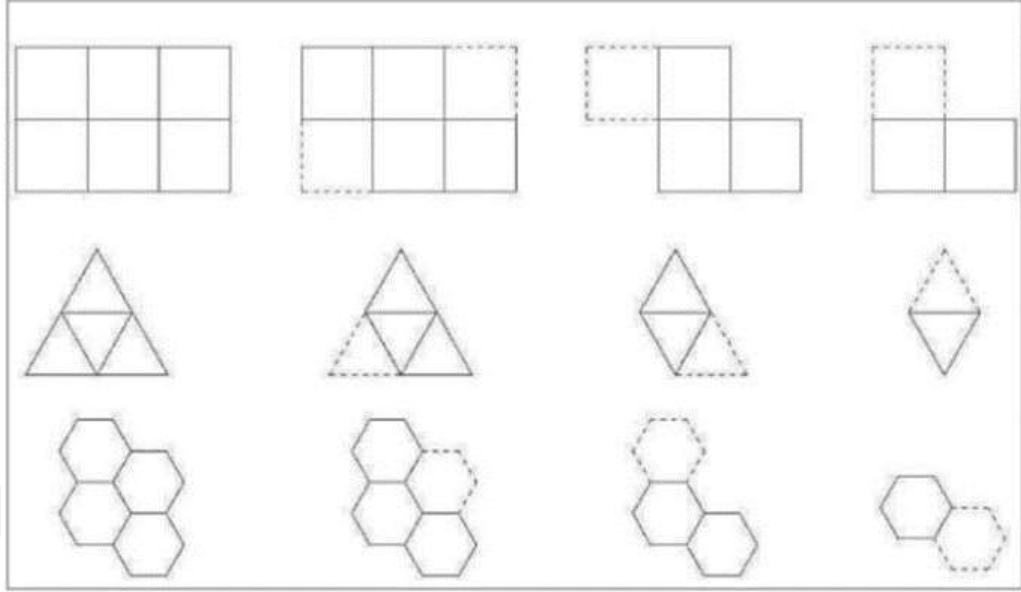
**Şekil 3. 29:** Yanal Yükler Altında Çerçeve+Çekirdek ve Tüp İçinde Tüp Sistem Paylaşımaları (Atasoy,2014)

Kolon aks aralıklarının yaygın kullanımı; 3.0-4.5 m şeklinde olup yapının yükselmesi durumunda bu aralık artabilmektedir. Malzeme açısından değerlendirildiğinde; betonarme ile uygulanmasında 214 m'ye kadar, kompozit ile uygulanmasında 306 m'ye kadar uygun maliyetli olmaktadır (Atasoy,2014). Mekânsal açıdan değerlendirildiğinde ise; içeride kolon ihtiyacını karşılayan çekirdeğin yaratmış olduğu ferah alanlar sistemin tercih edilmesine sebep olmaktadır. Özellikle büyük bir servis çekirdeği ihtiyacına sahip yüksek katlı ofis yapılarında oldukça verimli bir uygulamadır (Bal,2003).

### 3.2.4.2.3 Demet Tüp Sistem

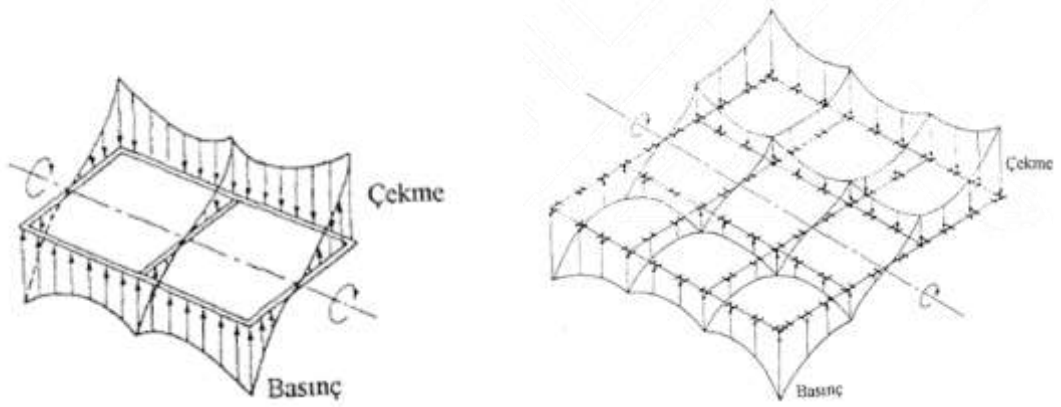
En gelişmiş tüp sistem türevi olan demet tüp sistem; çerçeve tüp sistemli birden fazla sistemin rijit şekilde birbirlerine bağlanarak bütüncül şekilde çalıştırılması ile meydana gelmiştir. Bu sayede üst katlara gidildikçe salınım azalmaktadır. Çeşitli formlarda uygulanabilen sistem(daire, kare, altıgen, vb.), kare plan tipinde uygulanırsa verimi artmaktadır. Bu sistemi en verimsiz kılan ise üçgen formdur. Fakat dış tüp sistemdeki güçlü dönme dayanımı asimetrik yapılara karşı sistemi destekler niteliktedir (Altuğ,2019). Sistem birleşimleri her iki doğrultuda (x ve y) yapılabilmektedir ve her bir kütle yüksekliği isteğe göre belirlenebilir. Bunun sebebi tekil olarak varlıklarına sürdürebilecek rijitliğe sahip dış tüp sisteme sahip olmalarıdır (Kuyucuklu,2001). Sistemde istenilen yüksekliklerde uygulanabilen kütleler sayesinde; farklı döşeme tercihleri ya da farklı cephe tasarımları gibi tasarımsal açıdan özgürlük sağlanmasının yanı sıra çerçeve tüp sisteme göre cephede daha az kolon

kullanımı ile daha yüksek tasarımlara olanak yaratılmaktadır (Günel ve Ilgın,2014). Dolayısıyla geniş aks aralıklarına sahip kolonlar yapıda ışık alımını arttırmaktadır.



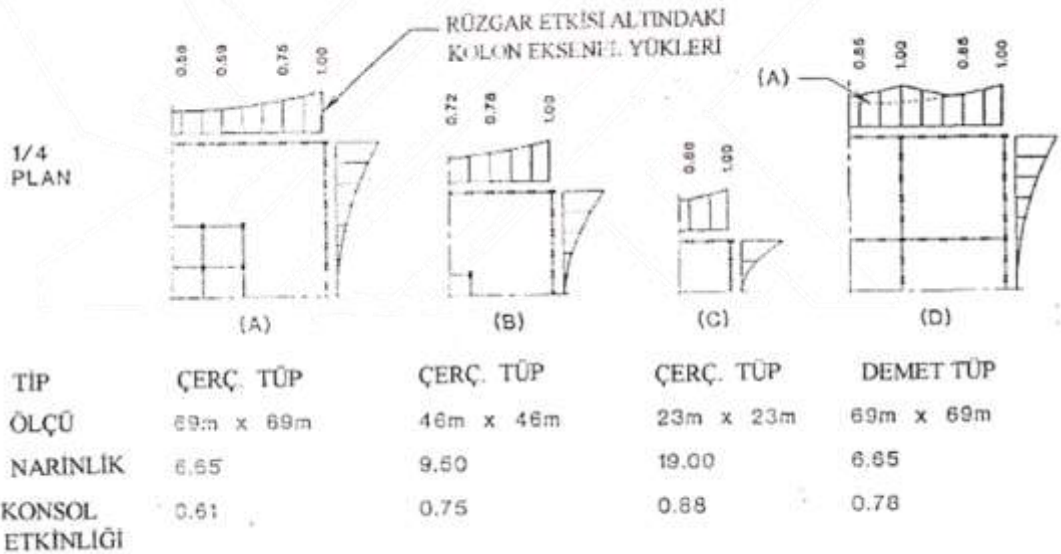
**Şekil 3. 30:** Modüler Tüp Örnekleri (Altuğ,2019)

Davranış olarak sistemi açıklamak gerekirse; döşemelerde oluşan diyagram davranışı kesme kuvvetlerine karşı dayanım sağlarlar. Ayrıca eğilme davranışına karşı yüksek dayanım sağlanmaktadır (Kuyucuklu,2001). Yapı içerisindeki kolonların ve kirişlerin ağ prensibinde çalışması sistemin büyük ölçekli bir konsol kirişe benzetilmesine sebep olmaktadır. Hem cephe de hem de içeride kolon barındırması durumu döndürme momentine karşı dayanımı artırır. Çünkü dış cephe kolonlarının ağ gibi davranışı ile rijit bağlantı kurulmuş ızgara çerçeve, kesme kaymasına karşı beraber çalışmaktadır. Sistem, iç çerçevesi olmayan tüp sistemler ile kıyaslandığında çok daha düşük oranda kesme kayması etkisine maruz kalmaktadır. Sistemde oluşan aksel gerilmeler; diyagramlar sayesinde eşit olarak iç ve dış çerçevelere iletilir, çerçeveler ile de bir ağ gibi karşılanır. Kesme kaymasına karşı dayanım her tüp için birbirleri ile ilişiksiz olarak gerçekleşmektedir. Dış çerçevenin köşelerinde maximum değer veren kesme kuvvetleri, iç çerçeveye doğru giderek azalır ve merkezde sıfır değerini verir (Beyazoğlu,1997).



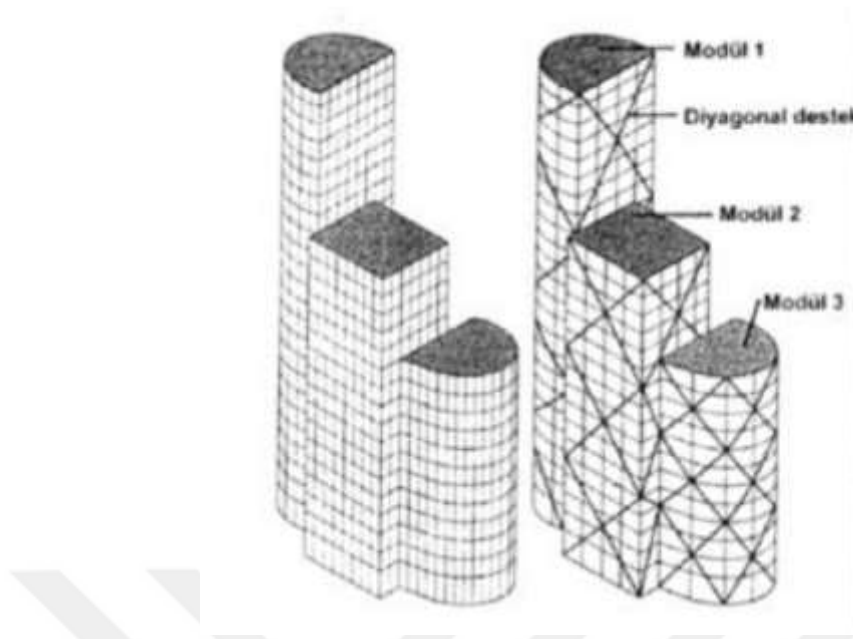
**Şekil 3. 31:** İki Modüllü Demet Tüp Gerilme Dağılımı (Beyazoğlu,1997), Dokuz Modüllü Demet Tüpte Gerilme Dağılımı (Beyazoğlu,1997)

Tüp sistemlerdeki konsol prensibinde çalışma oranı aynı malzeme ve aks aralığına sahip 4 yapı üzerinden incelendiğinde; narınlığın artması(yükseklik/genişlik) ile konsol davranışının daha fazla gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca çok yüksek yapılarda demet tüp sistem kullanımının konsol davranışını arttırdığı görülmektedir (Beyazoğlu,1997) (Şekil 3.32).



**Şekil 3. 32:** Tüp Sistem Örneklerinin Konsol Çalışma Düzeyleri (Beyazoğlu,1997)

Malzeme açısından bakıldığında sistem betonarme, çelik ve kompozit olarak uygulanabilmektedir (Kırkan,2005). Sistem olarak ise; çerçeve tüp, kafes tüp ya da hepsi birlikte kullanım olanağı mevcuttur (Altuğ,2019)(Şekil 3.33). 70-80 kat yüksekliğine kadar betonarme demet tüp kullanımı ekonomik açıdan uygundur. Fakat ortak duvar kullanımında bulunan çerçeve elemanlardan dolayı mekân içerisinde istenmeyen kolon kullanımı yaratmaktadır (Kazımov,2018).



**Şekil 3.33:** Demet Tüp Sistemin Çerçeve ve Kafes Tüp Şeklinde Uygulanması (Altuğ,2019)

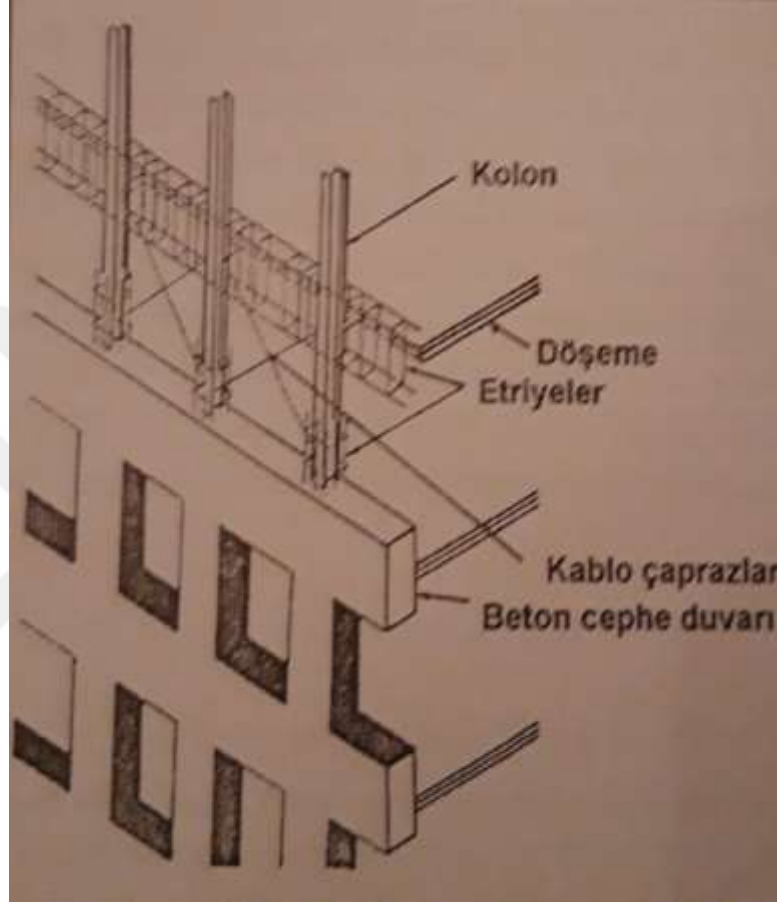
#### **3.2.4.2.4 Hibrid Sistem (Kompozit Tübüler Sistem)**

Yüksek yapılarda özellikle yanal rijitliği arttırmak adına ortaya çıkan bir sistemdir. Farklı tüp sistemlerinin birlikte kullanımı sonucu oluşturulan kompozit tüpüler sistem şiddetli rüzgâr ve deprem kuvvetlerine karşı dayanımı arttırmak için geliştirilmiştir (Beyazoğlu,1997). Bu sistemde sadece sistemler kombine edilmemiştir, malzemeler de kompozit olarak kullanılmaktadır. Sistem; Owings, Merrill ve Skidmore tarafından geliştirilmiştir. Bu ekip; dış çelik çerçevede oluşan yanal deformasyonu yerinde dökme beton boşluklu cephe duvarı ile rijit hale getirmiştir. Bu şekilde; çelik malzemenin kısa zamanda yapılabirliği ve yüksek dayanımından, betonun ise kesme duvarlarında kullanımı ile yangına karşı bariyer görevi görmesi ve kolay şekil alabilmesinden yararlanılmıştır. One Shell Square Tower(50 kat), CDC Building(24 kat) ve Gateway III(36 kat) bu sistemin uygulama örnekleridir (Yamantürk ve Özşen,1993)

Bu sistem; ihtiyaca göre farklı tip tüp sistemlerin birleştirilmesi ile uygulanabilmektedir. Bu yüzden belirli bir sınıflandırma yoluna gidilmemiştir. Fakat temel örnekler şu şekilde açıklanabilir; inşaat aşamasında öncelikle 8-10 kat arası çelik çerçeve uygulaması üzerine geçici yatay kablo çaprazlaması, sonrasında iskeletin stabilize hale getirilmesi ve çelik döşeme üzerine beton dökümünün uygulanması



gerekir. Bu aşamalardan sonra boşluklu duvar oluşumuna uygun alın kiriş ve kolon elemanların kalıplarına beton dökümü uygulaması yapılır. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken husus; iç mekanda bulunan çelik kolonlar ve çelik-beton kompozit cephe kolonları arasında var olabilecek hareket farklılıklarıdır (Özgen ve Sev,2000,ss189) (Şekil 3.34).



Şekil 3. 34: Tübüler Kompozit Yapı Örneği (Özgen ve Sev,2000)

Bu uygulama örneğine ek olarak cephede yüksek çelik kiriş kullanımı olan diğer bir örnek; çelik-betonarme kompozit kolonlar, çelik iç mekân kolonları, çelik döşeme ızgarası, beton kaplama çelik cephe kirişlerinden meydana gelmektedir. Bu örneğin stabilitesi, cepheyi delikli bir perde duvar prensibinde çalıştırabilen sık cephe kolonları ve geniş cephe kirişlerinin bu çalışma prensibini ne kadar gerçekleştirebildiğine bağlıdır (Beyazoğlu,1997).

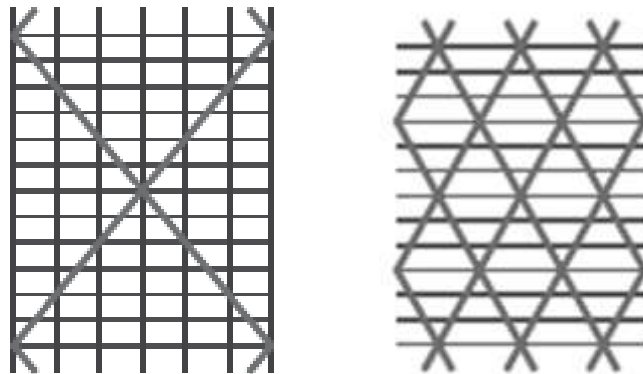
Bir diğer örnekte ise, cephedeki iki kat yüksekliğine sahip içi beton dolgulu çelik boru kolon ve iki çelik kirişten oluşan prefabrike modüller sistemdeki yanal yükleri karşılamaktadır. Bu modüller yanal yükler altında en az gerilime sahip noktalarda birbirlerine bulonlanırlar. Ayrıca bu yöntemle kirişler kolonlar ile

süreksizliğe uğramayarak büyük gerilme oluşturabilecek birleşim noktalarının oluşmasını önlenmektedir (Kırkan,2005).

Bu sistem için uygulanmış örnekler bakıldığında; Hong Kong Bank Headquarters, Overseas Union Bank Center, First Interstate World Center, Crocker Center ve Bank Of China Tower yapıları örnek olarak verilebilir (Özgen ve Sev,2000; Beyazoğlu,1997).

### 3.2.5 Diagrid Sistem

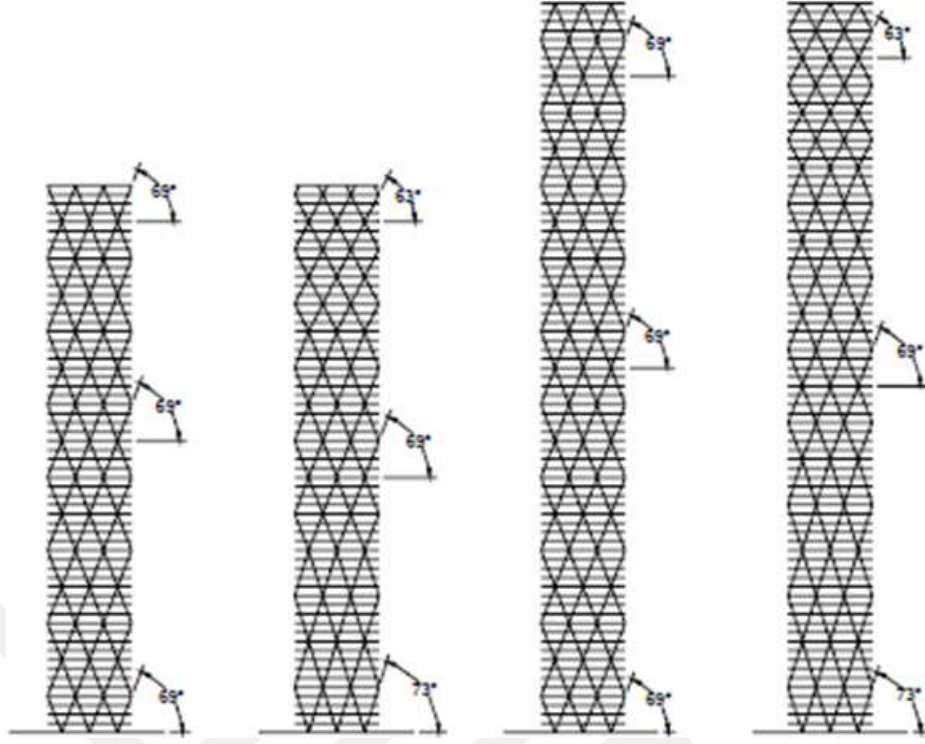
Diagonal(köşegen) ve grid(ızgara) kelimelerinin bir araya gelmesi ile oluşan diagrid kelimesinin tanımı metal ya da beton nervürlerin çapraz kesişecek şekilde yapının strüktürünü destekleyen çerçeve sistemi olarak Oxford sözlüğünde yer almaktadır (Küçük ve Arslan,2020).Tekrarlanan modüllerden meydana gelen diagrid sistem yapı cephesinde üçgen form oluşturan açılı kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Modüller, düğüm noktalarından birbirlerine bağlanarak cephede bir taşıyıcı yüzey oluştururlar. Bu şekilde yapı ankastre kafes sistem prensibinde çalışarak dışarıdan gelen yüklere karşı dayanıklı bir duruş gösterir (Atasoy,2014). Bu sistem kafes tüp sistem ile karıştırılmamalıdır. Kafes tüp sistemde bulunan kolonlar diagrid sistemde bulunmamaktadır. Çünkü diagrid sistemde üçgen formlarla oluşturulan taşıyıcı elemanlar hem düşey hem yanal yükleri taşıma görevini üstlenebilmektedirler. Kafes tüp sistemde ise çapraz elemanlar sadece yanal yüklere karşı bir dayanıma sahiptir. Ayrıca kafes tüp sistemde kesme hareketini kolonlar eğilme ile karşılarken diagrid sistemde çapraz elemanların aksel hareketi ile daha etkili bir şekilde karşılanmaktadır. Bu bakımdan diagrid sistem kafes tüp sistemden daha gelişmiş bir sistemdir denilebilir (Balcı,2013).



Şekil 3. 35: Kafes Tüp(Moon ve diğerleri,2007), Diagrid Sistem(Moon ve diğerleri,2007)

Diagrid sistem, iç mekanda geniş açıklık düzenlemelerine elverişli yapısı ile esnek tasarımların önünü açan bir sistemdir. Kompleks formların oluşturulmasında ve yüksek yapıların ekonomik bir şekilde uygulanmasında uygun bir sistemdir (Tuğrul,2014). Sistem daha az sapma potansiyeline sahip olduğu için ve daha az çelik malzeme ile uygulanabildiği için sürdürülebilirlik açısından da daha olumlu bulunmaktadır (Premdas ve Sirajuddin;2019). Sayısal açıdan bu durum değerlendirildiğinde; diagrid, geleneksel bir çelik çerçeve sistemin ağırlığından %20si civarında bir tasarruf sağlamaktadır (Jani ve Patel,2013). Diagrid sistem, yalnızca statik yüklere karşı dayanıklı değil aynı zamanda rüzgar gibi dinamik yüklere karşıda dayanımı yüksek bir sistem olarak bilinir. Çünkü daha sert(stiffer) yapıların temel frekansları daha büyüktür ve dolayısıyla girdap frekansı kitlenmesi olasılıkları daha düşük olur (Moon ve diğerleri,2007).

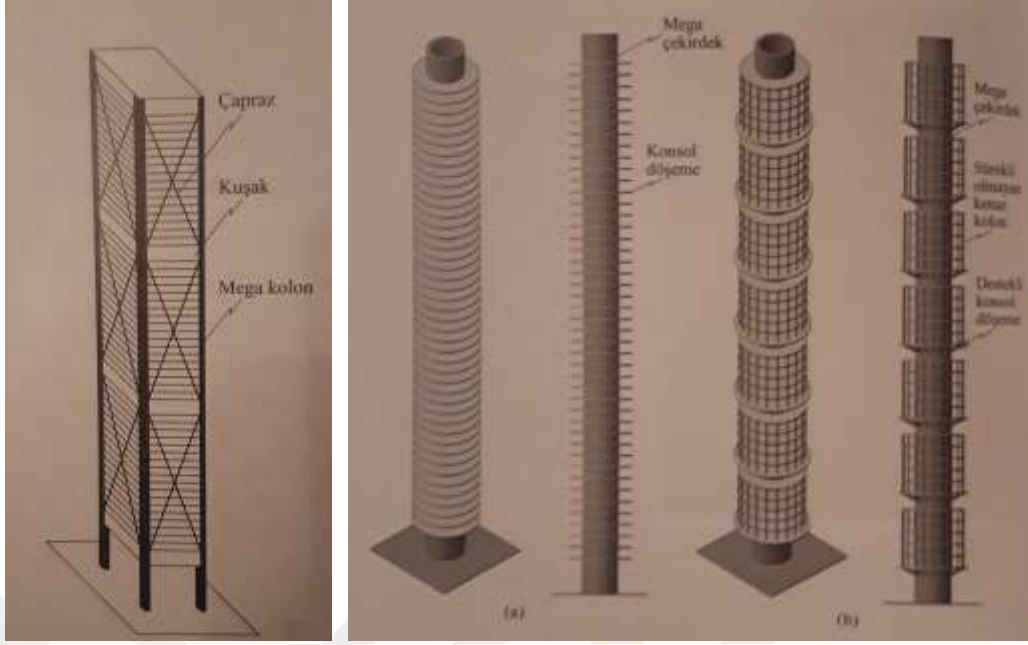
Yapı yüksekliği ve diagonellerin açıları arasındaki bağlantının uygun değerlerini tespit etmek için Yale Üniversitesi'nde 36x36m tipik plana sahip 3,9m kat yüksekliği olan 60 katlı ve 80 katlı New York'ta konumlandığı varsayılan yapılar ile deney yapılmıştır. Rüzgar hızı; ASCE / SEI 7-05 Binalar ve Diğer Yapılar için Minimum Tasarım Yüklerine göre 110 mph yani 49.1744 m/s olarak ele alınmıştır. Deneyin ön değerlendirmesi sonucu; tek tip ve 63 derece açılı diagrid sistemde 6 katlı örnek modülün 40-50 kat arası yapılar için verimli iken 69 dereceli 8 katlı örnek modülün 60 kat ve üstündeki yapılar için verimli olduğunu göstermektedir. Deneyin değişken açılı diagrid yapılar üzerindeki sonucu; 60-50-40 katlı yapılarda tek tip açılı düzenlemenin değişken açılarla tasarlanmış diagrid sisteminden daha verimli olduğunu göstermektedir. Bu durum; 60 katlı yapılara kadar artan eğilme rijitliği, yapının alt kotlarındaki dik açının sebep olduğu azaltılmış kesme hareketinin olumsuz etkisinden daha küçük olması ile açıklanmaktadır. Fakat bu durum 70 ve üzeri katlar için tam tersidir. Kademeli olarak değişen açılı diagrid sistem bu yükseklikler için daha verimli sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır. Sebebi ise; daha yüksek yapıların kiriş prensibinde çalışırken daha alçak yapıların kesme kiriş prensibinde çalışmasıdır (Moon,2009)(Şekil 3.36).



**Şekil 3. 36:** 60 Katlı Yapı Aynı Açı Düzenlemesi-60 Katlı Yapı Değişken Açı Düzenlemesi-  
80 Katlı Yapı Aynı Açı Düzenlemesi-80 Katlı Yapı Değişken Açı Düzenlemesi  
(Moon,2009)

### 3.2.6.Mega Kolon& Mega Çerçeve Sistem

Mega kolon ve çerçeve sistemler, az malzeme ve yüksek dayanımlı yapı sistemleri arayışı sonucu ortaya çıkmıştır. Mega sistem olarak geçmesinin sebebi ‘mega’ yani kesit alanı normalden çok daha büyük olan betonarme ya da kompozit kolon elemanlarından oluşmasındandır (Günel ve Ilgın, 2014). 60 kat ve üzerinde maliyet açısından uygun olan bu sistem, yapı yüksekliği boyunca iki ya da daha fazla seviyede ve minimum bir kat derinliğindeki yapıyı çevreleyen kuşaklarla bağlanır. Aksi takdirde kat döşemelerinin rijit davranışı yanal bağlantılarda yeterli olmayacaktır. Benzer şekilde; perde duvar, çekirdek, kafes kiriş gibi elemanlarda rijitliği arttırmak için yapı yüksekliğince devam ettirilir (Tuğrul, 2014; Kazımov, 2018).



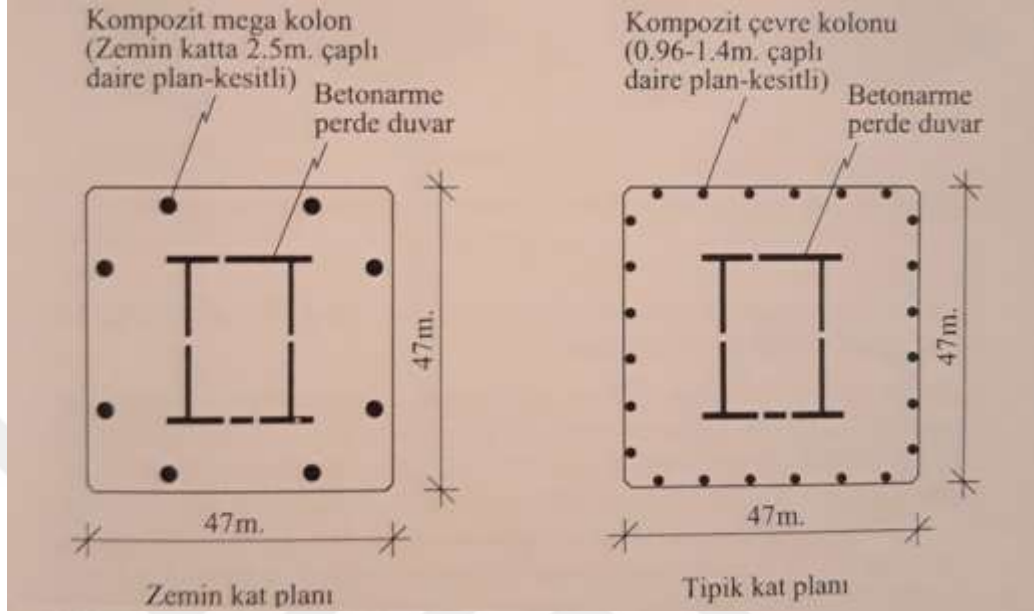
**Şekil 3. 37:** Mega Kolon Strüktür (Günel ve Ilgın,2014), A-Konsol Döşeme Şeklinde Düzenlenmiş Mega Sistem,B-Destekli Konsol Döşeme Şeklinde Düzenlenmiş Mega Sistem (Günel ve Ilgın,2014)

Bu sistemde döşemelerde dahil olmak üzere tüm düşey ve yanal yükleri çekirdek taşır. Yani döşemeler mega çekirdek kolondan sonra konsol olarak çıkmaktadır. Buna alternatif olarak birkaç katta tekrarlanan destekli kat döşemeleri şeklinde düzenleme yoluna da gidilebilir (Tuğrul,2014) (Şekil 3.37).

BVM Engineering College’da 2016 yılında mega kolonlar eklenmiş bir yapı sistem ve normal kolonlar ile tasarlanmış bir sistem arasındaki yer değiştirme farkları araştırılmıştır. Modelleme yöntemi ile analiz edilen yapılar; eşit kolon boyutlarına sahip çekirdek perde duvarlı yapı düzenlemesi ve aynı düzeneğe ek olarak perde çekirdeğin cephe ile yatay perde/kafes kiriş (outrigger) destekleri arasındaki kolonların mega kolon olarak kullanılan yapı modelinden oluşmaktadır. Analizler sonucu iki gruptan mega kolon kullanımına sahip olan sistemdeki outrigger desteklerinde yer değiştirme oranlarında ve kat kayma oranlarında azalma görülmüştür. Buna ek olarak mega kolon kullanılan modelde toplam kolon kullanım alanlarında azalma olduğu görülmüştür (Changwadiyal, Agrawal ve Desai,2016) (Şekil 3.38 ve Şekil 3.39).



adlandırılmaz. Bu kullanım türüne örnek olarak; Cheung Kong Center örnek verilebilir. Mega kolon sisteme örnek olarak ise; Shanghai Dünya Ticaret Merkezi ve HSB Turning Torso yapıları örnek verilebilir (Altuğ,2019; Günel ve Ilgın,2014) (Şekil 3.40 ve Şekil 3.41).



Şekil 3. 40: Cheung Kong Center Planları (Günel ve Ilgın,2014)



Şekil 3. 41: HSB Turning Torso (url-61), Turning Torso Strüktürü (Abd El-Tawab,2018)

### 3.2.7 Asma Sistem

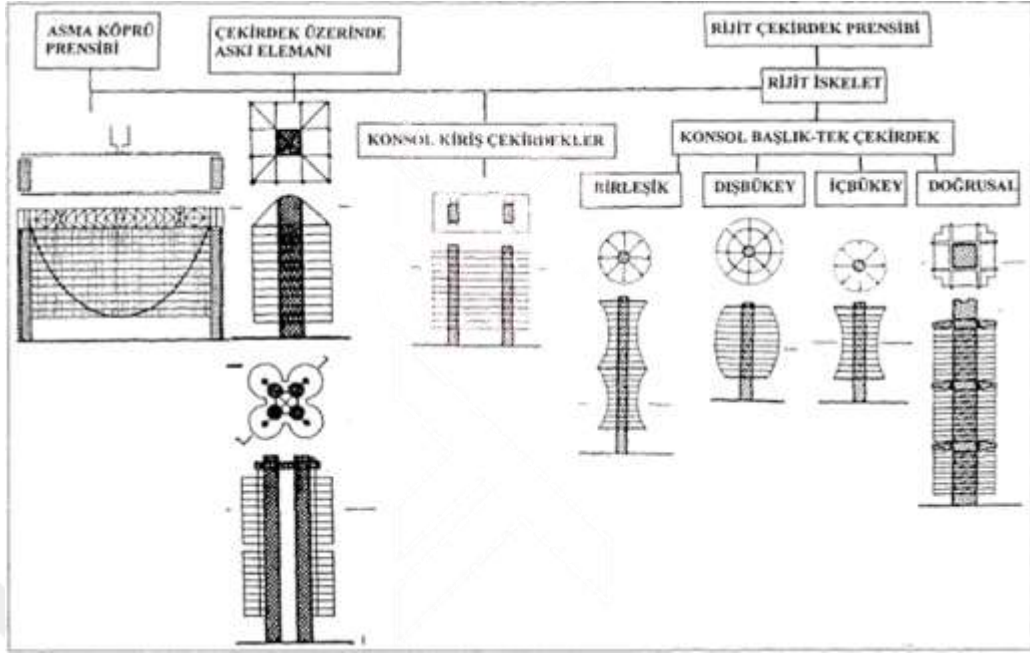
Asma sistemlerde, döşeme yüklerinin taşınmasında kolon elemanlarının yerine askı elemanları kullanılmaktadır. Kolon ihtiyacını ortadan kaldıran, büyük açıklık geçebilen ve malzemenin verimli kullanılmasını sağlayan bir sistem olması ile yüksek yapılar için önemli bir yere sahip olmaktadır (Aytıs,1996). Yüksek yapılarda; büro, ofis gibi büyük iç mekan tasarımları gerektiren prestij yapılarında tercih edilmektedir (Bal,2003). Sistemde oluşan kat yüklerinin direk çekme mantığında taşınması eğilme ve burulma etkilerinin azalmasında fayda sağlamaktadır. Bu sayede çekme elemanlarının enine kesitleri azalmaktadır, dolayısıyla maliyet açısından da daha uygun bir seçim olmaktadır. Askı elemanlar; çelik malzemenin yassı, yuvarlak, halat şekillerinde kullanılabilir. Bu çelik kablolar, aynı özellikli yapı çeliğindeki akma dayanımının altı katına sahiptirler. Yani bu yönü ile de malzemenin tasarruf sağlanmaktadır. Fakat kabloların eğilme rijitliği düşüktür. Bu durum, gelen yükün değişimi ile biçim değişimlerinin yaşanmasına sebep olmaktadır. Diğer bir deyişle, aerodinamik istikrarsızlık ve raks meydana gelmektedir. Bu durumun önlenmesi için, kablolar alt kısımlardan gerilebilmektedir (Büyüklü,1998).

Çalışma prensibine göre sistem üç şekilde incelenebilir. Bunlar;

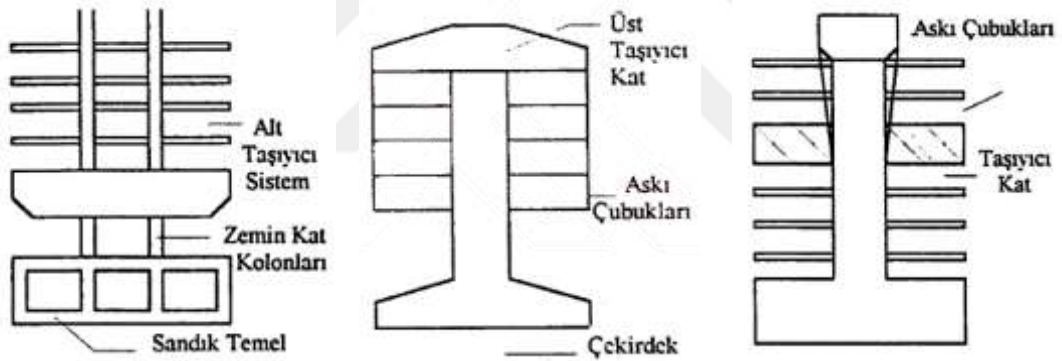
- Rijit çekirdek
- Gergili kolon
- Germe prensipleridir (Yamantürk ve Özşen,1993).

Rijit çekirdek prensibinde; yapının tüm ağırlığı, konsol eğilmesi ve yanal kuvvetler çekirdek veya çekirdekler ile karşılanmaktadır. Bu sistemde; askı-çekirdek arasındaki moment oluşumları, çekirdek elemanın yüksek dayanımlı temel ihtiyacı, düşey yük iletiminde uzun mesafeye sahip olunması dikkat edilmesi gereken hususlardır (Yamantürk ve Özşen,1993). Rijit çekirdek prensibi kendi içerisinde geometrik formlarına ve konumlarına göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Konumlarına göre; alt taşıyıcı sistem, orta taşıyıcı sistem, konsol çerçeve şeklinde, geometrik formlarına göre; doğrusal, içbükey, dışbükey, birleşik şekil şeklinde sınıflandırılmaktadırlar (Aytıs,1996; Yamantürk ve Özşen,1993) (Şekil 3.42 ve Şekil 3.43).



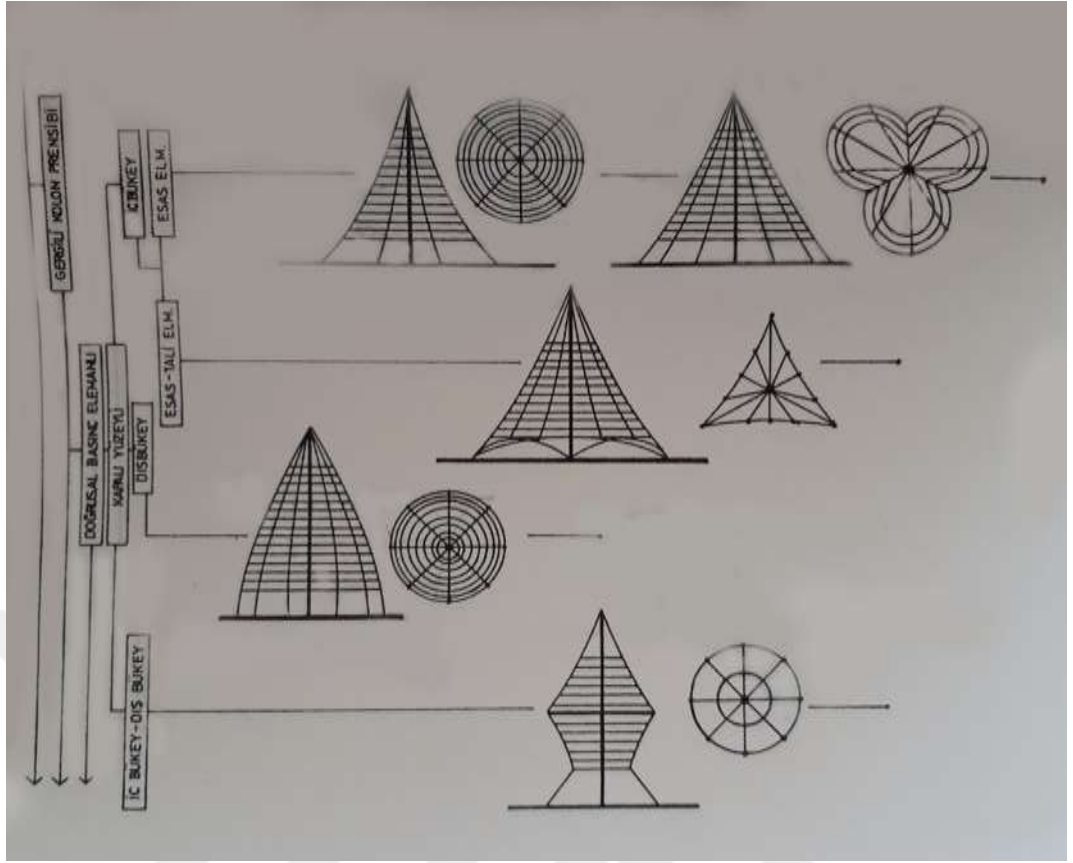


Şekil 3. 42: Asma Sistem Çalışma Prensipleri (Büyüklü,1998)

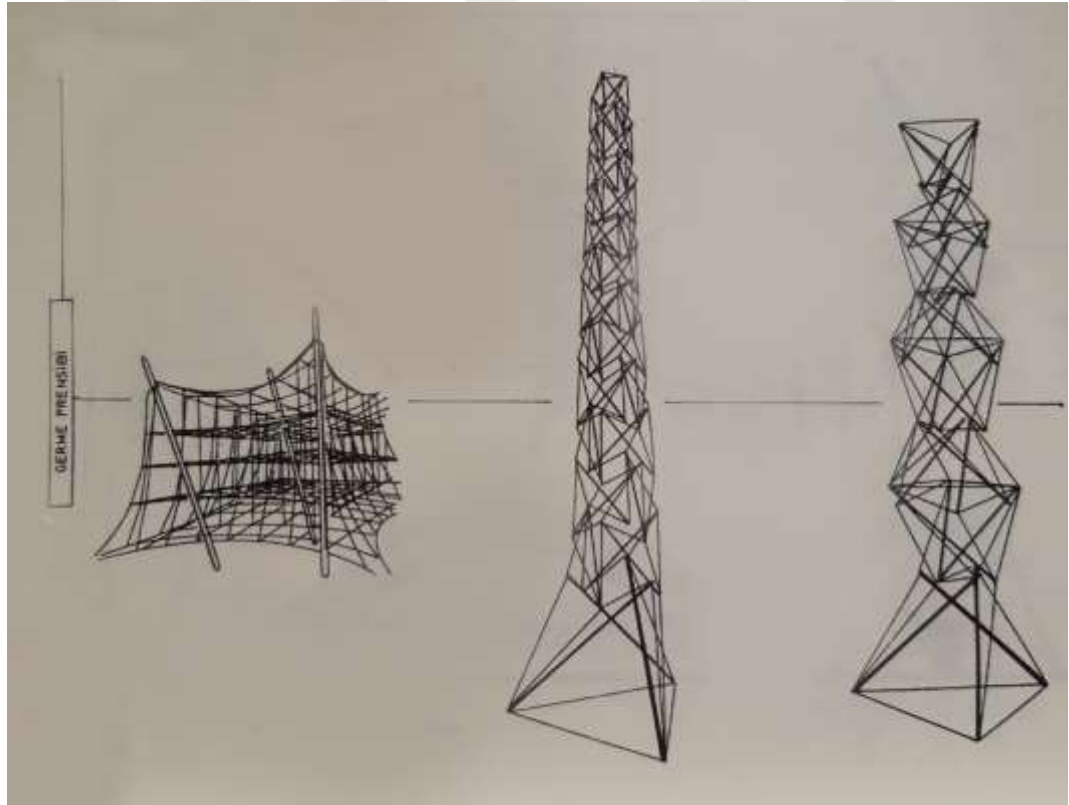


Şekil 3. 43: Alt Taşıyıcıya Sahip Asma Sistem, Üst Taşıyıcıya Sahip Asma Sistem, Orta Taşıyıcıya Sahip Asma Sistem (Aytıs,1996)

Gergili kolon prensinde; öngerilmeli kolonlar direk olarak zemine ya da bir diğer taşıyıcı sisteme mesnetlenmektedir. Kolonlardaki öngerilme sayesinde yanal kuvvetler absorbe edilir ve döşeme elemanları taşınır. Çekme kablo elemanlarını taşıyan kolon basınca çalışmaktadır ve bunun sonucu x-y-z düzlemlerinde stabilite elde edilmektedir (Büyüklü,1998)(Şekil 3.44).



Şekil 3. 44: Gergili Kolon Prensibi (Yamantürk ve Özşen,1993)



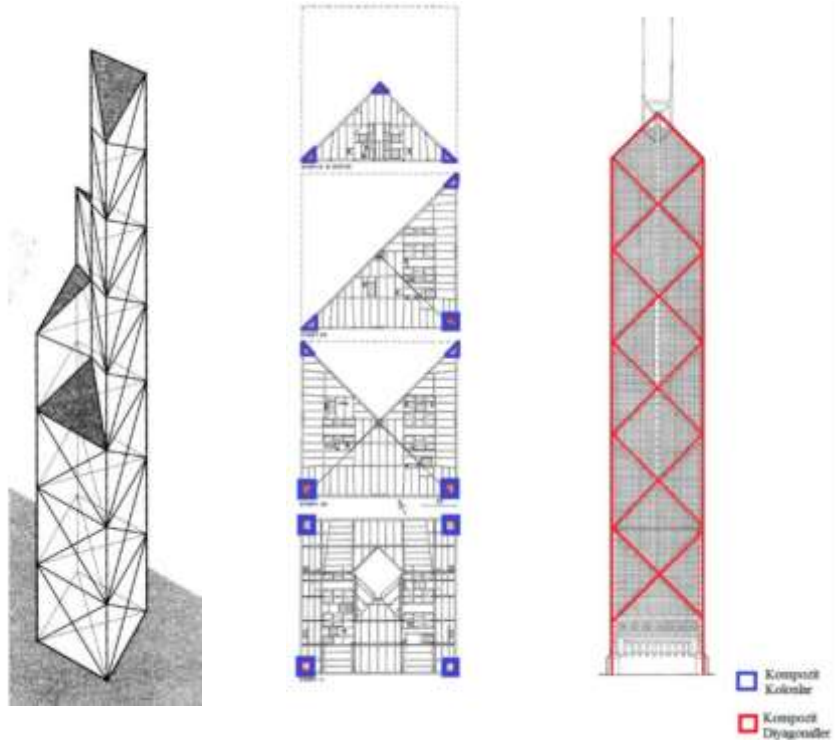
Şekil 3. 45: Germe Prensibi (Yamantürk ve Özşen,1993)

Germe prensinde; sürekli çekme ve süreksiz basınç elemanları bulunmaktadır. Tüm sistem öngerilmeli olmak zorundadır. Aksi takdirde stabilite sağlanamaz. Malzemede ağırlık bakımından uygun sonuçlar vermesi ve birbirini tekrar eden elemanlar ile oluşturulması karşın kompleks geometri oluşturmaları, sistem davranışının detaylı incelenmesi ihtiyacı bu sistemin ikinci plana atılmasına sebep olan faktörlerdir (Yamantürk ve Özşen,1993)(Şekil 3.45).

### 3.2.8 Uzak Kafes Taşıyıcı Sistem

Uzak kafes sistem, kuvvetleri üç boyutlu biçimde aktaracak şekilde birleşerek prizmaları oluşturan doğrusal elemanlardan oluşmaktadır. Yani sistem kesintisiz bir yüzey şeklinde değildir, elemanlardan oluşan bir ağ sistemdir. Sistemin avantajları;

- Kendi ağırlığını büyük ölçüde azaltan çelik ya da alüminyumdan oluşması,
- Uzun açıklıklar elde edilebilir bir sistem olması,
- Prefabriğe eleman olarak çerçeve birimlerin temin edilebilmesi ve bunun tasarruf sağlaması,
- Sert ve sağlam yapıya sahip olması sayesinde asimetrik ve ağır yüklere dayanımlarının yüksek olması,
- Kolon yerleşiminde ve tasarımda esneklik sağlaması şeklinde sıralanabilir (Lan,1999).

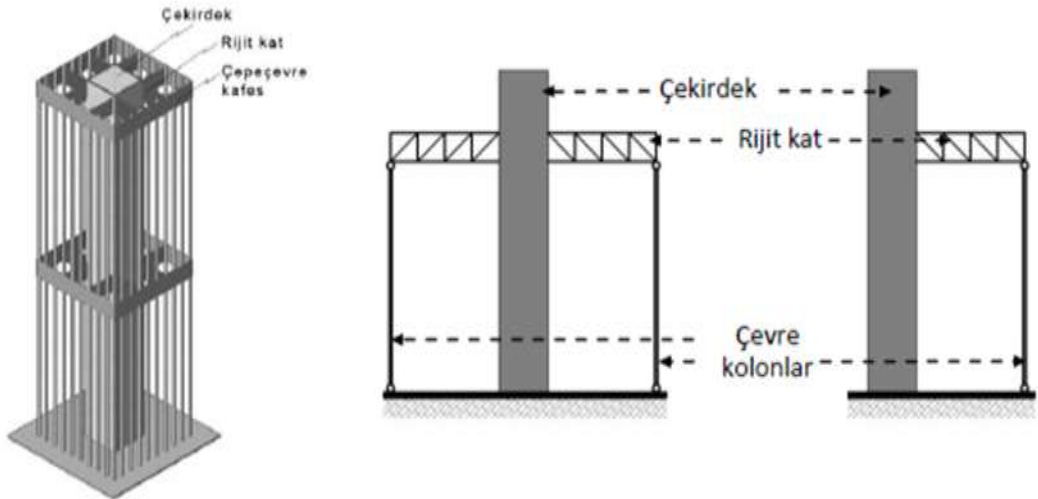


**Şekil 3. 46:** Uzay Kafes Sistem (Altuğ,2019), Bank Of China-Plan ve Taşıyıcı Sistem (Altuğ,2019)

En bilinen örneklerinden birisi Hong Kong’da konumlanan Bank of China yapısıdır. Bu yapıda yerçekimi yükleri ve yanal yüklerin tümü kafes kirişlerden kompozit köşe kolonlarına aktarılmaktadır (Ali ve Moon,2018).

### 3.2.9 Yatay Perdeli Çerçeve Sistem(Outrigger)

Bu sistem çekirdek kafes perdeli ve çekirdek perdeli çerçeve sistemlerin geliştirilmiş versiyonu olarak düşünülebilir. Bu sistemlere ek olarak yatay perdeli çerçeve sistemde bir veya daha fazla katta çekirdek ile cephe kolonları yatay perdeler(outrigger) ile birbirlerine bağlanmaktadır (Günel ve Ilgın,2014). Yatay perdeler sert ve yatay yapıya sahiptirler. Bu da yapının devrilmeye karşı mukavemetini arttırmaktadır. Bağlanma şekli ile çekirdekte moment kolu artmaktadır ve dolayısıyla yanal rijitlik sağlanmaktadır. Binadaki merkezi çekirdek konsol prensibinde çalışmaktadır. Yatay perdeler ise çekirdek ve kolon birleşimini sağlayarak çekirdekteki devrilme momentini kolona aktarır. Bu sayede sistem, çekirdekteki devrilme momentini azaltmış olur (Khanorkar ve diğerleri,2016).



**Şekil 3. 47:** Rijit Kat-Çekirdek-Çerçeve Kafes Gösterimi (Atasoy,2014)

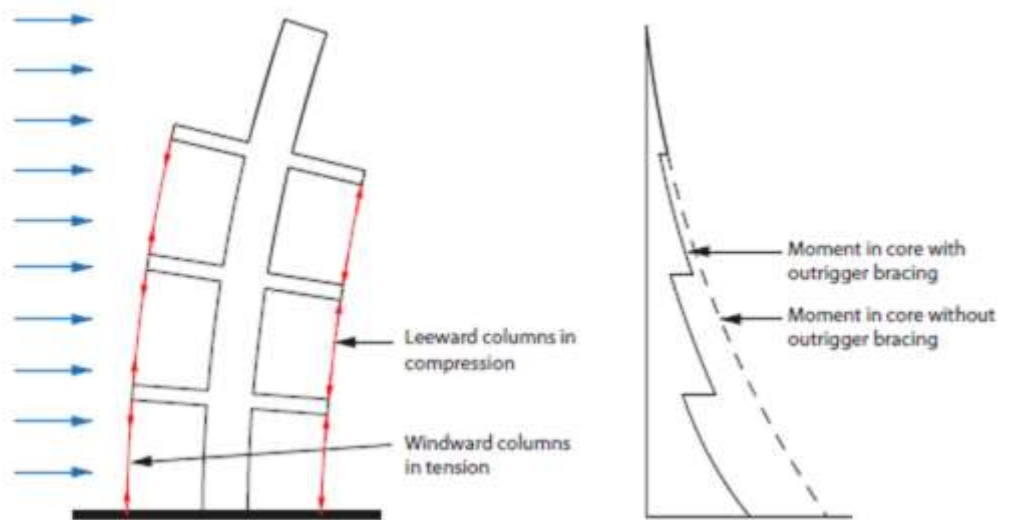
Yatay perdeli çerçeve sistem yaklaşık olarak yarım yüzyıldır kullanılsa da sistemin mantığı bin seneye dayanmaktadır. Bu sistem mantığında çalışan en eski yatay perde örneği Polinezya okyanuslarında bulunan ve ana gövdelerin dış dengeleyici şamandıralara yatay kirişlerle bağlanmış kanolardır. Dar bir tekne herhangi bir beklenmedik dalga ile karşılaştığında devrilebilir ama ağırlık ya da yatay

kirişlerle bağlanan denge ayağı ile bu durum önlenmektedir. Aynı mantıkta günümüzde uygulanan yatay perdeli çerçeve sistemlerde de yukarı ve aşağı kuvvetlere karşı çevre kolonların çekirdeğe bağlı olarak inşa edilmesi devrilme dayanımını arttırmaktadır (Choi ve diğerleri,2012)(Şekil 3.48).



**Şekil 3. 48:** Yatay Perdeli Çerçeve Sistem Prensibinde Çalışan Kano (Choi ve diğerleri,2012)

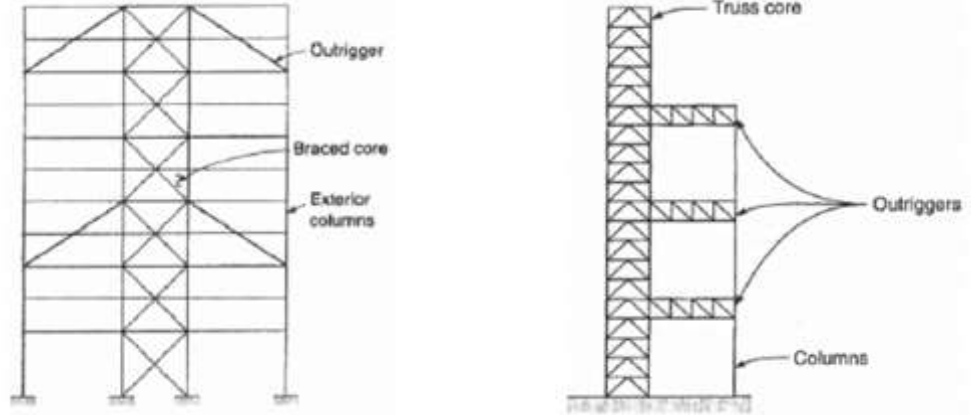
Sistem yanıl yüklerle karşılaştığında yatay perdeler ve kolonlar çekirdeğin dönmesine karşı olarak çalışırlar ve böylece yer değiştirme ve taban momenti azalmış olur. Yatay perdeler aynı zamanda katlar arası kaymayı da azaltmaktadır. Fakat yatay perdelerin kattaki alanı azaltması ve çekirdek ile yerçekimi altındaki kısalma farkları dezavantajlarıdır. Kısalma farkından ötürü yatay perdeler çok sert olmak zorundadır (Khanorkar ve diğerleri,2016)(Şekil 3.49).



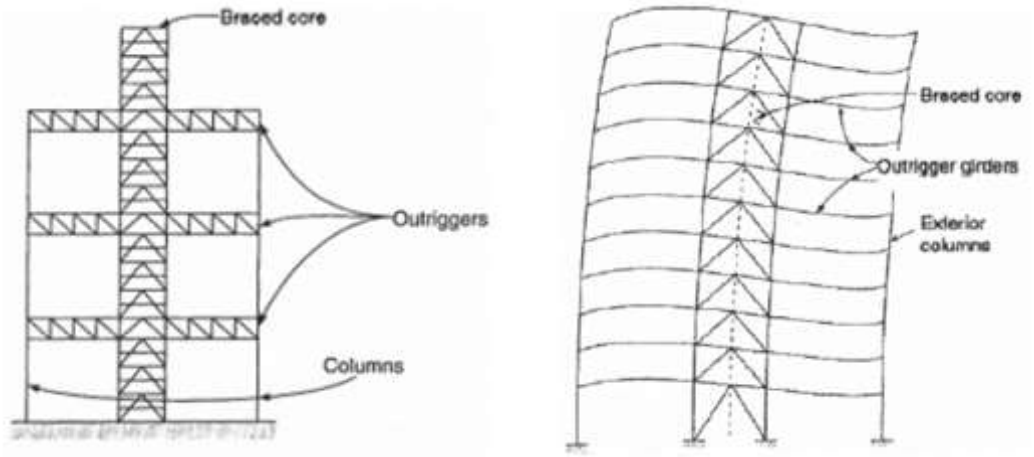
**Şekil 3. 49:** Yanal Yükler Altında Sistem Davranışı, Yatay Perdeli Sistemdeki Çekirdek Moment Düzeyi ve Yatay Perde Olmayan Sistemdeki Çekirdek Moment Düzeyi (Choi ve diğerleri,2012)

Yatay perdeler; çelik, beton veya kompozit olarak kullanılabilir. Yatay perdeler ve çekirdek farklı şekillerde bağlantı kurabilir. Bunlar;

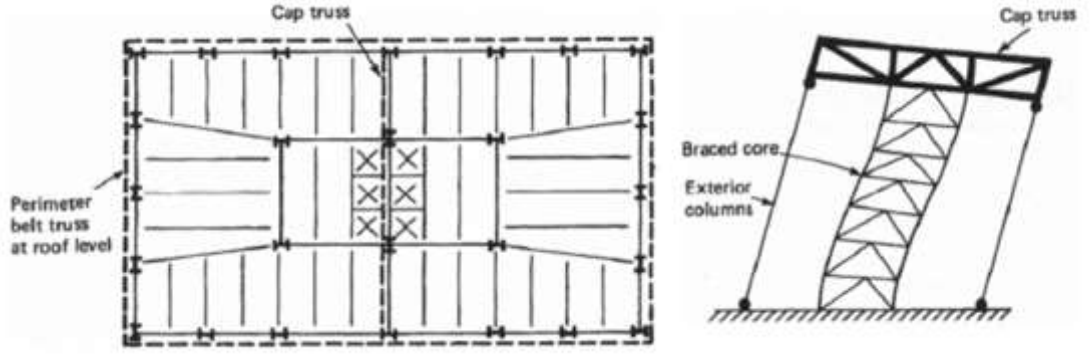
- Her iki yönde perdeler eşit olarak uzanabilir,
- Sadece bir tarafta bulunabilir,
- Çift taraflı ve birkaç kat boyunca katın yatay perde gibi davranması şeklinde konumlanabilir,
- Her kattaki kirişlerin yatay perdelerle dönüştürülmesi şeklinde uygulanabilir,
- Başlık ya da başlık kafes kirişi uygulaması şeklinde kullanılabilir (İlgin,2006)(Şekil 3.50, Şekil 3.51 ve Şekil 3.52).



**Şekil 3. 50:** Merkezi Çekirdekli Yatay Perdeli Çerçeve Sistem, Uzantı Çekirdekli Yatay Perdeli Çerçeve Sistem (İlgin,2006)



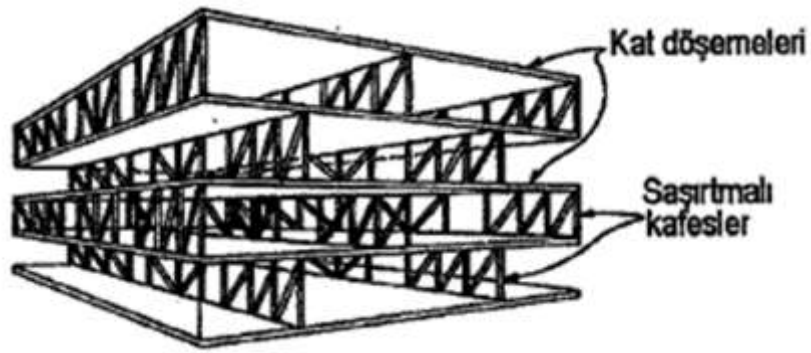
**Şekil 3. 51:** Yatay Perde Görevi Gören Diagonaller, Yatay Perde Görevi Gören Zemin Kirişleri (İlgin,2006)



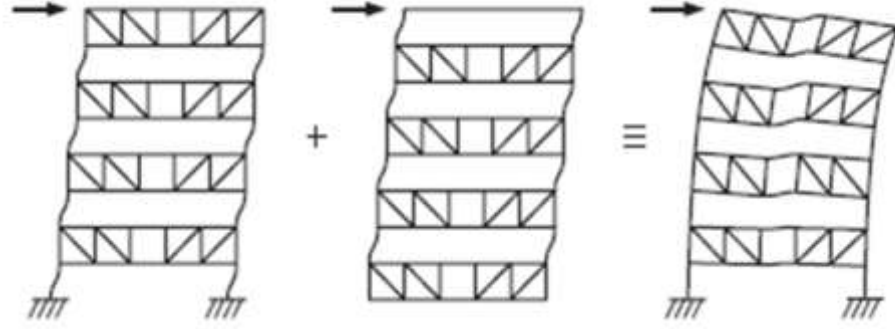
Şekil 3. 52: Tepe Makaslı Plan, Tepe Makaslı Plana Sahip Yapı Davranışı (İlgin,2006)

### 3.2.10 Şaşırtmalı Kafes Sistem

Sistem, 1960'lı yıllarda yüksek yapılar için daha verimli bir çelik çerçeveleme ve rüzgar yüklerine karşı dayanım için Massachusetts Institute of Technology'de geliştirilmiştir. Apartman, yatakhane, otel gibi kullanımlara uygun olan bir sistemdir. İç mekanda kolon ihtiyacına gerek kalmaması durumu, birinci kat seviyesinde geniş açıklıklı açık mekanların tasarlanmasına olanak sağlar. Ayrıca bu sistemde temel maliyetler azalır ve sismik yüklere karşı dayanım artarken yapının kayma hareketi de minimuma inmiş olur (Kim ve diğerleri,2007). Şaşırtmalı kafes sistemde, kat yüksekliğindeki kafesler şaşırtmalı olarak katlar arasına yapının kısa kenarlarına paralel olacak biçimde yerleştirilir. Sistemde döşemeler yanal yükleri kafeslere ileterek bir diyafram şeklinde çalışırlar. Kafeslere iletilen yükler direk olarak kolon elemanlarına iletilir ve bu sayede kolonlarda eğilme momenti oluşmaz (Sev,2001).

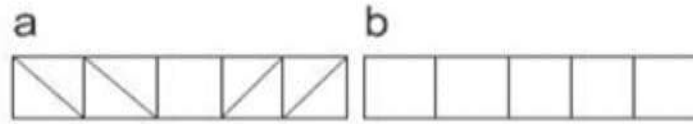


Şekil 3. 53: Şaşırtmalı Kafes Perspektifi (Sev,2001)



**Şekil 3. 54:** Yanal Yükler Altında Şaşırtmalı Kafes Davranışı (Kim ve diğerleri,2007)

Sistemdeki kademeli kafes düzenlemesi, katlarda iç kolon akslarının iki katı uzunlukta düzenlenmesine olanak sağlar. Yerçekimi yüklerine karşı dayanımda zemin sistemi, iki kolon aralığı için sürekli ya da bir sıra basit açıklık olarak düşünülebilir. Kafes kirişler sistemde, yerçekimi yüklerini doğrudan karşılamak ve yanal yüklerle karşı yeterli dayanıma sahip olmak zorundadır. Kafesler, hibrit ve açık ağ kafes şeklinde uygulanabilmektedir. Hibrit kafeste geçiş yolları oluşturulması için köşegenlerin ihmal edildiği yerler bulunmaktadır. Bu yüzden en verimli tür olarak geçmektedir (John K ve Pradeep,2015).



**Şekil 3. 55:** A-Hibrit Kafes, B-Açık Ağ Kafes (John K ve Pradeep,2015)

Kafes uzunlukları en az 13-14m, yükseklik/açıklık oranı ise 1/6 olmalıdır. Sistem tasarımda dikkat edilmesi gereken nokta düşey yükler sonucu oluşabilecek zayıf eksendeki eğilme momentidir. Bu duruma karşı; kafes alt başlığı ve kolon birleşimindeki bulon deliğinde boşluk bırakılır, bu sayede düşey yükler altında hareket etmesine olanak verilir, bu aşamadan sonra öngerilmeli bulon ile birleşim gerçekleştirilir. Ya da; üst başlık çubukları alt başlık çubuklarından daha kısa tasarlanır, bu şekilde ön sehim elde edilebilir (Atasoy,2014).



### 3.2.11 Diğer Sistemler

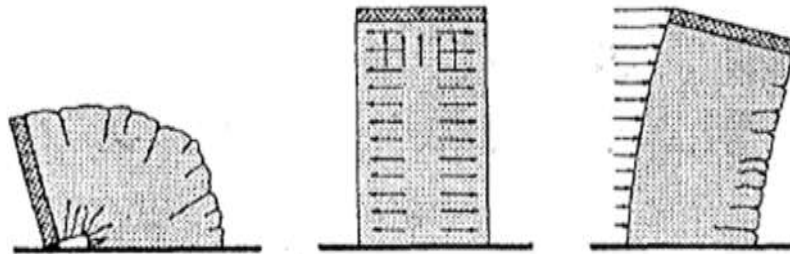
Yaygın olarak kullanılan bu sistemler dışında yüksek yapılarda denemeleri olan bazı sistemler bulunmaktadır. Bunlar; pnömatik sistem ve kapsül sistem olarak değerlendirilebilir.

#### 3.2.11.1 Pnömatik Sistem

Pnömatik sistemde, dış mekana göre kıyaslandığında iç mekandaki büyük basınç ince membranın taşınmasını sağlamaktadır. Membran basınç farkı sonucu oluşan çekme gerilmeleri ile stabil kalmaktadır. Bu sistemde dikkat edilmesi gereken husus; iç mekandaki basıncın dışarıdan büyük olmasını idame ettirmek ya da membranın esnek olmasını sağlamaktır. Sistem; hava destekli ve hava yastıklı olarak ikiye ayrılmaktadır. Hava yastıklı sistemde kolon-kiriş- duvar gibi elemanlar oluşturulabilirken, hava destekli sistemde pozitif alçak basınç kullanılır ve girişlerdeki hava kaçığına karşı devamlı bir hava temin edilmesi gerekmektedir (Büyüklü,1998).



Şekil 3. 56: J.P.Jungman'ın Pnömatik Konut Denemesi (Yamantürk ve Özşen,1993)

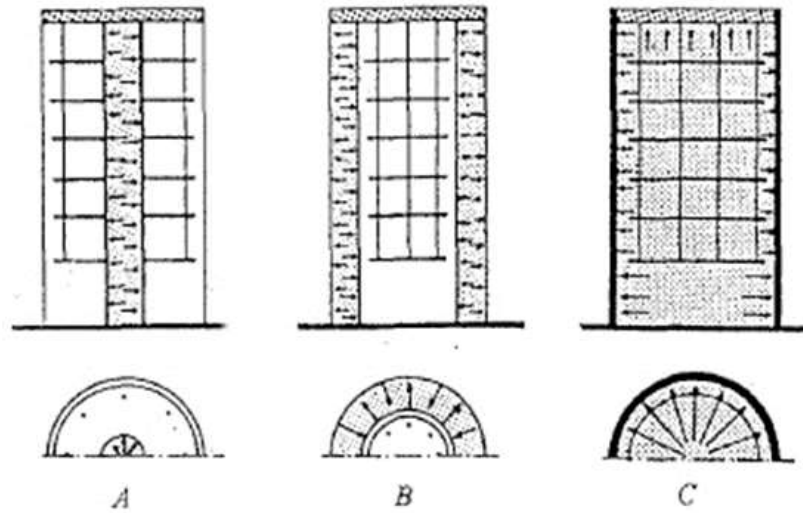


Şekil 3. 57: Profesör Jens G. Pohl'un Pnömatik Yapı Denemesi (Yamantürk ve Özşen,1993)

Bu sistemin yüksek yapı denemelerine örnek olarak J.P.Jungman'ın pnömatik konut denemesi gösterilebilir. Diğer bir deneme ise San Luis Obispo ve Profesör Jens

G. Pohl tarafından yapılmıştır. Bu denemede iki taraftan kapalı şişme bir tüp kullanılmıştır. Tüpün iç basınç ve yapının narinlik oranına göre burulma ve eğilme hareketlerinin değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.57). Membrandaki çekme gerilmelerinin, yer değiştirme momenti ve eksenel basınç ile aşıldığında taşıma kapasitesinin azaldığı görülmüştür. Buna ek olarak basınç altında insanların bulunmasının psikolojik etkileri bulunmaktadır. Bu sorunlara karşı Pohl daha gelişmiş bir deney yapmıştır. Yaşam alanlarında basınç etkisine maruz kalınmayacak çeşitli denemeleri;

- Yaşam alanı dış basınçla aynı ortada daha büyük basınçlı kolon niteliğinde bir şişme yapısal eleman bulunması(A),
- Yaşam alanı dış basınçla aynı ve yapının cephesinde yüksek basınçlı silindir bulunması(B),
- Yaşam alanı basınçlı ve yapı kenarında rijit duvar niteliğinde esnek membran/kablo ağı sistemi bulunması şeklinde sıralanabilir(C).Tüm bu denemelerde döşeme elemanını taşıyan üst taşıyıcı eleman basınç ile taşınmaktadır (Yamantürk ve Özşen,1993)(Şekil 3.58).

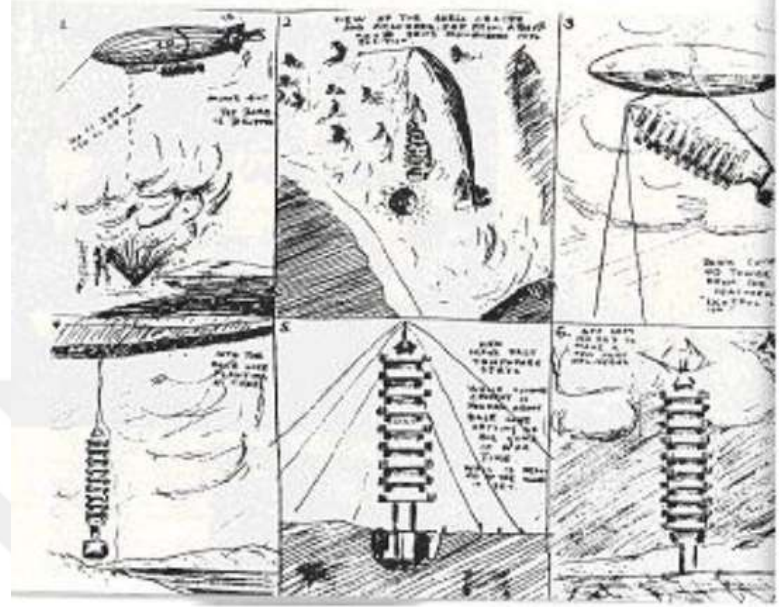


Şekil 3. 58: Pohl'un 10 Katlı Bir Yapı İçin Geliştirdiği Sistem Prensipleri (Yamantürk ve Özşen,1993)

### 3.2.11.2 Modüler Sistem

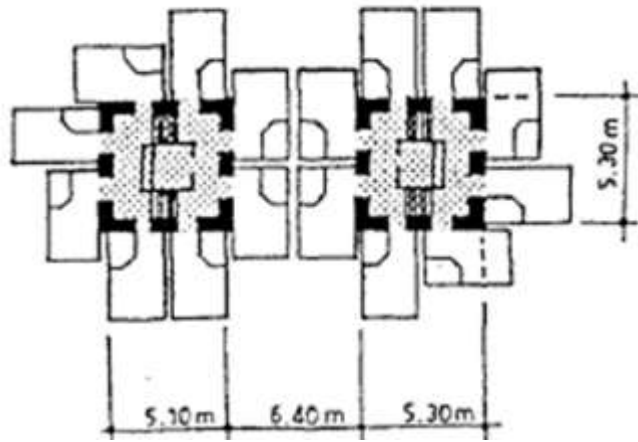
Modüler mimarlık literatüründe genel olarak mimari üslup olarak ele alınsada uygulama tekniklerinden dolayı sistem olarakta değerlendirilebilmektedir.Sistem, ilk olarak 1930'da Sovyetler Birliğinde Prof.Dr.N.A.Ladowsky ve Mimar N.E.Karaulov tarafından oluşturulmuştur. Bu tasarım, kendi ağırlığını taşıyabilen üniteler ve

betonarme taşıyıcı iskeletten oluşmaktadır. 1940'larda ise Buckminster Fuller'in "Dymaxion Dwelling Unit" tasarımı modüler mimarinin başlangıçlarına örnek olarak verilebilir. Tasarım, tekil ve portatif konutların çok katlı bir yapıya dönüşecek biçimde birleşmesinden meydana gelmektedir (Erturan ve Eren,2012)(Şekil 3.59).



Şekil 3. 59: Fuller'in Eskiizlerinde Dymaxion Dwelling Unit (Erturan ve Eren,2012)

1970-72 yıllarında Kisho Krokawa tarafından yapılan Nagakin Kapsül kuleside bu sistem ile uygulanmıştır (Şekil 3.60). Tüm odaların prefabrike olduğu ve 140 kapsüllü kule, iki çekirdek taşıyıcıdan oluşmaktadır. Yani kapsül yaşam birimleri konsol çıkmaktadır ve birbirleri ile temas halinde değildirler. Bu kapsüller, dış yüzeyleri galvanizlerle sağlamlaştırılmış hafif çelik kafes kutulardır. Tüm kapsüller dört köşesinden çekirdeğe bağlanmaktadır (Yamantürk ve Özşen,1993).



Şekil 3. 60: Nagakin Kapsül Kulesi Plan (Büyüklü,1998)



**Şekil 3. 61:** Nagakin Kapsül Kulesi (url-62)

Bu örnekler dışından kapsül mimarisine bakıldığında güncel yarışmalarda da bu sistemin sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Bee Breeders tarafından 2019 yılında yapılan Skyscraper Challenge yarışmasında Bryant Lau Liang Cheng'in Tesseract: Time Based Home Ownership Incentivisation Model projesi ve Hong Kong Pixel Homes yarışmasındaki Yukang Yang ve Jingwen Cui'in Upside - Down Mechine projesi buna örnek verilebilir (url-63; url-64). Diğer bir örnek ise The City Above The City yarışmasındaki Kaludio Muça ve Ani Safaryan'in METABOLISM 2.0 projesidir (url-65).



Şekil 3. 62: Down Mechine projesi (url-66)



Şekil 3. 63: Tesseract: Time Based Home Ownership Incentivisation Model projesi (url-67)

Modüler sistem; taşıyıcı modüler kutular ve kendini taşıyan modüler kutular olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Malzeme olarak bakıldığında ister prefabrike ister yerinde üretim olsun betonarme kullanıldığı, daha az ağır ünitelerde ise ahşap çerçeve, hafif metal ve kompozit kullanımı uygulanmaktadır (Erturan ve Eren,2012).



## BÖLÜM IV

### 4. YÜKSEK YAPILARA ETKİ EDEN YÜKLER

#### 4.1 YAPIYA ETKİ EDEN YÜKLER

Yüksek yapıları etkileyen en önemli faktörlerden birisi yapıya etki eden yüklerdir. Bu yüzden bir yapı sistemden beklenen en önemli husus bu yükler altında dayanımlı olması ve dayanımlı olmasının yanında minimum deformasyona uğramasıdır (Altuğ,2019).

Yapıya etki eden yüklerin kaynağı doğa yoluyla ya da insan yoluyla olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Doğa yoluyla gelen yükler; meteorolojik, sismik kuvvetler ve jeofizik kuvvetler yerçekimi şeklinde incelenebilir. Meteorolojik kuvvetlerin oluşturduğu yükler, iklime yani dolayısıyla yere ve zamana göre değişiklik gösteren; ısı, nem, rüzgâr, yağmur, kar ve buz yüklerinden oluşmaktadır. Yerçekimi sonucu oluşan yükler ise yapıdaki sabit yüklerdir. Yani yapının kendi ağırlığı ve içinde bulunan sabit varlıkların ağırlığını içermektedir. Sismolojik kuvvetlerin oluşturduğu yükler ise yerde hareketlenmeler sonucu meydana gelmektedir. Buna örnek olarak deprem yükü verilebilir (Yamantürk ve Özşen,1993).

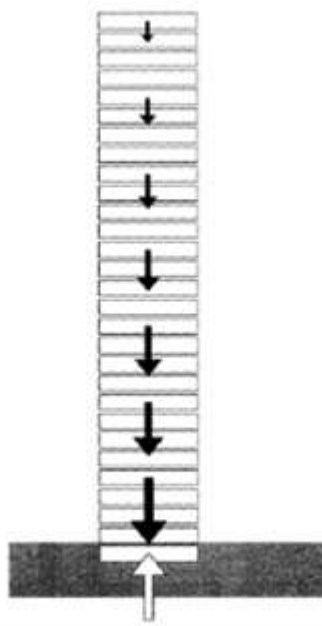
İnsan faktörü sonucu yapıda oluşan yükler ise; asansör, araba vb. makinelerin hareketleri sonucu oluşan yükler veya bunlar sonucu oluşabilecek patlama ve çarpma gibi durumların meydana getirebileceği yüklerdir. Bahsedilen bu yükler yapıdaki form, malzeme, yükseklik gibi etkilerle farklı davranışlar sergilemektedirler. Bu yüzden güvenlik açısından dikkat edilmesi gereken en önemli tasarım kriterlerini oluşturmaktadırlar (Özgen ve Sev,2000).

Tüm bu bahsedilen yükler yapıda bulunan düşey ve yatay elemanlarla zemine aktarılma prensibiyle çalışmaktadırlar. Bu yüzden yapıya gelen yükleri ve aktarımları, düşey ve yanal yükler üzerinden incelemek doğru olacaktır.

## 4.2 YAPIYA ETKİ EDEN YÜKLERİN AKTARIMI

Düşey yükler altında yapı bu yükleri sürekli veya eğik yapı elemanları ile zemine aktarmaktadır. Bu aktarım şekli yapıdaki sistem elemanlarının düzenlenme şekline göre değişmektedir (Yamantürk ve Özşen,1993). Dengeli bir yük aktarımı için her katta düzenli düşey taşıyıcı sistem elemanları ve bunların yük aktarım noktaları bulunmalıdır. En verimli sonuca oluşma yolunda bu noktada dikkat edilmesi gereken husus mimari ihtiyaçlarla yapı strüktürünün ihtiyaçlarına birlikte cevap verebilecek sentez bir ürün tasarımı ortaya koymaktır (Işık,2008) (Şekil4.1).

Her kat, üstünde bulunan katların da yüklerini taşıdığı için zemine doğru düşey taşıyıcı elemanların kesitleri de büyümektedir. Bu yüzden yüksek yapılarda düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolon kullanıldığı zaman zemin katlara doğru kullanılabilir alan azalmakta ve bu durum aynı zamanda yanal yükler açısından da problemler oluşturmaktadır (Özgen ve Sev,2000). Yapıya düşey yönde etki eden yüklerin artması betonarme iskeletli yüksek yapılarda çelik iskelet sistemle yapılmış yüksek yapılara oranla daha fazla olmaktadır. Bu durum betonarme yüksek yapılar için rüzgar yükünün oluşturabileceği devrilme etkisine karşı dayanım sağlamasıyla olumlu bir yanını oluşturmaktadır (Ching,2017).



Şekil 4. 1: Düşey Yük Dağılımı (Altuğ,2019)



Yüksek yapılarda alan verimliliğini ve düşey taşıyıcıları etkileyen, kimi zaman çekirdeği oluşturan; merdiven evleri, şaftlar, asansörler, tesisat elemanları gibi birimlerde etkilemektedir. Bu yüzden yüksek yapılarda daha kapsamlı bir planlama ile taşıyıcı sistem tasarlanmalıdır (Özgen ve Sev,2000). Düşey yükleri taşıyan döşeme ve çatı elemanları açıklık geçiş elemanları ile düşey taşıyıcı sistemin bağlantısını sağlayarak yatay diyagram davranışı göstermektedir. Genellikle çelik iskeletli yüksek yapılarda hafif beton dolgulu oluklu sac panel döşeme kullanılırken betonarmede hafif beton döşemenin taşınmasını sağlayan kiriş ve kiriş çerçevelerinin tercihi maliyet açısından daha verimli olmaktadır (Ching,2017).

Yapıda düşey yükleri aktaran elemanlar, sürekli ya da şaşırtmalı olarak düzenlenebilmektedir. Düzenli olarak tasarlananlar sayı ve yerlerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Yapıda eşit yoğunlukta konumlanan ya da merkez ve cephede yoğunluk gösteren düşey elemanlar, yapının dış yüzeyini oluşturan düşey elemanlar, yapının ortasında konumlanan düşey elemanlar şeklinde sınıflandırılmıştır (Yamantürk ve Özşen,1993).

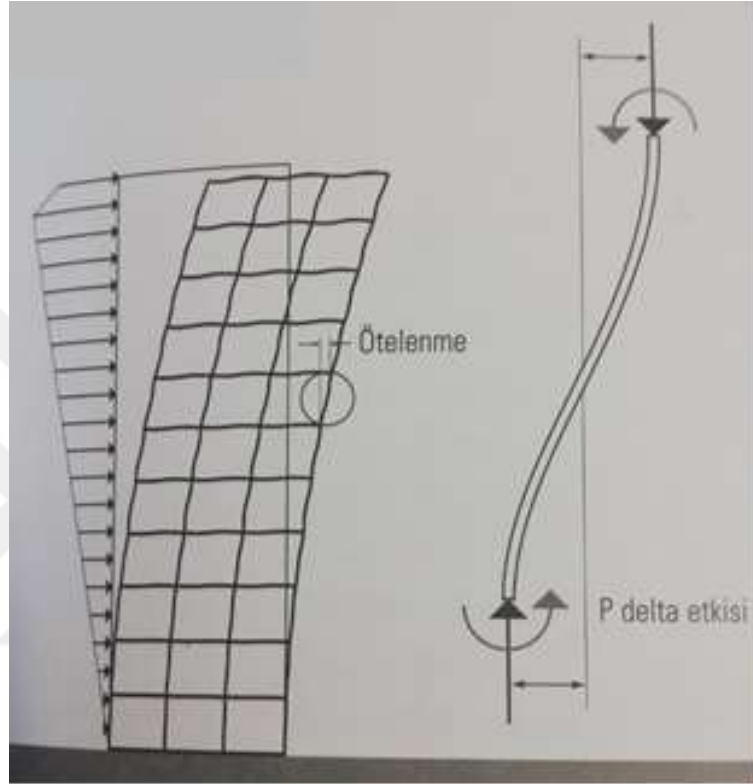
#### **4.3 YAPIYA ETKİ EDEN YATAY YÜKLER**

Yüksek yapıları etkilen bir diğer yük çeşidi yanal yüklerdir. Düşey konsol niteliğine sahip yüksek yapılarda, yanal yüklerin oluşturabileceği etkiler; eğilme, kesme, dönme, kayma, düşey kuvvetler sonucu oluşan basınç kuvvetleri şeklinde sıralanabilir (Işık,2008)(Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Bu maddeleri daha detaylı incelemek gerekirse;

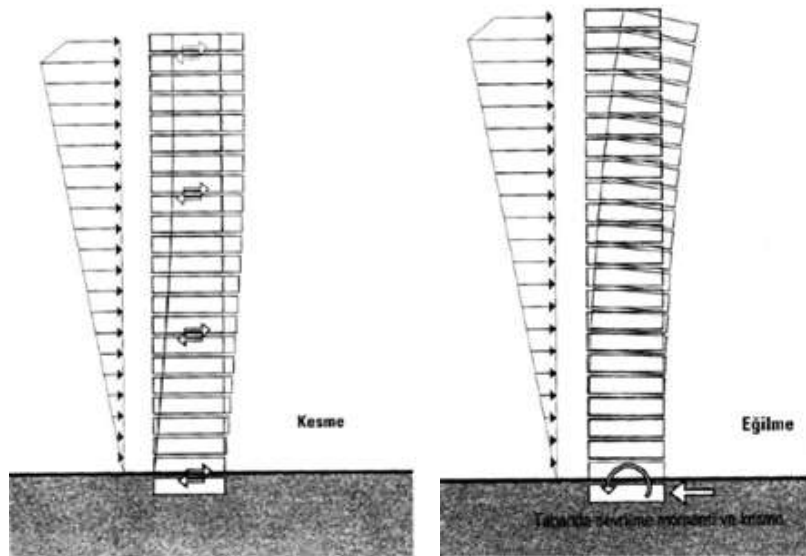
- Yapıya etki eden yük sonucu devrilme yaşanmaması için, düşey ve yanal yüklerin bileşkesinin yapın alanı içerisinde kalması gerekmektedir. Oluşan bileşke açısının yatıklığı arttıkça devrilme riski de artmaktadır (Özgen ve Sev,2000).
- Yapılarda oluşabilecek devrilme etkisi, yer değiştirme hareketinin yaratmış olduğu yapının ağırlık merkezinin nötr konumundan kayması sonucunda oluşmaktadır. Bu devrilme momenti yer değiştirme momentinin %10 unu oluşturmaktadır ve bu durum 'P delta etkisi' olarak bilinmektedir (Ching,2017)(Şekil 4.2).
- Eğilme hareketi, yapıyı etkilediği yönde çekme şeklinde, kuvvetin etkilediği yönün tersinde ise basınç oluşumu şeklinde etkilemektedir. Ayrıca moment değeri zeminde en yüksek değeri verdiği

için moment sonucu oluşan çekme ve basınç etkileri de dolaylı olarak zeminde en yüksek değerlerini almaktadırlar.

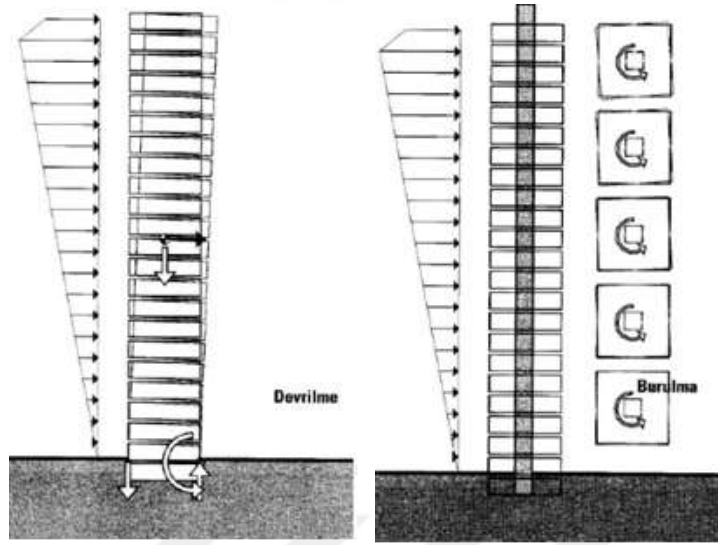
- Kayma hareketleri ise, yapıda bulunan döşeme elemanlarının diyafram şeklinde çalışmasıyla düşey taşıyıcı elemanlara iletimini sağlamaktadır. Yapıda meydana gelen kesme kuvvetleri zeminde yoğunluk göstermektedir (Özgen ve Sev,2000).



Şekil 4. 2: P Delta Etkisi (Ching,2017)



Şekil 4. 3: Yapıda Yanal Yükler Altında Oluşan Kesme Ve Eğilme Hareketleri (Altuğ,2019)



Şekil 4. 4: Yapıda Yanal Yükler Altında Oluşan Devrilme Ve Burulma Hareketleri (Altuğ,2019)

Yapıda yükseklik artışı ne kadar olursa bu tür etkilerin varlığı daha çok olmaktadır. Hatta büyük açıklıklı bir basit kirişin etkilenebilirliğinden daha fazla bir etkilenebilirlik oluşmaktadır. Bu durum;

$$\text{Konsol için; } M = p.l^2 / 2$$

$$\text{Basit kiriş için: } M = p.l^2 / 8 = p(l/2)^2 / 2$$

( $p$ =etki eden düzgün yayılı yük,  $l$ = açıklık,  $M$ =moment) değerlerinden de anlaşılabilir (Işık,2008).

Moment üzerinden yapılan bu değerlendirme, konsol niteliğine sahip olan yüksek yapıların yapı yüksekliğinin iki katı açıklığa sahip basit kirişle aynı değeri verdiğini göstermektedir. Örnek vermek gerekirse 422m yüksekliğe sahip bir yapı 844m açıklığa sahip basit kirişle aynı moment değerine sahiptir (Özgen ve Sev,2000).

Yanal yüklerin yüksek yapılar üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler sonucunda yapıda enine ve boyuna rijitleştirme uygulamaları yapılmalıdır. Yüksek kiriş davranışı gösteren döşeme elemanları, rijitleştirilmiş düşey elemanlarına ve zemine doğru yük aktarımına yön verir. Yatay taşıyıcı elemanlarla düşey taşıyıcı elemanlar arasındaki kesme bağlantıları yatay yüklerin iletimini sağlamaktadır. Mafsallı(kayıcı) birleşim detayları ise yanal yüklerin aktarımında rol oynamamaktadırlar, sadece düşey yük aktarımında etkilidirler. Yapıdaki yanal yükler için kullanılan sitemlerin türü ve adedi gerilme oranını belirlemektedir. Yüksek yapının rijit davranış gösterebilmesi adına da

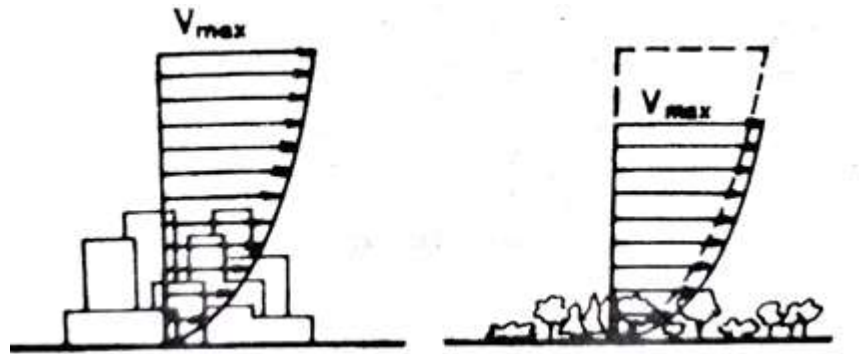
zemindeki gerilme miktarı olabildiğince minimum düzeyde oluşturulmalıdır(Yamantürk ve Özşen,1993).

#### 4.3.1 Rüzgâr Yüğü

Yüksek yapılara etki eden en önemli yanal yük faktörlerinden birisi rüzgâr yüküdür. Rüzgâr yükü, bazı bölgelerde deprem yükünden daha şiddetli bir unsur olabilmektedir. Rüzgar yükü üzerinde rüzgara bağlı faktörler; hızı, basıncı, yönü, türbülans etkisi şeklinde sıralanabilir. Rüzgârın hızı ve basıncı buldukları konuma ve yüksekliğe göre değişkenlik göstermektedir. Rüzgâr yüküne etki eden rüzgârın hızı, zemin seviyesine yaklaştıkça sürtünme hareketlerinden dolayı azalmalar yaşar, yükseldikçe de pürüzsüz alanlar sonucu hızında parabolik artışlar yaşamaktadır (Altuğ,2019; Günel ve Ilgın,2014). Ayrıca çevrede var olan yapılaşma ne kadar fazlaysa rüzgâr hızının max değeri o kadar yüksek olmaktadır (Yamantürk ve Özşen,1993)(Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

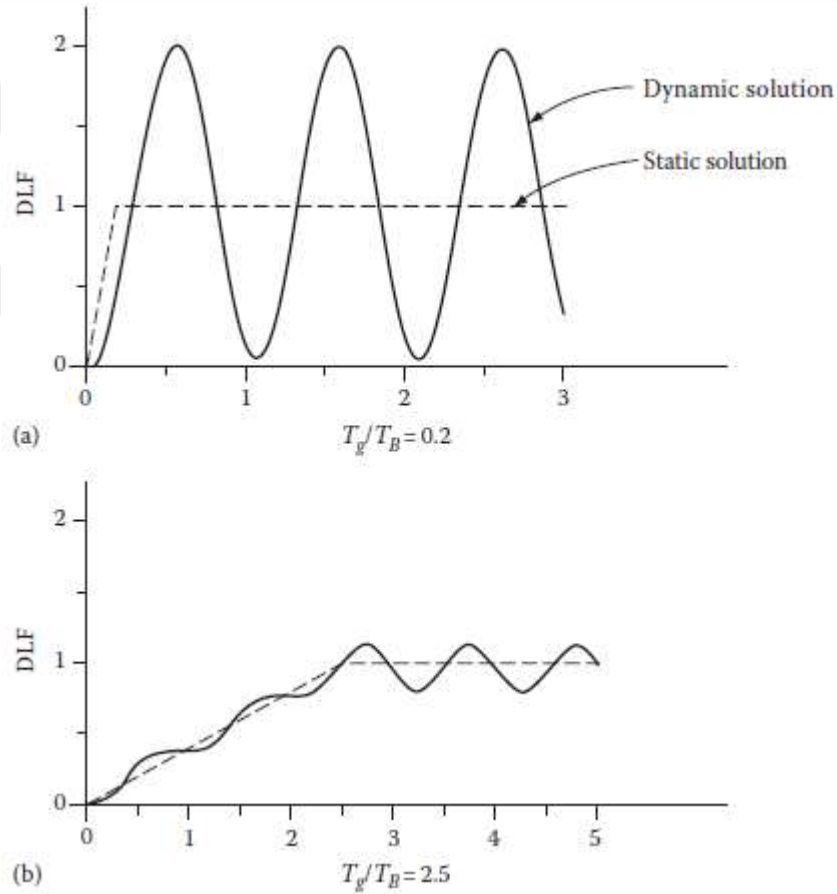
Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı v (km/h)	Dinamik Rüzgar Basıncı (kgf/m <sup>2</sup> )
0-8	100	50
9-20	130	80
21-100	150	110
>100	165	130

Şekil 4. 5: Rüzgar Basıncı- Rüzgar Hızı- Yapı Yüksekliği İlişkisi (Işık,2008)



Şekil 4. 6: Rüzgar Hızı –Yükseklik- Yapılı Çevre İlişkisi (Yamantürk ve Özşen,1993)

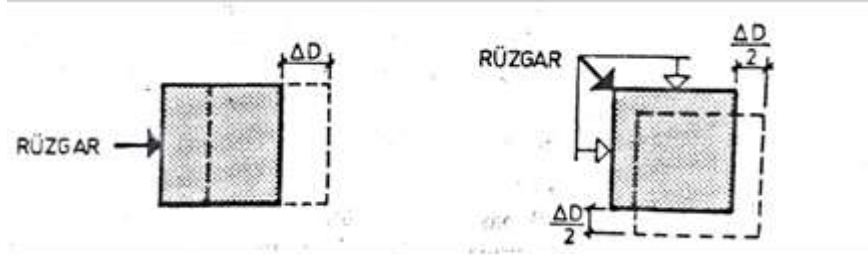
Rüzgâr, yapısal olarak hem dinamik yükleri hem de statik yükleri bünyesinde barındırmasıyla hesaplanması ve tahmin edilmesi güç olan bir faktördür. Yüksek yapılarda rüzgârın etkisi için bu yüklerin toplamı değerlendirilebilir. Rüzgârın yapıya etkisi statik analizler sonucu belirlenmektedir. Dinamik yükler için ise değişken bir kavram olmasıyla ancak istatistiksel yaklaşımlar sonucu tahminler yürütülebilir. Bu tahminler Gelişigüzel Titreşimler Teorisi(Random Vibration Theory) ile yapılarak yapıda oluşabilecek davranışlar hesaplanmaktadır (Altuğ,2019). Dinamik yüklerde; bina periyodu ve rüzgarın yükselme süresi hesaplamayı etkileyen faktörlerdir. Eğer yapının periyodu ve rüzgarın yükselme süresi aynıysa ya da rüzgarın yükselme süresi daha fazlaysa statik bir yük olarak kabul edilerek hesaplama yoluna gidilebilir (Taranath,2016)(Şekil4.7).



**Şekil 4. 7:** DLF(Dinamik Yük Faktörü),  $T_b$ (Yapının Boyuna Bağlı Yer Değiştirme Oranı),  $T_g$ (Rüzgarın Yükselme Süresi) (Taranath,2016)

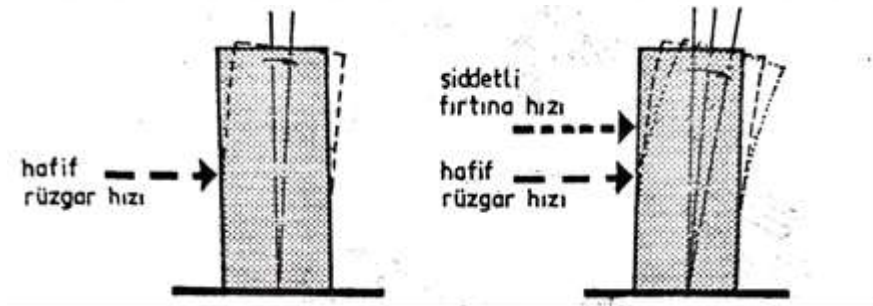
Rüzgar yönü; tek doğrultuda yapı üzerine etki etmekteyse devrilme etkisi yaratmaktadır. Eğer birden fazla yönden yapıya etki ediyorsa iki yönlü eğilmeye sebep

olmaktadır (Şekil 4.8). Bu durumun yaratacağı yer değiştirmelerin azaltılması adına aerodinamik tasarımlar tercih edilebilir. Ayrıca rüzgarın iki yönde etkisi yapı elemanları üzerinde kesme ve burulma kuvvetlerine sebep olmaktadır (Yamantürk ve Özşen,1993).



**Şekil 4. 8:** Tek Yönde Yer Değiştirme –İki Yönde Yer Değiştirme (Yamantürk ve Özşen,1993)

Rüzgar basıncı; rüzgarın hızına bağlıdır ve belirli bir zamandaki ortalama hıza göre hesaplanmaktadır. Rüzgarın hızı ve şiddeti ile oluşan rüzgar basıncı, yapılarda yer değişme hareketini meydana getirir. Narin yapılar için daha etkili olan bu dinamik yükler çarpma etkisi yaratır. Fırtına gibi şiddetli rüzgarlar geliş yönlerine bağlı olarak yapıda sallanmalara neden olurlar (Yamantürk ve Özşen,1993)(Şekil4.9).



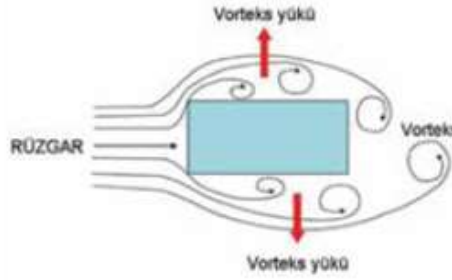
**Şekil 4. 9:** Sürekli Var Olan Yer Değiştirme –Şiddetli Dinamik Yükler Altında Yer Değiştirme (Yamantürk ve Özşen,1993)

Rüzgarın etkisi ile oluşabilecek türbülans olayı; rüzgarın cephelere çarpması sonucu itme basıncı etkisi ile yapının yan taraflarına yayılması ve bu yayılmasının gelen rüzgarlarla hızlanarak cepheler üzerinde oluşturduğu emme basıncı şeklinde ortaya çıkmaktadır. Rüzgarın gelme açısı cephede oluşacak emme basıncını etkileyen bir faktördür (Bal,2003). Emme basıncı, alçak hava basıncının olduğu ortamda oluşan girdap(vorteks) ve anaförler(eddy) gibi dairesel hava akımları sonucunda meydana

gelmektedir (Yamantürk ve Özşen,1993)(Şekil 4.10). Rüzgar yönüne dik olarak yapıya etki eden vorteks titreşimleri yapıdaki dinamik yük hesaplarında dahil edilmesi gereken bir unsurdur ve hesaplamada sinüzoidal yük olarak ele alınabilirler. Bu yüklerin frekansı yapının doğal titreşim periyoduna yakın değerlerde olursa o yönde büyük genlikli titreşimler meydana gelerek yapıdaki konfor şartlarını düşürebilmektedir (Yüksel,2017)(Şekil 4.11).



Şekil 4. 10: Türbülans Oluşumu (Yamantürk Ve Özşen,1993)



Şekil 4. 11: Vorteks Yükleri (Yüksek,2017)

Rüzgar yükü ve basıncının şiddeti; yapının formuna, şekline, yüksekliğine ve rüzgarın geliş yönüne, havanın özgül ağırlığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Rüzgarın etki düzeyi yapıların yüzey alanlarına bağlıdır. Bu yüzden mimari tasarımlarda rüzgar- form ilişkisi ön plana çıkmaktadır. Kare formda bir yapının rüzgar yükü sekizgen, altıgen gibi formlarla %20 oranında, dairesel formlarla %40 lık bir oranda düşürülebilir. Dairesel formdaki yapılarda rüzgar daha yumuşak bir etki sergilerken köşeli formlarda çarpma etkisi oluşturabileceği için daha sert etki yaratmaktadır (Bal,2003).

Yani özetlemek gerekirse rüzgar yükünün yapıda oluşturabileceği etkilerin bağlı olduğu faktörler;

- Rüzgarın bulunduğu bölgeye göre değişen özellikler
- Yapının yüksekliği ve formu
- Yapının dinamik özellikleri

- Yapının doğal sönümlenme kapasitesi
- Yapının konumlandığı topoğrafya
- Rüzgarın geliş yönüne göre yapının konumlanma şekli, şeklinde sıralanabilir (Celep ve Özuygur,2017).

Yapıda rüzgar etkisi sonucu alınabilecek önlemlere tasarım yaklaşımları;

- Zemindeki artan rüzgar hızı için zeminde boşaltmalar yapılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, boşaltma sonucu oluşan hava akımının insanlar üzerindeki rahatsız edici etkisidir.

- Zemindeki rüzgar hızını azaltmak için uygulanabilecek diğer bir yaklaşım ise gömülmüş giriş tasarımıdır.

- Konumlanma adına; rüzgar yönüne diyagonellerin yerleşimi hızı azaltabilmektedir.

- Zeminde uygulanan geri çekilmelerde dikkat edilmesi gereken; rüzgar yükünü negatif veya pozitif yönde etkileyebilmesidir.

- Rüzgar basıncını azaltmak adına dairesel formlar veya köşelerdeki pahların kırılması yoluna gidilmektedir (Altuğ,2019).

- Strüktürel anlamda; mega kolon ile mega çekirdek sistemler, tüp sistemler ile yatay perdeli çerçeve sistemler, perde çerçeve sistemler tercih edilebilir.

- Mekanik anlamda sönümlenme sistemleri kullanılabilir (Günel ve Ilgın,2014).

#### 4.3.2 Deprem Yükü

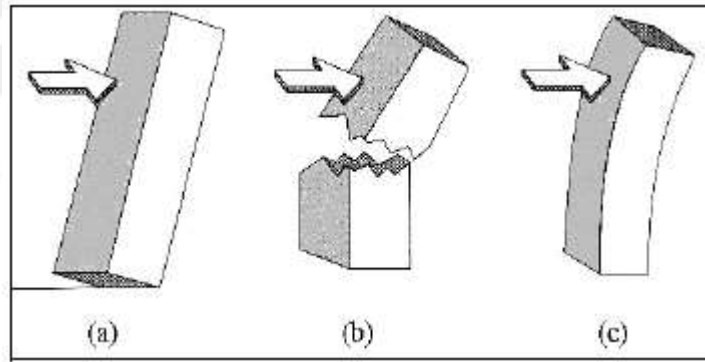
Deprem, yer kabuğunun kırılması sonucu oluşan fay hatlarının yaydığı dalgalar sonucu oluşmaktadır. Yapılara zeminde etki eden bu sismik hareketler sonucu deprem yükü meydana gelmektedir. Bu yükün tespitinde yapının strüktür sisteminin yanında geçmiş yılların deprem verileri de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Deprem yükü genellikle rüzgara göre daha kısa ve şiddetli olmaktadır (Günel ve Ilgın,2014).

Yapılara etki eden deprem yükü, yapıların konumlandığı zemin özelliklerine göre değişiklik göstermektedirler. Çeşitli katmanlardan oluşan farklı zemin türleri sismik dalgaları daha şiddetli hale getirebilirken daha hafif hale de getirebilmektedir. Bu yüzden zemin etüdü tasarımının önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Bal,2003).



Depremi oluşturan sismik dalgalar çok yönlüdür ve zamanla değişiklik göstermektedirler. Bu yüzden depremin ölçümü sonucu veriler zaman bağılı ivmeler olarak geçmektedir. Fakat bu ivmeler yerçekimi ivmesinin oranı şeklinde gösterilmektedir (Işık,2008). Sismograflar ile ölçüm sonucu deprem büyüklüğü belirlenir. Bu büyüklük merkezden gelen güce bağlıdır. Depremin şiddeti ise, bir alan üzerinde yarattığı etkiyi ifade eder (Günel ve Ilgın,2014).

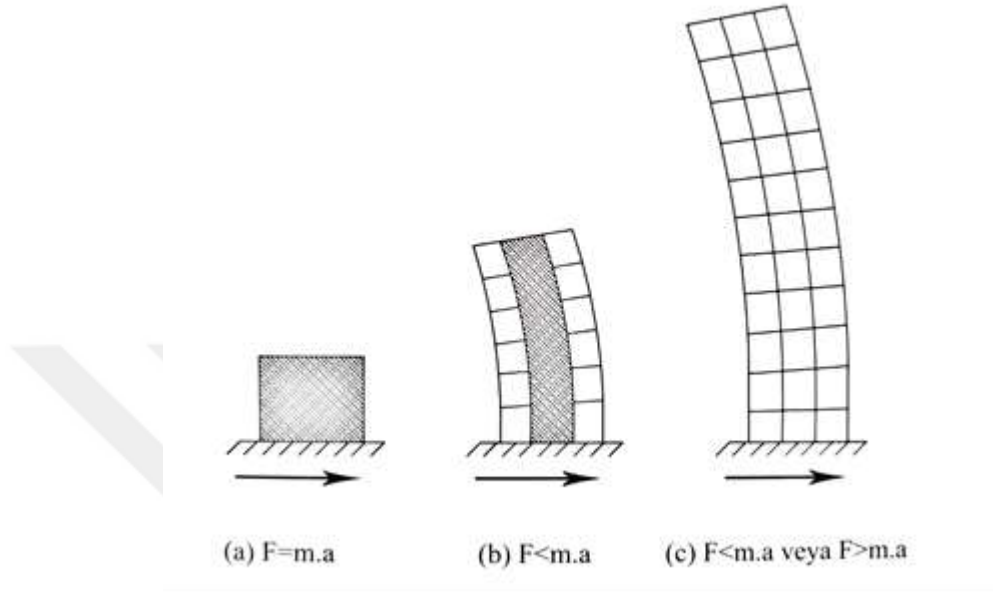
Deprem titreşimin kritik süreleri ve esnek yüksek yapıların titreşim süreleri saniye olarak ifade edilmektedir. Deprem periyodu ve yapının periyodu ayrı değerlendirilirse harmonik rezonans riski azalmış olur. Harmonik rezonansın yer değiştirme hareketini arttırabilecek etkisi vardır bu yüzden yıkım riskini arttıran bir etmendir. Yüksek yapılarda yapının titreşim periyodunun uzamasını ve sönümlenme etkisini arttırması için taşıyıcı sistemin bazı kısımlarının kopmasına izin verilebilir. Bu durum çok büyük depremler karşısında katastrofik göçmenin önüne geçmek için yapılmaktadır (Ching,2017).



**Şekil 4. 12:** a- Eğilme Etkisi Altında Oluşabilecek Devrilme b-Kesme Kuvveti Altında Kırılma Etkisi c-Eğilme Hareketi (Bal,2003)

Deprem yükü, yapılarda x, y, z doğrultularında hareketlenmelere neden olmaktadır. Tasarımlarda genellikle, düşey taşıma kapasitesinden ötürü emniyet yüksek olduğu için z doğrultusunda gelebilecek yükler hesaba katılmaz. Yanal doğrultudan gelen yükler ise yapı strüktüründe ivmeler oluşturarak sallama etkisi yaratır (Işık,2008)(Şekil 4.12). Bu yükler altında kalan yapı sistemi atalet kuvvetleri oluşturarak karşı duruş sergiler. Yapıda oluşacak atalet kuvveti  $F=m.a$  şeklinde hesaplanmaktadır.  $F$ =atalet kuvvetinin büyüklüğü,  $m$ =yapı kütlesi,  $a$ = zemin ivmesine denk gelmektedir. Yapıdaki sistemler rijit ise oluşacak ivme zeminle aynı değerde olmalıdır (Yamantürk ve Özşen,1993). Yükseklikle doğru orantıda olan esneklik kavramı sonucu yüksek yapılarda ivmenin daha düşük olması beklenir. ( $F<m.a$ ) Fakat

bu durum, uzun süreli depremlerde doğal periyodu zemin dalgalarına yaklaşık değere sahip yapılar için tam tersini oluşturabilir. ( $F > m.a$ ) Çünkü deprem etkisi sadece ivme ve yapı kütesine bağlı değildir aynı zamanda yapının dinamik özelliklerine de bağlı olarak değişmektedir (Günel ve Ilgın,2014)(Şekil4.13).



Şekil 4. 13: Depremde Yapı Davranışları (Günel Ve Ilgın,2014)

Yapıların deprem kuvvetleri altında sergiledikleri deformasyonu ve dayanımı belirleyen doğal sönüm kapasiteleri bulunmaktadır. Araştırmalar sonucu yüksek yapıların sönüm yüzdesi genel olarak %2 ve %3 aralığında olmaktadır. Sönüm yüzdesi küçük olan yüksek yapılarda dinamik performans daha düşük olmaktadır (Celep ve Özuygur,2017).

Bahsedilenler doğrultusunda deprem bölgelerinde tasarlanacak yapılar için dikkat edilmesi gereken noktalar; oluşabilecek göçmelere karşı önlem alma, şekil değiştirmelerini sınırlandırma, uygunsuz varsayımlardan kaçınma şeklinde sıralanabilir (Işık,2008). Tasarım açısından dikkate alınması gereken noktalardan birisi de yapının formudur. Yapıların formu, sismik hareketlere karşı yapıların vereceği davranışı etkileyen bir faktördür. Kare vb. formlarda taşıyıcı sistem çift eksenli, dairesel formlarda merkezi, diğer formlarda değişken davranışlar sergilemektedirler. Deprem yönü değişken bir kavram olduğu için tasarım aşamasında her yönden geleceği varsayılarak tasarımı oluşturmak daha gerçekçi olacaktır (Bal,2003). Bu yüzden depremin düzenli dağılımını sağlamak adına simetrik formlar türemektedir. Deprem etkisi için yapı tasarımında alınabilecek önlemler;

- Yapı elemanları için; kolon ve kirişlerin yakın aks aralıklarında kurgulanması kesme hareketi oluşumunu engelleyebilmektedir.
- Zemin için; sert zeminlerde esnek yapım sistemleri, yumuşak zeminlerde rijit yapım sistemleri tercih edilmelidir.
- Deprem etki sonucu karpçı etkisi riskine karşı üst katlarda özellikle önlemler alınmalıdır.
- Sistem tasarımında rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi denk getirilmeye çalışılmalıdır.
- Cephe tasarımlarındaki farklı malzeme kullanımı sonucu simetrisinin bozulması durumunun değerlendirilmesi gerekmektedir.
- Acil durum sirkülasyonlarının tasarımda ön planda tutularak iyi bir şekilde tasarlanması gerekmektedir (Aytıs,2005).

## BÖLÜM V

### 5. ALAN ÇALIŞMASI: İSTANBUL'DAKİ YÜKSEK YAPILARIN İNCELENMESİ

#### 5.1 DEPREM TANIMI

Tektonik tabakalar teorisine göre yeryüzü dört adet katmandan oluşmaktadır. Bunlar; (dıştan içe doğru) Litosfer (katı), Astenosfer(viskoz, akıcı), Manto (yarı viskoz,yarı katı) ve Çekirdek (katı) şeklinde sınıflandırılmaktadır (İşçi,2008). Okyanus zemininde biriken yeni tektonik tabakalar yeryüzündeki erimiş maddelerin de yukarı itilmesi sonucu kıta hareketlerine sebep olan kenar oluşumunu sağlamaktadır. Bu da okyanusta da bulunan tabakaların kıtasal tabakaları sıkıştırdığı anlamına gelmektedir. Bu tabakaların sıkışması ile hareketleri bir süre durgun hale gelir. Bu sıkışma sonucu oluşan gerilme hareketleri kaya çatlamlarına bağlı olarak yaşanan ani kayma hareketleri yaşanıncaya kadar devam eder. Gerilme enerjisi sonucunda yeryüzünde çatlaklar meydana gelerek fayların oluşumunu gerçekleştirirler (Yamantürk ve Özgen,1993). Faylarda meydana gelen ani hareketler Litosfer üzerinde titreşimler yayarak depremleri oluştururlar. Eğer çok büyük depremler meydana gelirse kabuğun dengesini tekrar kazanması için bir süre boyunca daha küçük depremler meydana gelmektedir. Bu tür depremlere artçı deprem denmektedir. Ya da tam tersi olarak büyük depremler yaşanmadan önce küçük sarsıntılar yaşanmaktadır. Bu tür depremlere ise öncü deprem denmektedir. Depremler; oluş sebeplerine, odak derinliklerine, uzaklıklarına ve büyüklüklerine göre ayrılmaktadır. Oluş sebeplerine göre: tektonik, çöküntü, volkanik, insan kaynaklı ve doğal olmayan deprem; Odak derinliklerine göre: sığ, orta ve derin depremler; Uzaklıklarına göre: yerel, yakın, bölgesel ve uzak depremler; Büyüklüklerine göre ise: ultra mikro( $M < 1.0$ ), mikro( $1.0 < M < 3.0$ ), küçük( $3.0 < M < 5.0$ ), orta( $5.0 < M < 7.0$ ), büyük( $7.0 < M < 8.0$ ), çok büyük( $M > 8.0$ ) şeklinde sınıflandırılmaktadırlar (Özmen,2007).

Depremlerin ölçümünde sismograf aletleri kullanılmaktadır. Yapıdaki taşıyıcı sistemlere etkisi ise akselograflar ile ölçülmektedir. Bu ölçümlerin yapılması depreme dayanım gösterebilen yapı tasarımlarının ortaya çıkması adına önem taşımaktadır (Yamantürk ve Özgen,1993). Dayanıklı yapı tasarımlarının ortaya çıkmasında sadece deprem ölçümleri ve yapı sistem tasarım analizleri yeterli olmamaktadır. Bunlarla birlikte yapıda oluşabilecek hasarların belirlenmesi ve hasarlar adına alınabilecek önlemlerin oluşturulması da gerekmektedir.

## 5.2 İSTANBUL'UN DEPREM TARİHİ VE BEKLENEN İSTANBUL DEPREMİ

İstanbul tarihsel olarak incelendiğinde çok fazla büyük ve küçük depremin yaşanmış olduğu kentlerden biri olarak görülmektedir. İstanbul'da yaşanmış olan ilk depremin M.Ö 32 yılında olduğu bilinmektedir. Türkiye'deki etkili depremleri inceleyen Ambraseys ve Finkel, yazılı verilerin İstanbul üzerinde ağırlık göstermesinden dolayı araştırmalarını İstanbul üzerinde yoğunlaştırmışlardır (Kundak ve Türkoğlu,2007). İstanbul'daki şiddetli depremler sıralandığında; 10 Eylül 1509, 25 Mayıs 1719, 22 Mayıs 1766, 10 Temmuz 1894, 17 Ağustos 1999 Depremlerinin yaşandığı görülmektedir.

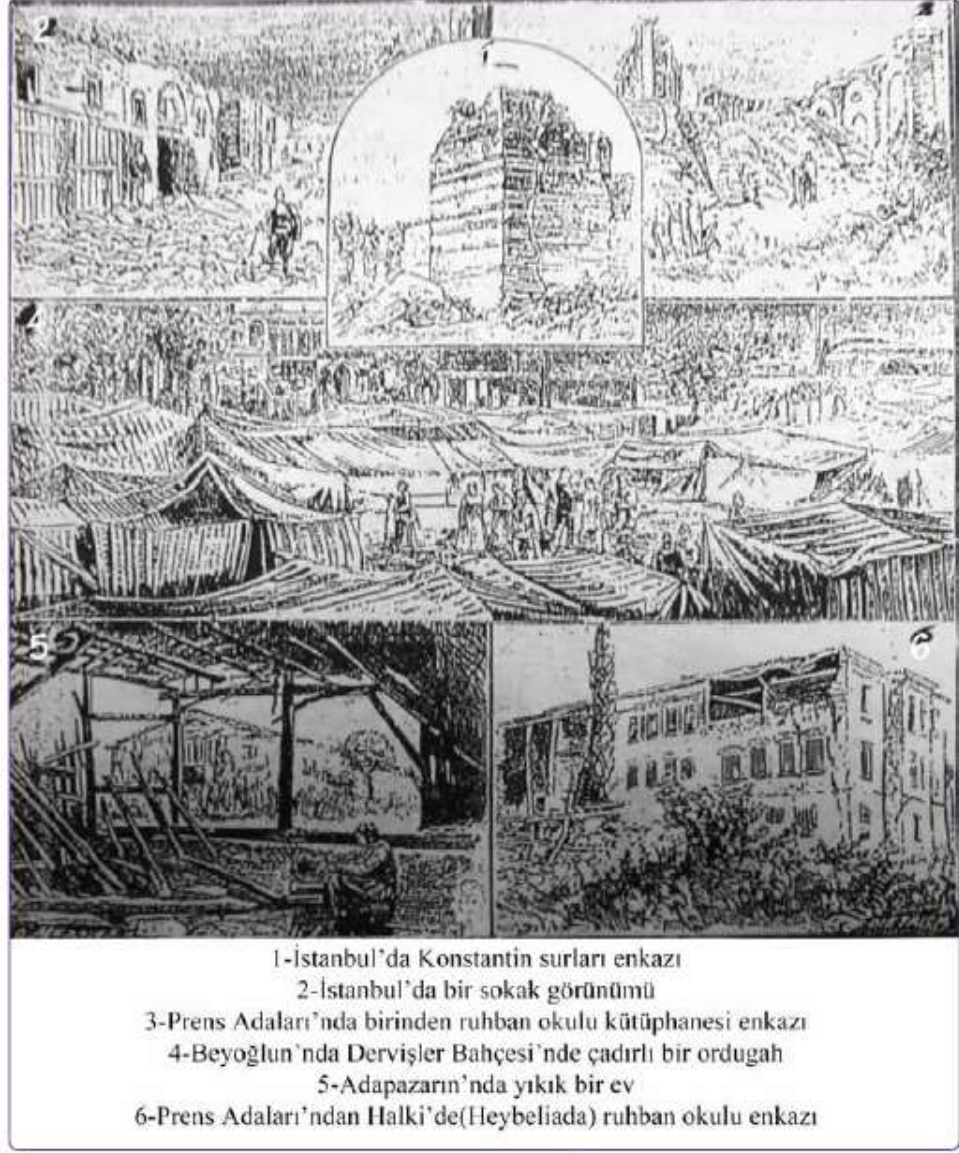
Tarihçilerin 'Küçük Kıyamet' olarak adlandırdıkları 1509 depreminde, kentte yaklaşık olarak bilinen 80.000 yapıdan 1000-3000 arası yapının yıkıldığı ve nerdeyse hasar görmemiş bir yapının olmadığı bilinmektedir (Özata ve Limoncu,2014) (Şekil5.1).



Şekil 5. 1: 1509 Depreminin Peter Coecke Tarafından Ağaç Oyma Gravürü İle Tasviri (Özata ve Limoncu,2014)

1719 depreminde de kentte bulunan pek çok yapının hasar gördüğü bilinmekle birlikte depremin etkisinin İzmit ve Yalova'da daha fazla görüldüğü tespit edilmiştir. 1766 yılında yaşanan deprem sonucu ise; yaklaşık 4000 ölüm yaşanmıştır ve artçı sarsıntılar bir sene boyunca devam etmiştir. Ayrıca bu deprem nedeniyle yıkılan cephane ve barut depolarında yangınlar da yaşanmıştır. 1894 depreminin sonucunda, yer çatlakları ve 0,6-3m arasında tsunami oluşumları yaşanmıştır. Kayıtlara göre bu depremde; 10.000 üzeri yapı hasar almış, 474 ölüm ve 482 yaralanma meydana gelmiştir (Özata ve Limoncu,2014) (Şekil 5.2).

17 Ağustos 1999 tarihinde yaşanan depremin şiddeti 7,4 süresi ise 45sn olarak kayıtlara geçmiştir. Bu deprem sonucunda ise 43.953 yaralanma ve 17.439 ölüm meydana gelirken yapılarda 60.000-115.000 arası binada yıkım ve hasar gerçekleşmiştir (Özata ve Limoncu,2014). Yaşanan bu yıkıcı depremler sonucunda günümüzde ne gibi depremler oluşabileceğinin araştırmaları yapılmaktadır. Deprem uzmanı Görür'e göre İstanbul'da 2030 yılına kadar 7.2 şiddetinde bir depremin yaşanma olasılığı %60 olarak görülmektedir (url-68). İstanbul'da yaşanan en yıkıcı depremler; 1509 ve 1766 tarihinde gerçekleşenlerdir. Tarihsel ve deprem verileri sonucunda bu tür büyük ve yıkıcı depremlerin 250 yıllık periyotları izlediği saptaması yapılmıştır (Erdoğan,2019). Günümüzde son yıkıcı depremden bu yana 254 yıl geçmiştir. Yani her an büyük bir depremin İstanbul'da yaşanması durumu söz konusudur. 2017 yılında TMMOB İstanbul İl Koordinasyon Kurulunun oluşturduğu İstanbul deprem raporuna göre; 1509'da yaşanan 7.7 şiddetindeki deprem benzerinde bir depremin günümüzde yaşanması durumunda 625.000 kişinin ölümüne sebep olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca 100.000 -120.000 arası yapıda ağır hasar beklenmektedir (İstanbul Deprem Raporu,2017). Kandilli Rasathanesi Ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün yaptığı araştırmalar sonucunda ise; 7,5 şiddetinde bir depremde yapılarda %57 hasar öngörülmektedir. 1.166.330 yapının analizi üzerinden, %1 çok ağır hasar, %3 ağır hasar, %13 orta ve %26'sı hafif hasar göreceği belirtilmiştir. Bu hasarların deprem şekline göre çok daha ağır ve çok daha hafif yaşanabileceği de belirtilmiştir (İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi,2020) (Şekil5.3).



Şekil 5. 2: 1894 Depremi Anlatan Gravür (Özata ve Limoncu,2014)

İstanbul'da depremden en çok etkilenebilecek riskte olan mahaller değerlendirildiğinde ise; Zeytinburnu, Bahçelievler, Esenler, Bağcılar, Küçükçekmece, Avcılar, Pendik, Ümraniye, Kartal ve Maltepe mahallelerinin daha büyük riskte olduğu sonucuna varılmıştır (Kundak ve Türkoğlu,2007).

Hasar Durumu	Senaryo Depremleri		Olasılıksal Deprem Yer Hareketleri		
	Deterministik Senaryo (Mw=7,5)	Benzetim Senaryoları Ortalaması	72 yıl	475 yıl	2.475 yıl
<b>Çok Ağır Hasar</b>	13.495 (%1,2)	21.221 (%1,8)	4.728 (%0,4)	57.468 (%4,9)	217.682 (%18,7)
<b>Ağır Hasar</b>	34.345 (%2,9)	42.003 (%3,6)	16.957 (%1,5)	103.655 (%8,9)	221.515 (%19,0)
<b>Orta Hasar</b>	146.552 (%12,6)	145.973 (%12,5)	95.521 (%8,2)	274.048 (%23,5)	332.663 (%28,5)
<b>(Çok Ağır + Ağır + Orta) Hasar</b>	194.392 (%16,7)	209.197 (%17,9)	117.206 (%10)	435.171 (%37,3)	771.860 (%66,2)
<b>Hafif Hasar</b>	301.626 (%25,9)	273.906 (%23,5)	248.791 (%21,3)	354.188 (%30,4)	257.100 (%22,0)
<b>Hasarsız</b>	670.312 (%57,5)	683.227 (%58,6)	800.334 (%68,6)	376.971 (%32,3)	137.370 (%11,8)

**Şekil 5. 3:** Kandilli Rasathanesi Ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün İstanbul Üzerinde Olası Deprem Senaryosunda Oluşturduğu Hasar Durumları Tablosu (İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi,2020)

Bu riskler düşünüldüğünde en büyük darbe alacak ve verecek olan yüksek yapılardır. Bu yüzden deprem dayanımlı yüksek bina tasarımları için stratejilerin gelişimi ve var olan yüksek yapılar için de dayanım arttırıcı önlemlerin tespiti çok önemlidir. Dolayısıyla depreme karşı dayanıklı bina - yüksek bina tasarımı ve mevcutta var olan tasarımların nasıl düzenlenmiş olduklarını incelemek bu konunun mimari açıdan gelişmesi adına ışık tutacaktır. Çalışmanın bu bölümünde Türkiye Deprem Yönetmeliğinde (2018) yüksek yapılar için getirilen yeni başlıklar ve deprem dayanımını arttırmak için mimari düzenleme kuralları incelenecektir.



### 5.3 DEPREM YÖNETMELİĞİNE (2018) GÖRE YÜKSEK YAPILAR

Türkiye’de 2018 yılında oluşturulan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yüksek yapılar ile ilgili oluşturulan ana başlıklar; performans hedefleri ve tasarım aşamaları, yüksek bina taşıyıcı sistem elemanlarının davranış özellikleri, tasarım aşaması 1: ön tasarım – boyutlandırma için hesap esasları, tasarım aşaması 2:kesintisiz kullanım veya sınırlı hasar performans değerlendirmesi için hesap esasları, tasarım aşaması3: göçmenin önlenmesi veya kontrollü hasar performans değerlendirmesi için hesap esasları, yüksek bina tasarımının sonuçlandırılması ve temellerin tasarımı, yüksek binalarda kurulacak yapı sağlığı izleme sistemi ve bilgilendirme eki- yüksek bina taşıyıcı sistemleri şeklinde oluşturulmuştur (TBDY,2018) Burada mimari bağlamda değerlendirilen bilgilendirme ekleri tablolaştırılarak sunulmuştur (Tablo 5.1 ve Tablo 5.2).

**Tablo 5. 1:** Tipik Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri (TBDY,2018)

<b>TİPİK YÜKSEK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ</b>	
1	Genellikle yüksek binalar bir baza kütleli ve baza üzerinde konumlanan bir kule kütlelerinden meydana gelmektedirler. Baza kütleli bulunmayan yüksek yapılarda mevcuttur.
2	Yüksek yapılarda kule kütleli oluşturulan taşıyıcı sistem genellikle betonarme malzeme seçimi ile merkezinde çekirdek perde sistemin kullanıldığı, çelik, betonarme veya kompozit malzemelerden oluşan kolon-kiriş çerçeve ve/veya sadece kolon ya da perdelerle mesnetlerle bağlantı kurmuş döşemelerden oluşmaktadır.
3	Çerçeve sistem seçiminde burulmalara karşı rijitlik ve dayanım sağlanmalıdır.
4	Baza kütlelerinde genellikle taşıyıcı sistem olarak; yükselen kulenin taşıyıcı sistemine ek çerçeve ve perdelerin kullanımı ve/veya kirişsiz döşeme sisteminden meydana gelmektedirler. Bazıların bodrum katları mevcutsa; taşıyıcı sisteme ek olarak çevredeki rijit perdelerden oluşmaktadır.
5	Kule, baza ve bodrum kattan meydana gelen bir yüksek yapıda taşıyıcı sistemde, ortak ve bütüncül bir tasarım söz konusu ise kulenin yüksekliği azalır ve temellerde oluşan devrilme momenti azalır. Fakat bu durum aynı zamanda kuleden bodruma kadar olan geçişte var olan döşemelerin kendi içlerinde zorlanmalarına sebep olur.
6	Kulelerde ana taşıyıcı sistem olarak kullanılan çekirdek perde sistemi oluşturular; birbirlerinden bağımsız çalışan U,E vb. kesitlere sahip perdelerden oluşmaktadır. Bu perdelerde genellikle dayanımı yüksek betonarme ya da çelik kirişlerin bağlantısı ile bağ kirişli perdeleri oluşturmaktadır.
7	Bazı durumlarda merkezi oluşturulan çekirdek perde sisteme ek olarak güçlü kolonlara mesnetlerle bağlanan dıştan destek sistemlerde yüksek yapılarda kullanılabilir.
8	Mega çerçeveli sistemlerde yüksek yapılarda kullanılabilir. Mega çerçeve sistem; mega kolon ve kirişler ve bazen bunlara ek mega çaprazların kullanıldığı sistemlerdir.

**Tablo 5. 2:** Yüksek Bina Taşıyıcı Sisteminin Düzenlenmesinde Gözönüne Alınacak Hususlar (TBDY,2018)

<b>YÜKSEK BİNA TAŞIYICI SİSTEMİNİN DÜZENLENMESİNDE GÖZÖNÜNE ALINACAK HUSUSLAR</b>	
1	Plan düzleminde ve düşey düzlemde düzenli olunması ön planda tutulmalıdır. Çekirdek perde sistem kullanımı varsa merkezde konumlanmasına ve diğer taşıyıcı elemanlarının her iki eksene karşı simetrik tasarlanmasına ya da bu duruma en yakın konumlanmanın yapılmasına önem verilmelidir.
2	Taşıyıcı sistemde betonarme kirişsiz döşeme kullanımı varsa, merkezde bulunan çekirdek perde sistemle beraber çalışan kolon ya da perde elemanların rijit kirişlerle bağlantı yapılması şarttır. Yani oluşan rijit dış çerçevelerde burulma rijitliği ve dayanım sağlanmalıdır. Ayrıca sistemde, burulma metodu periyodu hakim öteleme modu periyodunun uzunluğunu geçmemelidir.
3	Yapı strüktüründe dıştan destek(outrigger) kullanımı varsa, destek kirişlerin mesnetlendikleri kolonlara ve çekirdek perdelerle aktaracakları aksel kuvvetlerin sınırlarına aşmamaları adına dayanım fazlalıklarının sınırlarına ilişkin önlemler oluşturulmalıdır. Bu yüzden burkulması önlenmiş çelik çapraz kullanımı olan kafes sistemlerin tercih edilmesi önerilebilir.
4	Yapı strüktüründe betonarme perde kullanımı varsa kalınlık minimum 300 mm olmak zorundadır. Ayrıca betonarme strüktürlerde yalnızca B420C ya da B500C niteliğinde nervürlü donatı çeliği kullanılmalıdır.

2018 TBDY’de bina kullanım sınıfları(BKS); BKS=1 deprem sonrası kullanımı gereken binalar, BKS=2 uzun süreli yoğun kullanımlı binalar, BKS=3 kısa süre kullanımlı yoğun yapılar şeklinde belirtilmiştir. Bina kullanım sınıfı ve tasarım spektral ivme katsayısı  $S_{DS}$  ye göre deprem tasarım sınıfı oluşturulmuştur (Celep,2018) (Tablo 5.3 ve Tablo 5.4).

**Tablo 5. 3:** Deprem Tasarım Sınıflandırması (DTS) (Celep,2018)

<b>DD-2 Depremindeki Periyod Tasarım Spektral İvme Katsayısı (<math>S_{DS}</math>)</b>	<b>Bina Kullanım Sınıfı=1</b>	<b>Bina Kullanım Sınıfı=2, 3</b>
$S_{DS} < 0.33$	DTS= 4a	DTS= 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS= 3a	DTS= 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS= 2a	DTS= 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

**Tablo 5. 4:** Deprem Tasarım Sınıfı ve Bina Yüksekliğine Göre Yüksek Binalar (Celep,2018)

<b>Bina Yükseklik Sınıfı=1</b>	<b>Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları</b>		
	DTS= 1, 1a, 2, 2a	DTS= 3, 3a	DTS= 4, 4a
$H_N > 70m$	$H_N > 91m$	$H_N > 105m$	

Yapıların depreme dayanıklı olması adına gösterdikleri performanslar; kesintisiz kullanım(KK) performans düzeyi, sınırlı hasar performans düzeyi, kontrollü hasar performans düzeyi, göçmenin önlenmesi performans düzeyi şeklinde incelenmiştir. Sistem elemanlarında hasar oluşumu görülmeyen durumlar kesintisiz kullanım performans düzeyine denk gelmektedir. Bu performansın sağlanması adına, deprem anında oluşabilecek yer değiştirme hareketleri sınırlandırılmalı ve elemanlarda oluşan gerilmelerin elastik ortamda bulunmasının sağlanması gerekmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının sınırlı hasara uğradığı durum sınırlı hasar(SH) performans düzeyine denk gelmektedir. Bu durumda da gerilmelere uğrayan elemanların elastik ortamda kalması ya da sınırlı olarak üstünde kalması sağlanmalıdır. Onarılması mümkün olan ve can kaybına sebep olmayacak hasarlar ise kontrollü hasar(KH) performans düzeyi olarak geçmektedir. Bu durumda geniş çatlaklar, donatı akması, ezilmeler meydana gelebilmektedir. Yapıda göçmelerin kısmen ya da tamamen göçmesini önlemek adına sağlanması gereken göçmenin önlenmesi(GÖ) performans düzeyidir. Bu performans düzeyinde can kayıplarının önlenmesi ön planda tutularak ekonomik hasarlar göz ardı edilerek yapının komple göçmesi önlenmeye çalışılmaktadır (Celep,2018) (Tablo 5.5 ve Tablo 5.6).

**Tablo 5. 5:** Deprem Tasarım Sınıfları İçin İzlenecek Performans Hedefleri (Celep,2018)

Deprem Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4 ve 4a		DTS= 1a ve 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı
DD 4	KK	DGT	-	-
DD 3	-	-	SH	ŞGDT
DD 2	KH	DGT <sup>(1)</sup>	KH	DGT <sup>(1,2)</sup>
DD 1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

**Tablo 5. 6:** Yüksek Binalar İçin Tasarım Aşamaları (Celep,2018)

Tasarım Aşamaları	Tasarım Aşamaları I	Tasarım Aşamaları II		Tasarım Aşamaları III	
Tasarım Türü	Ön Tasarım	Değerlendirme		Değerlendirme	
		DTS= 1,2, 3, 3a, 4a	DTS=1a, 2a	DTS=1, 2, 3, 3a, 4a	DTS= 1a, 2a
Deprem Düzeyi ve Hedef Performans	DD2 depreminde Kontrollü hasar	DD4 depreminde Kesintisiz Kullanım	DD3 depreminde Sınırlı Hasar	DD1 depreminde Göçmenin Önlenmesi	DD1 depreminde Kontrollü Hasar

<b>Analiz Türü</b>	Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı; Modal hesap yöntemleri i ve R ve D ile doğrusal analiz	Dayanıma Göre Tasarım(DGT) yaklaşımı; Modal hesap yöntemleri, R ve D ve etkin kesit rijitliği ile doğrusal analiz, R/1=1 ve D=1	Şekil değiştirmeye Göre Tasarım(ŞDGT) yaklaşımı; Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile analiz	Şekil değiştirmeye Göre Tasarım(ŞDGT) yaklaşımı; Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile analiz	Şekil değiştirmeye Göre Tasarım(ŞDGT) yaklaşımı; Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile analiz
--------------------	---	---	---	---	---

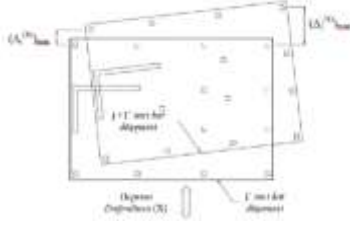
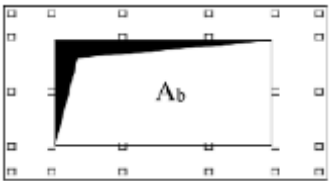
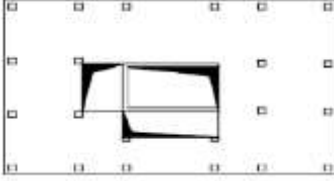
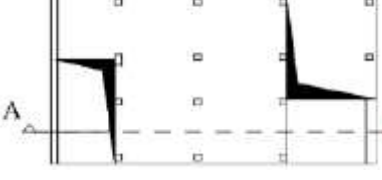
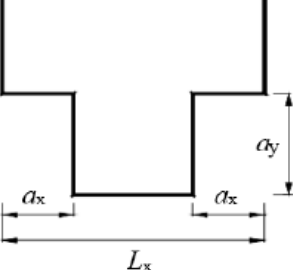
### 5.3.1 Düzensiz Yapı Kavramı ve TBDY 2018’Göre Düzensizlik Tanımları

Depreme dayanıklı yapı tasarımda mimara düşen en önemli rollerden birisi tasarımın; yönetmelikler doğrultusunda planlanmasıdır. Tasarıma yaklaşırken; taşıyıcı sistem, yapıdaki sirkülasyonlar, boşluklar, konsollar, düzensizlikler bir arada düşünülerek konsept meydana getirilmelidir. Aksi takdirde bir takım kuralları sonradan entegre etmek problemlere yol açabilmektedir (Akıncıtürk,2003).

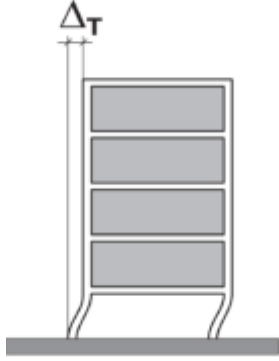
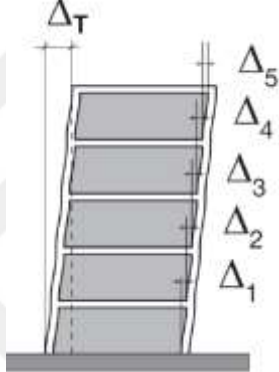
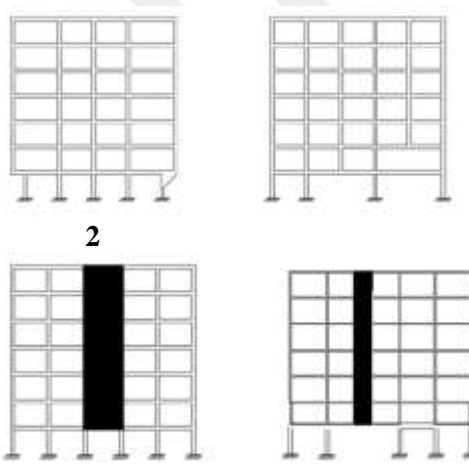
Nervi ve Ersoy’da bu durumu destekler düşüncelere sahiplerdir. Nervi depreme dayanıklı yapı tasarımını uçak tasarımına benzetmektedir. Nasıl bir uçağın formu aerodinamik kurallarına uymayan formlarda üretilemezse(dikdörtgen prizma gibi) deprem bölgesinde var olan yapılar da depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerinden bağımsız olarak üretilemez. Ersoy ise; depreme karşı dayanımın tasarımın ilk aşamasında yani yapının formunun belirlendiği evrede oluştuğunu dile getirmektedir ve bu evrede oluşabilecek depreme karşı uygunsuz formun çok büyük sorunlara yol açacağını belirtmiştir (Ersoy,1999).

Yapılarda yanlış planlama sonucu meydana gelebilecek hasarların önlenmesi adına plan ve kesit düzleminde belirlenen bir takım kurallar oluşturulmuştur. Bu kurallara uymayan yapılar ise düzensiz yapı olarak adlandırılmaktadırlar. Tablo 5.7 ve Tablo 5.8’de Deprem Yönetmeliğinde planda ve düşeyde olmak üzere iki bölümde belirtilen düzensizlik şekilleri özetlenmektedir.

**Tablo 5. 7:** TBDY 2018 Düzensizlikleri (TBDY,2018; Bozdağ,2019)

<b>1-PLAN DÜZLEMİNDEKİ DÜZENSİZLİKLER</b>		
<p><b>A-BURULMA DÜZENSİZLİĞİ</b></p>	<p>Yapıdaki kütle merkezi ve rijitlik merkezinin örtüşen noktasından uzak konumlanması durumu yanal kuvvetler altında burulma düzensizliğine sebep olmaktadır. Yani burulma düzensizliği katsayısının 1.2'nin üzerinde olması durumudur. [<math>\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} &gt; 1.2</math>]</p>	
<p><b>B-DÖŞEME SÜREKSİZLİKLERİ</b></p>	<p><b>1</b>-Her bir katta var olan boşlukların (merdiven ve asansör boşlukları da dahil) döşeme de var olan brüt alanın 1/3'ünden büyük alana sahip olması durumu.  <b>2</b>-Düşeyde var olan taşıyıcı sistem elemanlarının deprem yükü aktarımında kesintisine sebep olabilecek döşeme boşluklarının var olması.  <b>3</b>-Düzlem içi rijitliğin ve dayanıklılığın döşemede aniden azalması durumu.</p>	<p><b>1</b></p>  <p><b>2</b></p>  <p><b>2-3</b></p> 
<p><b>C-PLANDA ÇIKMALARI N VAROLMASI</b></p>	<p>Yapıda var olan çıkmaların, her iki yönündeki boyutların o katta var olan plan boyutları ile her iki yönde kıyaslandığında toplamdaki plan ebatlarının %20'sinden büyük olması durumudur.</p>	

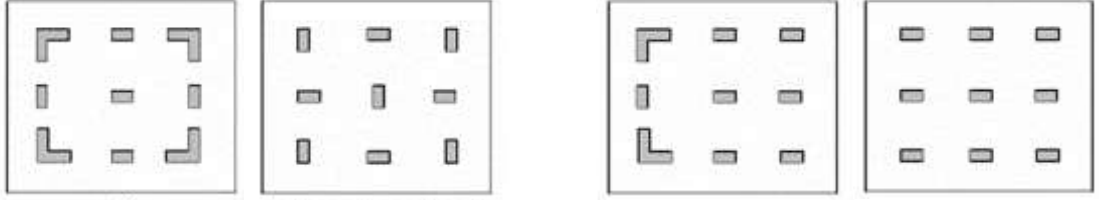
**Tablo 5. 8:** TBDY 2018 Düzensizlikleri (TBDY,2018; Bozdağ,2019)

<b>2-DÜŞEY KONUMDAKİ DÜZENSİZLİKLER</b>		
<p><b>A-ZAYIF KAT(KOMŞU KATLAR ARASI DAYANIM DÜZENSİZLİĞİ)</b></p>	<p>Betonarme yapılarda, bir kattaki toplam etkili kesme alanının üst katındaki toplam etkili kesme alanına oranının(Dayanım Düzensizliği Katsayısı) 0.80 den küçük değerde olması. <math>[\eta = (\sum A) / (\sum A) &lt; 0.80</math></p>	
<p><b>B-YUMUŞAK KAT(KOMŞU KATLAR ARASINDA RİJİTLİK DÜZENSİZLİĞİ)</b></p>	<p>Rijitlik Düzensizliği Katsayısı oranının 2.0'dan büyük bir değerde olması. Bu katsayı oranı; herhangi bir kattaki(bodrum hariç) ortalama görelî kat ötelemesinin komşu katlarındaki(alt ve üst) ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölümü ile bulunmaktadır.</p>	
<p><b>C-TAŞIYICI SİSTEMDEKİ DÜŞEY ELEMANLARIN SÜREKSİZLİĞİ</b></p>	<p><b>1-Düşey taşıyıcı elemanların(perde ya da kolon) bazı katlarda guseli kolon ya da kirişlerin üzerine oturtularak bir takım katlarda kaldırılması durumudur.</b>  <b>2-Alt katlarda bulunan kolonların üzerine üst katlarda perde duvar uygulaması yapılması durumu.</b></p>	

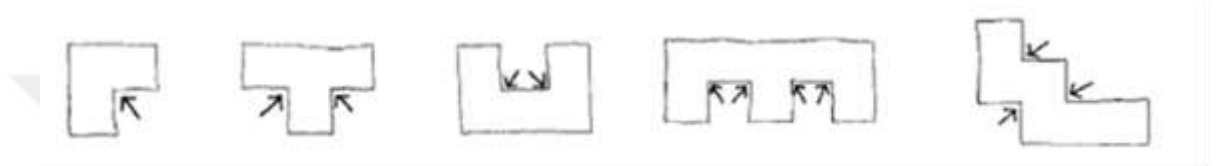
### 5.3.1.1 Burulma Düzensizliği ve Alınabilecek Tedbirler

Burulma düzensizliği; yapıdaki kütle ve rijitlik merkezinin çakışmaması durumu olarak tanımlanmaktadır. Bu durum bir yapıda dengeli ve simetrik olmayan bir dağılım sonucu meydana gelmektedir. Eğer bir yapıda kolon ve perde duvar elemanların düzenlenmesi simetrik değilse, merdiven-asansör-perde duvar gibi çekirdeği oluşturan elemanların yapıdaki kütle merkezinden uzak konumlandırılması,

bölme duvarların herhangi bir katta bir tarafta yoğunlaşması gibi düzenlemeler sonucu deprem sırasında büyük yer değiştirme hareketlerine ve dolayısıyla hasar ya da çökmelerin meydana gelmesine yol açmaktadır (Özyıldırım,2007).



**Şekil 5. 4:** Düzenli Taşıyıcı Sistem Örnekleri, Düzensiz Taşıyıcı Sistem Örnekleri (Özen,2018)



**Şekil 5. 5:** Düzensiz Plan Örnekleri (Aktürk ve Güven,2005)

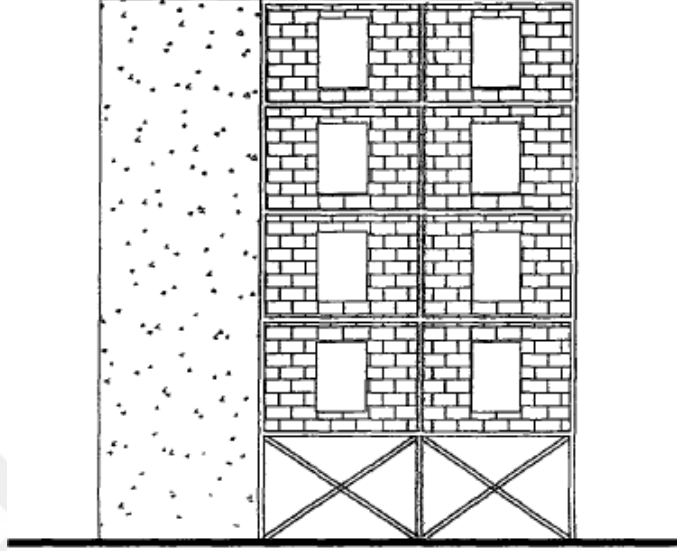
Burulma düzensizliğine karşı alınabilecek tedbirler;

- Simetrik bir plan geometrisi ve aynı zamanda simetrik tasarlanmış taşıyıcı sistem tercih edilmelidir fakat burada dikkat edilmesi gereken husus çıkıntılara sahip olan formların düzensizlik yaratabilmesi durumudur (Yonemoto,2015) (Şekil 5.6).



**Şekil 5. 6:** Çeşitli Yapı Formları (Yonemoto,2015)

- Tasarımın getirisi olarak perde duvarlarda ya da bölme duvarlarda bir yerde yoğunluk ya da simetriyi bozan bir durum mevcutsa; karşı tarafına dengeleyici bir tekrara gidilebilir veya burulma etkisini karşılayacak kadar donatının ve eleman boyutlarının artırılması sağlanabilir.
- Zemin katlardaki açıklıkların bulunduğu kolonların diyagonal kirişlerle desteklenmesi bu katlardaki zayıflığı önleyebilir (Gökçe,2002) (Şekil 5.7).



Şekil 5. 7: Diyagoneller İle Yapının Desteklenmesi (Gökçe,2002)

- Karmaşık plan formlarına sahip yapılar derzler ile bölümlere ayrıştırılarak(dilatasyon) burulma etkisi azaltılabilir (Hünük,2006).
- Dik açılı birleşen köşeli formlara sahip (T ve L gibi) yapıların pahlarının kırılarak daireselleştirilmesi deprem anında yapının bütüncül çalışmasını desteklemektedir. Ayrıca bu tip köşelerde bulunan taşıyıcı eleman boyutları büyütülmelidir.
- Bodrum veya temel ile üst katlar gibi iki yüzeyin temas halinde bulunduğu noktadaki yüzeye yalıtım elemanların yerleştirilmesi ile sismik titreşimlerin üst katlara iletimi azaltılabilmektedir (Aktürk ve Güven,2005) (Şekil 5.8).





### Şekil 5. 8: Sismik Yalıtımlı Kolon Örneği (Aktürk ve Güven,2005)

#### 5.3.1.2 Döşeme Süreksizlikleri ve Alınabilecek Tedbirler

Herhangi bir katta bulunan merdiven ve asansör boşlukları dahil olmak üzere tüm kat alanının 1/3'ünün geçilmesi durumu döşeme süreksizliği olarak adlandırılmaktadır. Bu boşluklar yanal yükün düşey yapı elemanlarını iletimini güçleştirmektedir (Özyıldırım,2007). Dolayısıyla ani rijitlik azalması yaşanabilir (Gökçe,2002). Bu tip düzensizlikler genellikle; büyük fuaye ihtiyacına sahip olan otel ve alışveriş merkezi gibi yapı tasarımlarında görülmektedir (Özyıldırım,2007).

Döşeme süreksizliğine karşı alınabilecek tedbirler;

- Tasarımda büyük boşluk ihtiyacı varsa; ayrı bir kütle tasarımı (dilatasyon) olarak tasarlanması gerekmektedir. Eğer bu şekilde tasarım tercih edilmemişse kolonların rijitleştirilmesi gerekmektedir (Gökçe,2002).
- Çok sayıdaki boşluk ihtiyaçlarının birbirlerinden uzak konumlandırılması ve taşıyıcı sistemin rijitleştirilmesi gerekmektedir.
- Boşluk konumlandırılmasında diyaframdaki duvar ve çerçeve bağlantıları göz önüne alınmalıdır. Yani boşluklar bu bağlantılar ile çakıştırılmamalıdır (Arnold,2001).

#### 5.3.1.3 Planda Çıkmaların Varolması ve Alınabilecek Tedbirler

Yönetmeliğe göre; her kat için iki yönde de brüt planın %20 sini geçen girinti ve çıkıntılar plan düzleminde düzensizlik yaratmaktadır. Bu tipteki yapılar, kütlelerin farklı dinamik özelliklere sahip olmasından ötürü kendi içinde çarpma etkisi meydana getirebilme potansiyeline sahiptirler (Hünük,2006). Bu duruma karşı mimari açıdan önem verilmesi gereken husus olabildiğinde az çıkıntılar ya da hiç çıkıntısız bir geometrik plan tasarımı elde etmektir. Ancak tasarımda uygulanan çıkmalar düşey taşıyıcı elemanların yük aktarımında kısıtlayıcı bir etkiye sahip olmayacak şekilde hesaplanmışsa uygulaması onaylanabilir (Özyıldırım,2007).

Plandaki çıkmalar için alınabilecek tedbirler;

- Dilatasyon ile kütleleri temel geometrilere ayırmak uygulanabilir. Derz aralığı özellikle yüksek yapılar için sorun yaratabilme

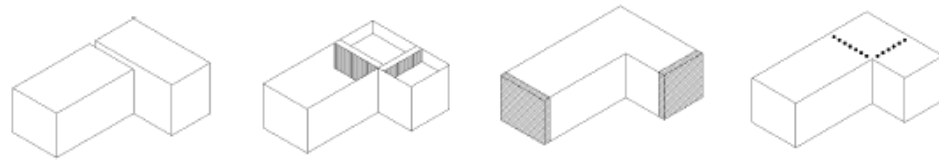
potansiyeline sahiptir. Bu yüzden aralıkların salınım miktarlarının belirlenerek doğru ölçüye ulaşılması önemlidir (Arnold,2001) (Şekil 5.9).



Şekil 5. 9: Dilatasyon İle Yapı Ayırma Örnekleri (Hünük,2006)

- Dilatasyonun uygulama aşamasında dikkat edilmesi gereken faktör; boşlukların köpük levhalar ile doldurulmasıdır. Bu boşlukları doldurmak için harç ve tuğla gibi malzemeler kullanılmamalıdır. Kullanılması halinde yapı dilatasyon uygulaması yokmuş gibi bütüncül çalışma gösterebilmektedir (Gökçe,2002).

- Eğer L formlu bir yapı tasarımı gerekiyorsa dilatasyon dışında alınabilecek önlemler; rijit perde duvar uygulaması ile yapıyı güçlendirme, dik köşeli geçişi yumuşatarak gerilimi tek noktadan yapı geneline yayma, burulma düzensizliğinin negatif yönde etkilemeyecek şekilde bitiş duvarlarını rijitleştirme uygulamalarından birisi tercih edilebilir (Arnold,2001) (Şekil 5.10) .

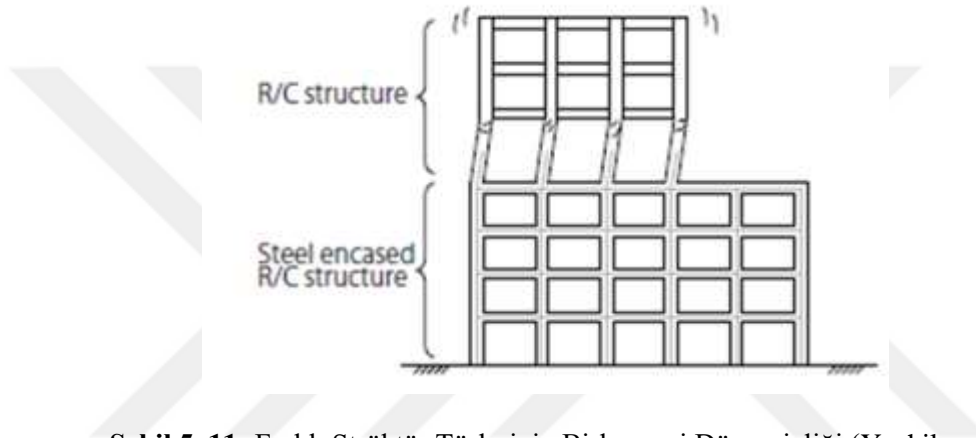


Şekil 5. 10: Dilatasyon, Perde Duvar Eklemesi, Bitiş Duvarlarının Rijitleştirilmesi, Kesişme Noktalarında Kuvvetlerin Artırılması(Kesintisiz Kiriş) (Arnold,2001)

#### 5.3.1.4 Düşey Düzensizlik-Zayıf Kat(Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği)

Zayıf kat genellikle bir katta bulunan yanal dirençten sorumlu çerçevelerin ya da duvarların mukavemetinin, komşu katlarda bulunan çerçevelerin ya da duvarların mukavemetinden daha az olduğu zaman meydana gelen ve genellikle de peşinden yumuşak kat oluşumuna sebep olan bir düzensizliktir (FEMA,2010). Başka bir

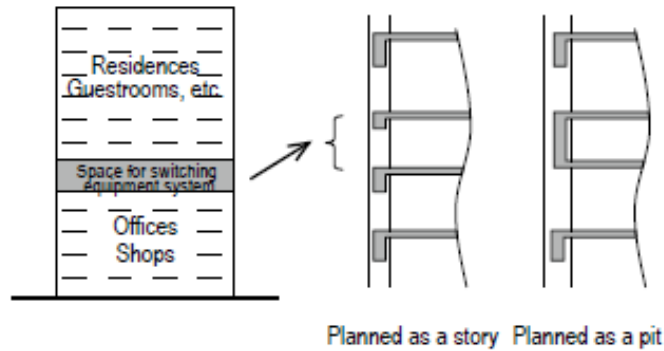
değişle; bir katta bulunan perde, bölme duvar, kolon gibi elemanların sürekliliği olmayabilir ya da sayısında değişim yaşanabilir bu durumda etkin kesme alanı oranında değişim yaşanır. Bu oran 0.80 den küçük ise zayıf kat düzensizliği mevcuttur (Gökçe,2002).Zayıf kat düzensizliği; mağaza, restoran, iç bahçe gibi geniş açıklıkların ihtiyaç duyulabileceği yapılarda yaygın olarak görülmektedir (Özyıldırım,2007). Malzeme açısından değerlendirildiğinde ise bu durum yapının yarısında betonarme diğer yarısında çelik malzeme ile devam edildiğinde rijitlik değişimi(çeliğin kumpçı etkisi) ile zayıf kat düzensizliği meydana gelebilmektedir (Yoshikawa,2015) (Şekil 5.11).



Şekil 5. 11: Farklı Strüktür Türlerinin Birleşmesi Düzensizliği (Yoshikawa,2015)

Zayıf kat oluşumuna karşı alınabilecek önlemler;

- Tasarımda alt katlarda geniş açıklık gerektiren ofis ve dükkan birimleri üzerine konut birimi kurgusu yapıldıysa; bu birimleri alt ve üst olarak ayıracak kiriş düzenlemesine dikkat edilmelidir. Düzenleme de; yapısal olarak oluşacak denge dikkate alınarak uygulama yapılmalıdır. Büyük bir kiriş eleman ile çift katlı bir kiriş gibi davranması veya kirişlerin üzerine ve altına yerleştirilerek bir kat niteliğine sahip olması durumu dengenin değişimine sebep olduğu için göz önüne alınmalıdır (Yoshikawa,2015) (Şekil 5.12).

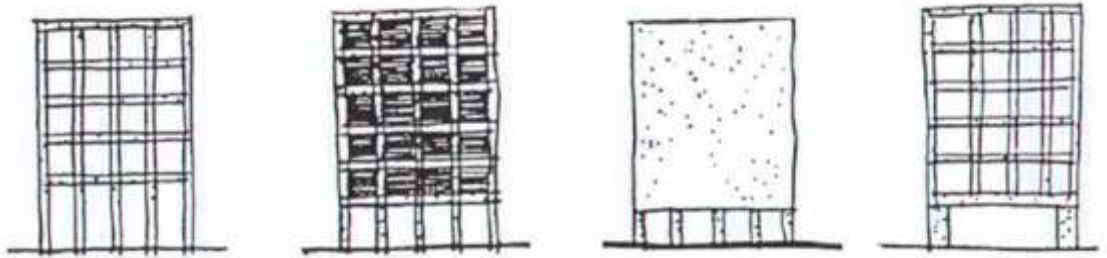


**Şekil 5. 12:** Kiriş Düzenlemesi Örnekleri (Yoshikawa,2015)

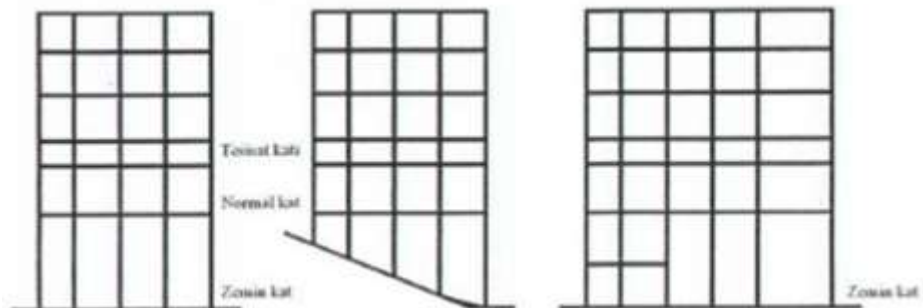
- Hesaplama açısından uygulanan yaklaşım ise; yanal yüklere karşı oluşabilecek gerilmelerin karşılanabilmesi için yanal yükler  $1/1,25$  ile çarpılarak hesaba katılır. Dolayısıyla elemanların ve donatıların boyutlarında büyüme olmaktadır (Gökçe,2002).

**5.3.1.5 Düşey Düzensizlik-Yumuşak Kat(Komşu Katlar Arasında Rijitlik Düzensizliği)**

Bir kattaki rijitlik üzerindeki katlara oranla daha az rijit ise yumuşak kat düzensizliği meydana gelmektedir (FEMA,2010). Eğer bir yapıda yumuşak kat varsa üst katlardaki var olan yer değiştirme hareketi yumuşak katta meydana gelir ve dolayısıyla yapının çökmesine sebep olur. Yapıda var olan farklı kat yükseklikleri bu düzensizliğe sebep olabilir. Örneğin; yüksek yapılarda, kat yüksekliği diğer katlara oranla daha fazla dükkan birimi ve diğer katlara oranla daha düşük tesisat katı var ise zemindeki kolon kesitleri büyütülmelidir yoksa düzensizliğe sebep olur (Hünük,2006). Herhangi bir katta; restoran, tesisat, havalandırma birimi, alışveriş birimi gibi alanlarda mekanın ihtiyacını karşılamak adına duvarların kaldırılması durumu da rijitliği azaltabilecek bir unsur olduğu için önlem alınmazsa yumuşak kat meydana gelir (Özyıldırım,2007). Zemin kat malzemesinin üst katlara göre daha hafif malzemeden yapılması, perde duvarların alt katlarda kolon olarak uygulanması da yumuşak kat oluşumunu destekler (Öztürk,2000) (Şekil 5.13).



**Şekil 5. 13:** Yumuşak Kat Oluşumlarına Örnekler (Öztürk,2000)

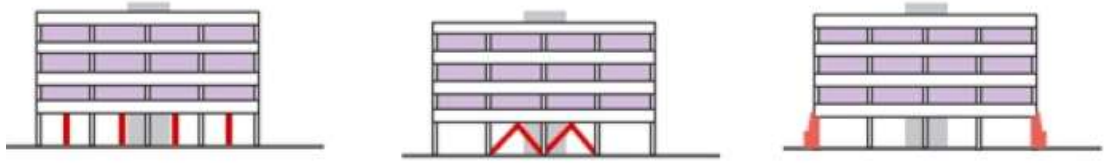


**Şekil 5. 14:** Kat Yükseklik Farkı Sonucu Oluşan Düzensizlikler (Gökçe,2002)

Yumuşak kat düzensizliğine karşı alınabilecek önlemler aşağıdaki gibidir.

Eğer zemin katta açıklık uygulaması gerekiyorsa;

- Rijitliğin artırılması için konik ya da kemerli formlara sahip kolon kullanımı,
  - Ağır temel yapısının uzantısı gibi devam eden zemin kat kolonları
  - Açık bölmelerden bazıları birleştirilebilir, kafes kiriş uygulaması ile rijitleştirme (Özyıldırım,2007),
  - Yapı için rijitleştirilmesi uygulanırken plan çevresinin açık olarak düzenlenmesi,
  - Yapının esnekliğinin arttırmak (Aktürk ve Güven,2005),
  - Kolon eklenmesi,
  - Cephenin payandalar ile güçlendirilmesi gerekir (Can ve Tuncer,2015)
- (Şekil 5.15),



**Şekil 5. 15:** Kolon Ekleme, Çapraz Ekleme ve Payanda Ekleme ile Rijitleştirme (Can ve Tuncer,2015)

Eğer bir katta geniş ve kapalı duvarlar sonucu yumuşak kat oluşumu varsa;

- Yanal kuvvetler altında dayanım göstermeyecek şekilde tasarlanması,
- Yer yer açıklık uygulaması ve hafif malzeme tercihi,
- Ağır duvar uygulaması gerekiyorsa, duvarın zemin kata benzer bir burulma davranışı göstermeyecek şekilde ayrıldığından emin olunması gerekmektedir (Arnold,2001).

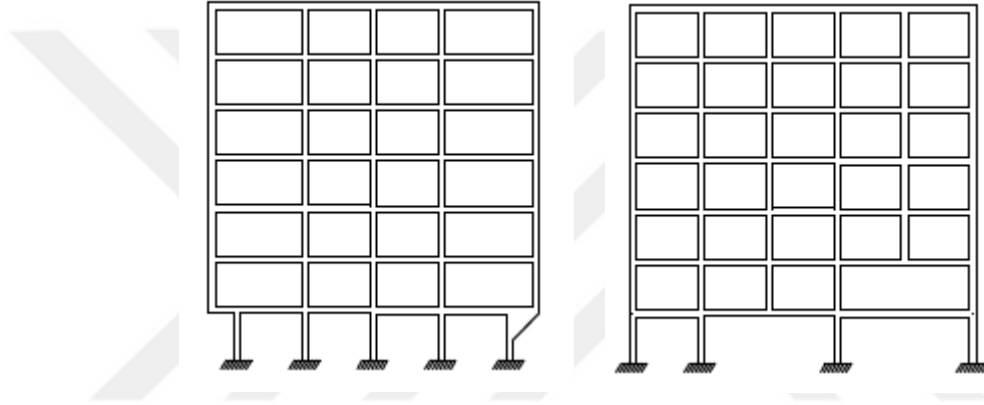
### 5.3.1.6 Düşey Düzensizlik-Taşıyıcı Sistemdeki Düşey Elemanların Süreksizliği

Düşeyde taşıyıcı eleman süreksizliği; bir yapıdaki yanal kuvvetlere karşı dayanım gösteren sistem duvarları ya da çaprazlı çerçeveler gibi düşey elemanların

belirlenen çerçeve aksı üzerinde düşeyde hizalanmadığı ya da yer yer aksaklığa uğradığı zaman meydana gelmektedir (FEMA,2010). Yani perde duvarların bir katta kesilmesi, yapı yüksekliği boyunca şaşırtmalı düşey eleman kullanımı ya da bir katta bulunan perde elemanların alt katlarda kolon olarak devam ettirilmesi ile oluşmaktadır (Özen,2018). Bu düzensizlik türü varsa yapı simetrik olsa da sistemdeki dengesiz dağılım sonucu olası bir hasar oluşumunu tetikler (Hünük,2006).

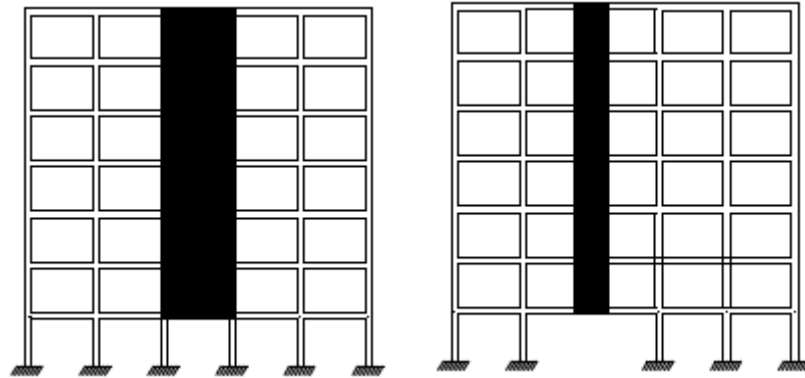
TBDY2018'e göre bu düzensizlik için şartlar;

- Kolon elemanları bir katta bulunan kirişlerin ya da alttaki kolonlarda oluşturulmuş guselerin üzerine ya da ucuna asla yerleştirilemez (Şekil 5.16).



**Şekil 5. 16:** Guse Üzerinde Kolon, İki Ucu Mesnetli Kiriş Oturan Kolon (TBDY,2018)

- Eğer kolon iki ucu mesnetli bir kirişe oturtulmuşsa yönetmelikte uygun deprem hesabı ile uygulanabilir (Şekil 5.16).
- Perde duvarların alt katlarda kolon olarak devam ettirilmesi asla uygulanamaz (Şekil 5.17).
- Zeminde devamlılığı olmayan perdelerin kirişlerin üzerine herhangi bir katta yerleştirilmesi asla uygulanamaz (Şekil 5.17) (TBDY,2018).



**Şekil 5. 17:** Perdenin Kolon Olarak Devam Etmesi, Zeminde Devamlılığı Olmayan Perde (TBDY,2018)

### **5.3.1.7 Diğer Düzensizlikler**

Bahsedilen temel düzensizlikler dışında bu düzensizlikleri tetikleyen ya da kendi başına düzensizlik yaratan durumlarda vardır. Plan düzleminde incelendiğinde; taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu, düşey düzlemde; geometrik düzensizlik, kısa kolon ve çekiçleme, taşıyıcı eleman düzensizliğinde; temelde, kolon-kiriş birleşimlerinde, bölme- dolgu duvar düzensizlikleri göze çarpmaktadır.

#### **Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması**

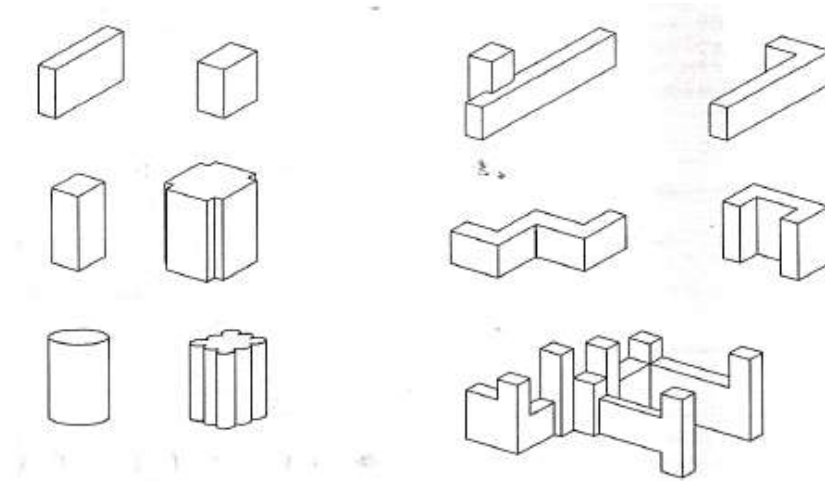
Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu; düşey taşıyıcı sistem elemanlarının plan düzlemindeki ana dik eksenlere paralel veya simetrik olmaması şeklinde açıklanabilir. Bu yüzden deprem kuvveti karşısında yapının dayanım göstermesi beklenen eksenler dışındaki sisteme paralel düzenlenmeyen elemanlar şiddetli deprem kuvvetleri ile karşılaşmaktadırlar (Demirbaş,2008).

Bu düzensizlik türü için alınabilecek önlemler;

- Bu türdeki yapılarda burulma etkisini azaltmak için, genelde opak duvar tercihi ve bu duvarlar ve yapı arasında rijitlik açısından uyumluluğu arttırmak için hafif malzeme ile kaplanmış çerçeve tasarımları uygulanmalıdır (Arnold,2001).
- Yapı dilatasyon uygulamasına tabi tutulabilir.
- Dilatasyon uygulaması tercih edilmezse iç kuvvetler artırılarak depreme dayanıklı olacak şekilde düzenlenebilir (Aktürk ve Güven,2005).

#### **Geometrik Düzensizlik**

Yapının yatayda ve düşeyde simetrik olması düzensizlik açısından dikkat edilmesi gereken bir husustur. Ama bir diğer dikkat edilmesi gereken faktör ise; katlar arasında alan değişiminin sert geçişlerle yapılmasıdır. Kat alanlarının ani farklarla değişmesi durumu yapıda düzensizliğe sebep olmaktadır (Demirbaş,2008). Büyük aralıklarla uygulanan bu kademelenmeler yapıda mukavemet ve rijitlik açısından uygunsuz değişim yaratmaktadır. Yapıdaki bu düşey girinti- çıkıntılar köşeler etrafında gerilmelere sebep olmaktadır. Bu girinti-çıkıntı arasındaki farklar ne kadar az ise o kadar az düzensizlik yaratmaktadırlar (Öztürk,2000) (Şekil 5.18).



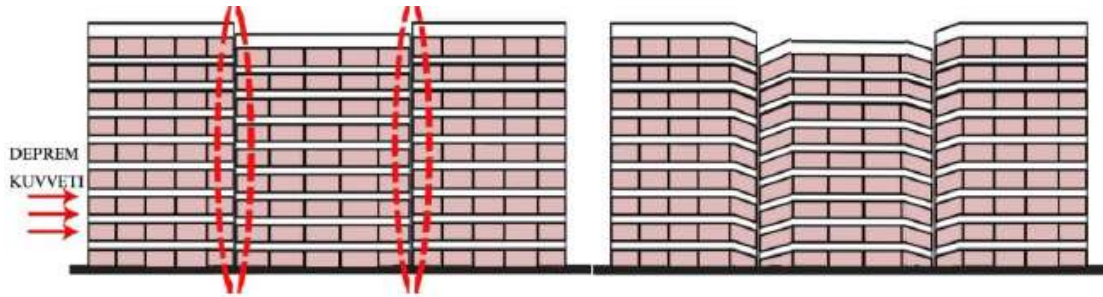
**Şekil 5.18:** Basit ve Daha Az Sakıncalı Geometriler- Komplex ve Düzensiz Geometriler (Hünük,2006)

Geometrik düzensizlik için alınabilecek önlemler;

- Yapıda oluşan kademeleri mümkün olduğunda yumuşak geçişli tasarlanabilir,
- Dar açılı köşeleri rijitleştirilebilir (Aktürk ve Güven,2005).

### **Çekiçleme Etkisi**

Farklı yüksekliklere sahip iki ya da daha fazla küleden oluşan yapılarda da düzensizlik meydana gelmektedir. Yükseklik farkı yapıda; farklı salınım periyodlarının oluşmasına ve farklı kat ötelenmelerine sebep olmaktadır (Gökçe,2002). Salınım periyodu farklı olan bu bitişik kütleler; salınım esnasında çarpışma etkisine maruz kalarak, daha kısa ve sert olan kütlelerin uzun olan kütlelere kat hizasından hasar vermesine yol açmaktadır (Özen,2018) (Şekil 5.19).



**Şekil 5.19:** Çekiçleme Etkisi (Özen,2018)

Çekiçleme etkisi için alınabilecek önlemler;

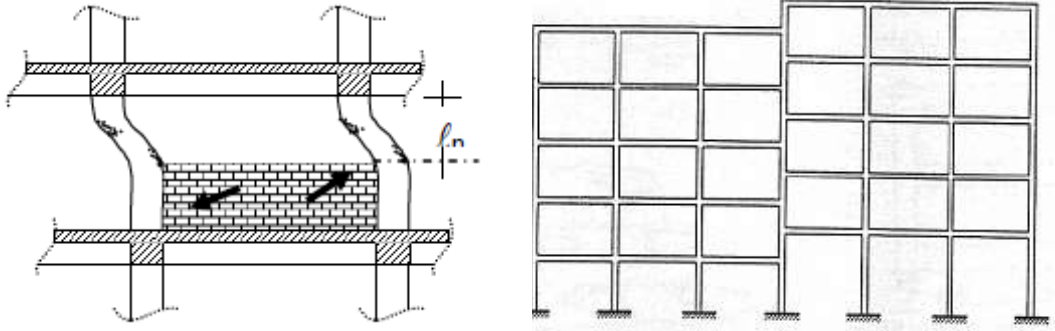
- Kütleler arasındaki büyük yükseklik farkları kademelendirilerek farklar azaltılabilir,



- Dar açılı köşeler rijitleştirilebilir (Aktürk ve Güven,2005),
- Deprem derzleri ile kütleleri ayırma uygulanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken şey; derzlerin oluşumunda her bir kütle için salınımı toplamı kadar aralık bırakılmasıdır (Gökçe,2002).

### **Kısa Kolon**

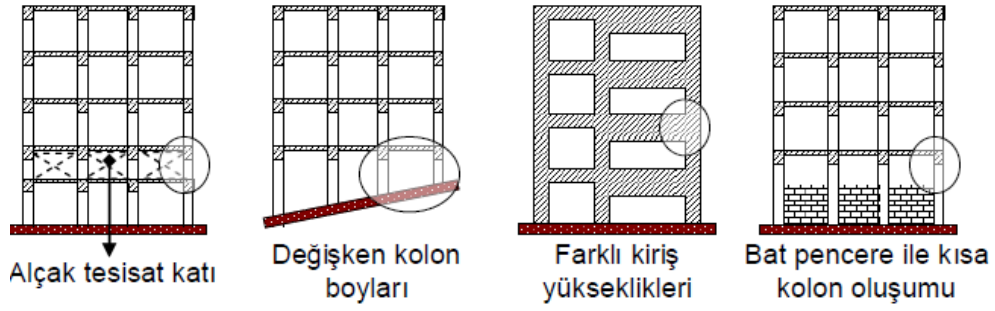
Bir yapı kütlelerinde, kütleler arasında farklı döşeme düzeyleri bulunmaktaysa rijitsizlik düzensizliği oluşmaktadır. Yapıda farklı düzeylerdeki döşeme ve kirişler aynı aksdaki kolon elemanı ile bağlantı kurmaktaysa diğer kolon elemanlarına nazaran daha yüksek bir rijitlik kapasitesi bulunmaktadır. Bu kolonlar kısa kolon etkisi yaratmaktadırlar (Hünük,2006) (Şekil 5.20). Yaklaşık olarak bir kolonun rijitliği uzunluğunun küpü civarındadır. Dolayısıyla, kısa kolon 2 kat rijitlik yerine  $2^3$  kat daha rijitlik gösterirken uzun kolonun 8 katı kadar yanal yükü karşılayacaktır. Bu yüzden gerilme kısa kolon üzerinde yoğunluk göstermektedir (Arnold,2006).



**Şekil 5. 20:** Kısa Kolon Oluşumu (Demirbaş,2008), Ortak Kolona Bağlanan Farklı Düzeydeki Kirişler Oluşumu ve Kısa Kolon Davranışı (Hünük,2006)

Kısa kolon düzensizliği için alınabilecek önlemler;

- Kısa kolonun bulunduğu aks ile komşu uzun kolon aksı rijit bir duvar ile doldurulabilir, bu uygulama inşaat mühendislerinin hesaplamaları doğrultusunda uygulanmalıdır (Arnold,2006).
- Tasarım aşamasında dikkat edilmesi gerekenler; tesisat katları, bant pencereler, farklı kiriş yükseklikleri gibi farklı kolon boylarına sebep olabilecek unsurlardır (Özen,2018).



Şekil 5. 21: Kısa Kolon Oluşumuna Örnekler (Demirbaş,2008)

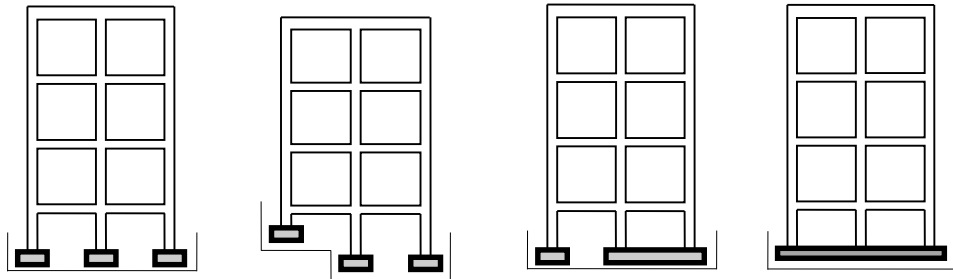
### **Temel Düzensizlikleri**

Temeldeki düzensizlikler; kot farkı, karma temel uygulamaları ve bağıntısız tekil temel uygulamalarından kaynaklanmaktadır.

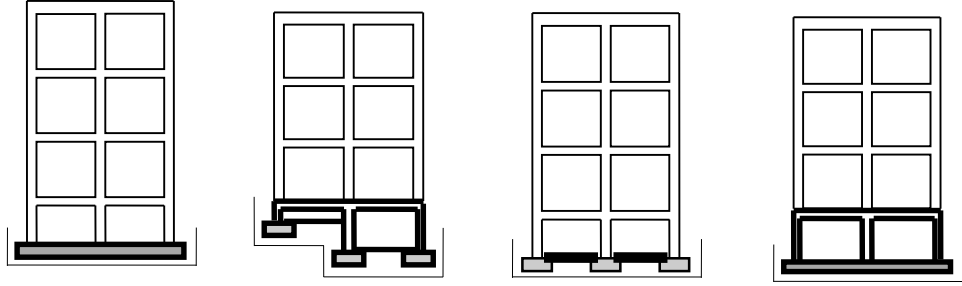
**Temeller arasında kot farkı varsa**, düzgün bir bağlantı sağlanamaz. Dolayısıyla deprem yükleri altında bütüncül davranış sergileyemezler ve rijitlik düzeyleri azalır. Buna ek olarak temelde kısa kolon davranışı meydana gelmektedir. Arazi koşulları ve yapının boyutları kademelenmeyi gerektirmekte ise; yapı deprem derzleri ile ayrılmalıdır (Topçu,2017).

**Bağıntısız tekil temellerde**; deprem esnasında yapının bütüncül davranabilmesi için temel pabuçlarının rijit bağlantı kurması gerekmektedir. Bu durum aynı zamanda deprem bölgelerinde oturma problemine yol açmaktadır. Bunun için; radye temel veya sürekli temel uygulamaları gibi bütüncül karşı duruş sergileyebilecek temeller tercih edilmelidir (Gökçe,2002).

**Karma temel uygulamaları**; diğer temel düzensizlikleri gibi bütüncül çalışma prensibini bozduğu için düzensizlik yaratmaktadır. Yani; yapıda iki farklı türde temel uygulaması, farklı gerilmelere, rijitlik düzeylerine ve oturmalarına sebep olmaktadır. Bu da deprem karşısında dayanımı azaltmaktadır. Bu yüzden tek ve rijit bağlantılı bir temel uygulaması tercih edilmelidir (Topçu,2017).



**Şekil 5. 22:** Temel Düzensizlikleri; Bağıntısız Tekil Temel, Temeller Arası Kot Farkı, Farklı Ve Simetrik Olmayan Temeller, Yeterli Olmayan Temel Yüksekliği (Cumhur,2015)

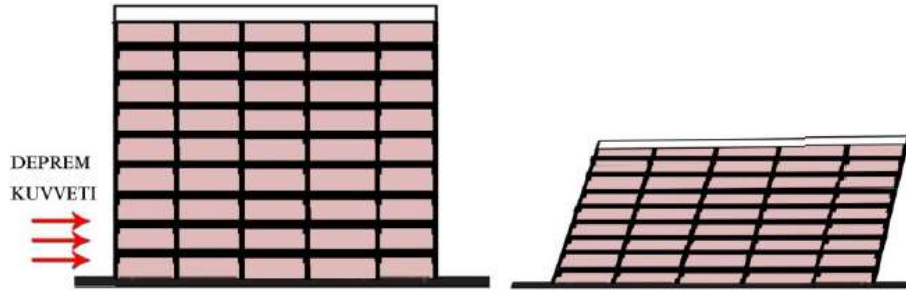


**Şekil 5. 23:** Rijit Temel Düzenlemeleri; Sürekli Ya da Plak Temel Uygulamaları, Perde Duvarlar ile Bodrum ve Çevresinin Rijit Farklı Kotta Temel Uygulaması, Güçlü Bağ Kiriş Uygulamaları, Rijit Bodrum Kat Uygulamaları (Cumhur,2015)

### **Kolon-kiriş ve Birleşim Düzensizlikleri**

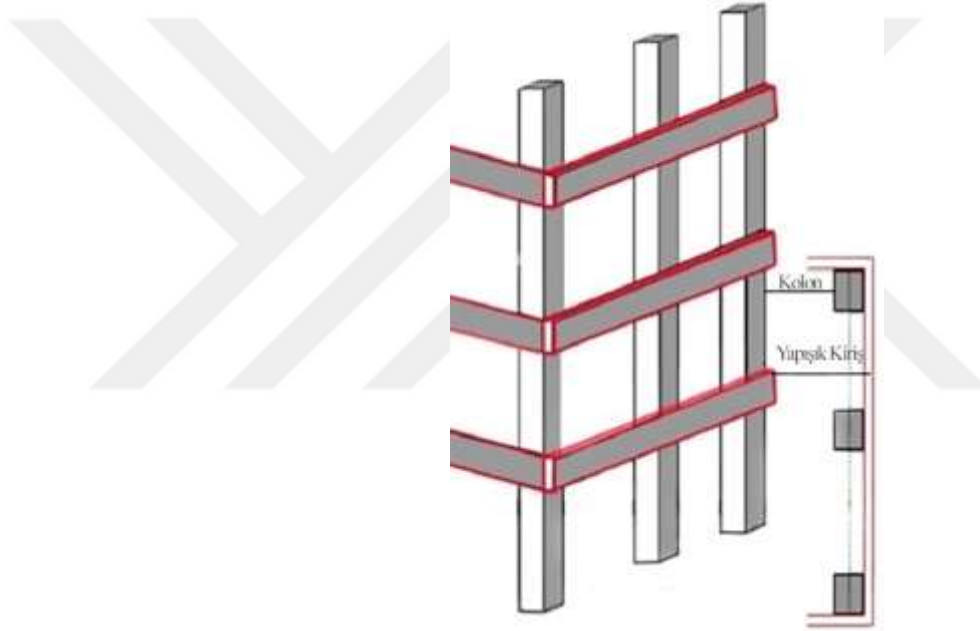
Bu düzensizlikler; kuvvetli kiriş- zayıf kolon, saplama kiriş, yapışık kiriş ve kirişsiz döşeme uygulamaları şeklindedir.

**Kuvvetli kiriş-zayıf kolon;** kolonların kirişler kadar rijit olmaması durumudur. Bu durum normalde düşey yük iletimini sağlayan kolonların deprem anında diğer yönlerden gelecek yüklere karşı koyma davranışını tetikler ve zarar görmesine sebep olur. Sonuç olarak; şiddetli bir yanal yük ile karşı karşıya kalındığında kirişler kolonlara darbe uygulayarak kolon düğüm noktalarında kırılmalara sebep olur ve kolonlar yana yatarak yapının yıkımı gerçekleşir (Özen,2018; Gökçe,2002). Bu duruma karşı; derin kiriş uygulaması varsa kirişlerin kolonlardan izole edilmesi ile önlem alınabilir (Arnold,2001).



**Şekil 5. 24:** Kuvvetli Kiriş-Zayıf Kolon Etkisi (Özen,2018)

**Yapışık Kiriş Düzensizliği;** kirişlerin kolonlara oturtulmadan dış cephe üzerinde yapışık biçimde uygulanması durumudur. Bu durum kolon ve kiriş akslarında doğrudan bağlantı sağlanamadığı için dış merkezlik oluşumuna sebep olur. Kirişler bu şekilde uygulandığında, döşemeden gelen yükleri kolonlara aktaramaz niteliğe gelirler (Özen,2018). Bu sebeple; ek moment oluşumu, mesnet fonksiyonu olan diğer kirişlerde aşırı kesme ve burulma oluşumları, bu kirişler üzerinde örülen duvarlarda yanal devrilme riski ve yumuşak kat oluşumunun tetiklenmesi meydana gelmektedir. Mimari açıdan iç mekanda kiriş sarkması istenmediği durumda yapışık kiriş düzensizliğine karşı; geniş kiriş uygulamasının kolonlara oturtulması, kolonlara oturtulan dişli kirişler üzerine duvar örülmesi gibi tercihler ile önlem alınabilir (Topçu,2017).

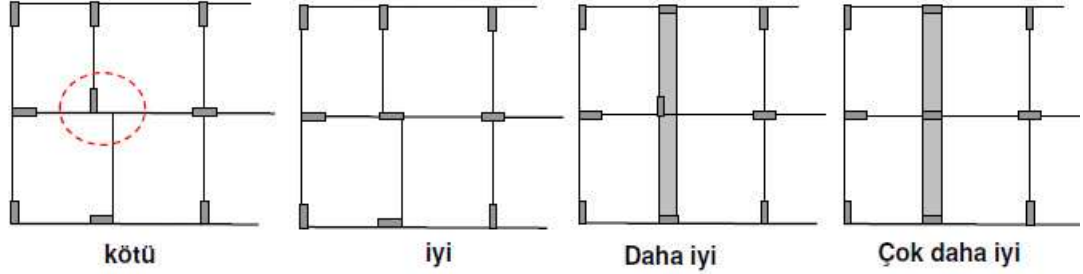


**Şekil 5. 25:** Yapışık Kiriş (Özen,2018)

**Saplama Kiriş Düzensizliği;**

Kirişlerin, kolon elemanları ile doğrudan bağlantısı bulunmadığı ya da iki ucunun bağıntısız bir ucunun kiriş ile mesnetlenmesi durumunda oluşan düzensizliktir (Özen,2018). İki yöndeki kiriş birleşiminin doğrudan kolona yük aktarımı, saplama kirişte bir diğer kirişe yükü aktarımı ile dolaylı aktarımın oluşmasına neden olur. Bu yüzden yükü taşıyan kirişlerde; moment ve kesme değeri yükselir, burulma etkisi artar, büyük sehim meydana gelir, yanal yüklere karşı dayanım azalır. Bu duruma karşı; saplamayı taşıyan kirişin etriye sıklığının artırılması, askı çubukları ile saplama ve taşıyan kiriş arasında bağlantı kurulması, kolon eklenmesi gibi önlemler alınabilir.

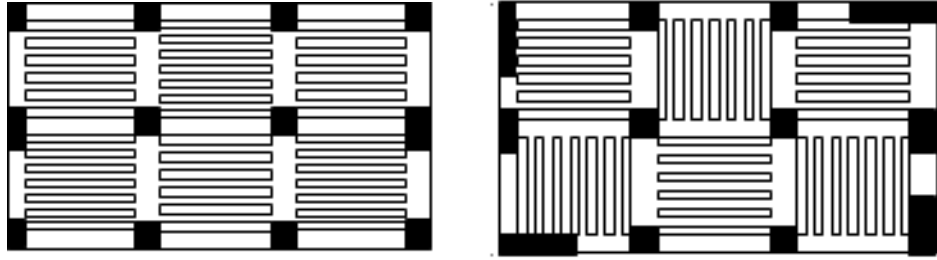
Eğer kolon yakınında saplama kiriş uygulaması bulunmaktaysa, kesme ve burulma etkileri normal saplama kirişten daha fazla görülmektedir. Buna karşı; kolonda yön değiştirme(burulma riski var), yastık kiriş kullanma, perde eleman kullanımı(kolon yerine) ile önlem alınabilir (Topçu,2017) (Şekil 5.26).



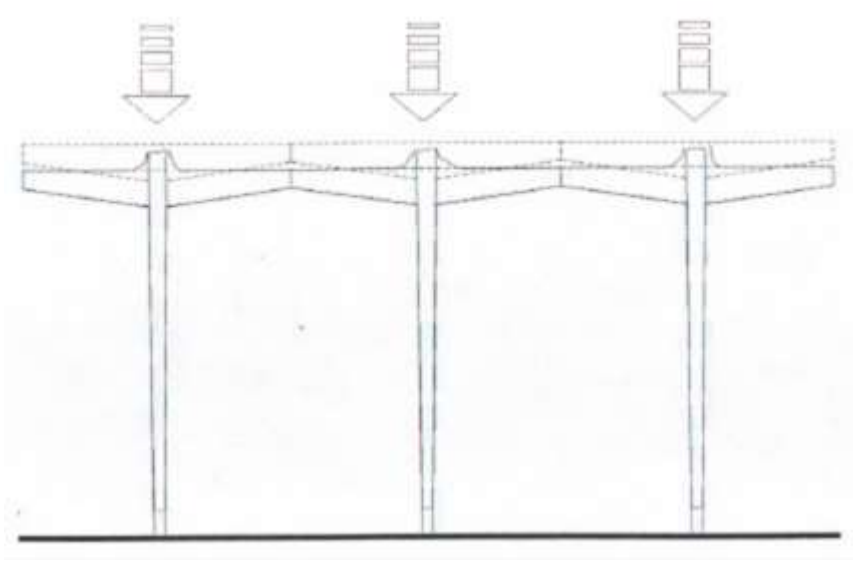
Şekil 5. 26: Saplama Kiriş ve Rijitleştirilmesi (Topçu,2017)

### **Kirişsiz Döşeme Düzensizliği**

Kirişsiz döşeme uygulamalarında zımbalama etkisi meydana gelebilmektedir. Yani; döşemenin kolon ile bağlantı kurduğu noktalardan delinmesi durumudur (Gökçe,2002). Ayrıca asmolen, mantar gibi kirişsiz döşeme kullanımlarında yapının rijitliği azalır ve yanal ötelenme hareketine yatkınlık artar. Kirişsiz döşeme kullanımı gerektiğinde düzensizlik durumuna karşı; perde duvar kullanımı uygulanmalıdır ve asmolen döşeme kullanımında tek doğrultulu elemanlar çift doğrultuda şaşırtmalı olarak kullanılmalıdır (Cumhur,2015).



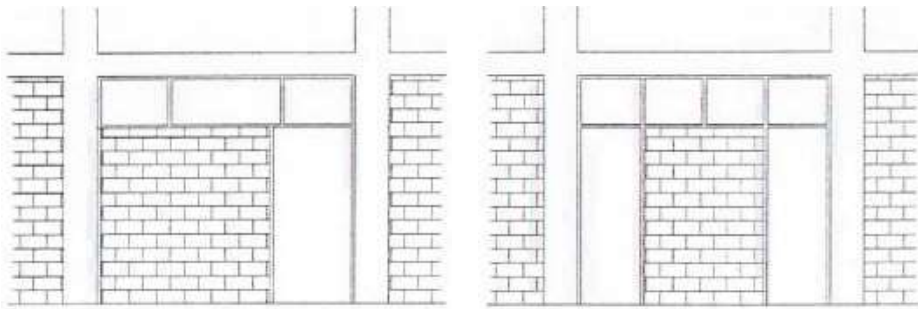
Şekil 5. 27: Yanlış Asmolen Yerleşimi, Yeterli Sayıda Perde ve Çift Yönlü Asmolen Yerleşimi(Uygun) (Cumhur,2015)



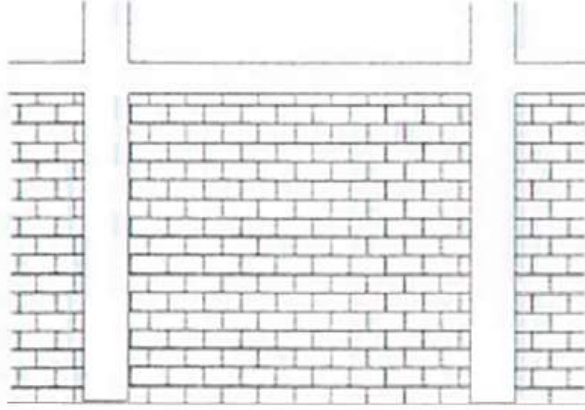
Şekil 5. 28: Kirişsiz Döşeme Zımbalama Etkisi (Gökçe,2002)

### **Bölme-Dolgu Duvar Düzensizlikleri**

Taş ya da dolu tuğla duvar gibi dayanımı yüksek malzemelerden yapılmış olan duvarlar bölme duvarlar olsalar da belirli bir düzeye kadar yanal yüklere karşı dayanım sağlamaktadırlar. Ayrıca herhangi bir deprem anında ilk hasar görülen noktalar buralarda olmaktadır. Yani yapının yanal yüklere karşı dayanımında etkin rol oynamaktadırlar. Tasarımında dikkat edilmesi gerekenler; simetrik ve belirli bir aks üzerinde örülmeleri, yapı içerisinde konum olarak genel yapı simetriğini bozacak kurguya sahip olmamaları gerekmektedir. Ayrıca boşluklu bölme duvarlara göre dolu ve dayanıklı malzemeden yapılmış bölme duvarların rijitlik düzeyinin daha fazla olduğu bilinmelidir. Uygun tasarlanmayan bölme duvarlarda kayma-devrilme yaşanabilir. Bu duruma; betonarme çerçeveye tüm kenarların oturmadığı bölme duvar örnek olarak verilebilir (Gökçe,2002).



Şekil 5. 29: Riskli Yerleşimler (Gökçe,2002)



Şekil 5. 30: Uygun Yerleşim (Gökçe,2002)

### 5.3.2 Yapı Sağlığı İzleme Sistemi

Yüksek binalar diğer yapılara göre daha fazla insan kapasitesi ve daha büyük ekonomik etkilere sahiptirler. Bu yüzden deprem bölgesinde bulunan yüksek yapıların depremden etkilenebilirliğini azaltmak adına, yapının ne kadar güvenli olduğunun belirlenmesi gerekmektedir (Kaynardağ ve Soyöz,2014). Yanal yükler altındaki yapı davranışları; analitik model ya da sarsma masaları ve maket yapılar aracılığı ile incelenip belirlenmektedir. Fakat bu yöntemlerde ki en büyük eksiklikler; yapı-zemin etkileşiminden doğan davranışların belirlenememesi ve model-ölçek hatasının var olabilmesidir. Bu durum sonucu, yapısal sağlık izleme sistemi geliştirilmiştir (Şafak,2007). Son yıllarda sağlık izleme sistemi ile ilgili yapılan araştırmalara bakıldığında bu alanda çok çeşitli çalışmalar olduğu göze çarpmaktadır. Hamdan'ın bu konu üzerinde akustik emisyon, ultrasonik-termal görüntüleme vb. sağlık izleme sistemlerine değindiği ve sağlık izleme sistemi ile tahribatsız muayene yöntemlerini kıyasladığı bir çalışması bulunmaktadır (Hamdan vd., 2019). Ozer ve Feng'in akıllı ve mobil sensör sistemlerinin sağlık izleme sisteminin gelişimini nasıl etkilediği ve akıllı telefonların sağlık izleme sistemi teknolojilerinin alt yapısını oluşturmasını bir süreç olarak ele aldığı bir araştırma bulunmaktadır (Ozer ve Feng,2020). Hasar tespiti ve sivil güvenlik için yapısal öğelerin izlenmesi adına mühendislik dalları üzerinde yapılan araştırmalara örnek olarak; Ou ve Li'nin Çin'deki çeşitli yapısal öğeler üzerinde uygulanan son teknoloji sağlık izleme sistemlerini tanıttığı bir çalışma, Vardanega, Webb, Fidler ve Middleton'un köprüler üzerinde uygulanan sağlık izleme sistemleri üzerinde yapılan çalışma, Temur'un Golden Horn Metro Köprüsü'nün

sağlık izleme ile izlenmesi hakkındaki tezi, Wong ve Ni'nin Hong Kong'da bulunan kablo destekli köprü yapılarının sağlık izleme sistemi üzerine yaptığı çalışma örnek verilebilir (Ou ve Li,2009; Vardanega vd.,2016; Temur,2019; Wong ve Ni,2009). Havacılık yapıları üzerinde sağlık izleme sisteminin incelenmesine Derriso, McCurry ve Kabban'ın çalışması örnek verilebilir (Derriso, McCurry ve Schubert Kabban,2016).Yapılan araştırmaların mühendislik dalları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Fakat yapıların hasar tespiti ve sivil toplumun güvenliği açısından izlenmesi mimarlarında bilgi sahibi olması gereken bir konudur. Nasıl yerleştirilmesi gerektiği, yönetmelik koşulları ve çalışma mantığı bir mimarın temel düzeyde bu hakkındaki edinmesi gereken bilgiler olarak sıralanabilir. Bu yüzden tezin bu bölümünde bu konular sunulacaktır.

Sağlık izleme sistemi; yapıya yerleştirilen veri toplama sistemleri ve ivmeölçerler aracılığı ile uygulanmaktadır. Bu sayede; depremden önce, deprem anında ve deprem sonrasında yapının performansının uzaktan incelenebilmesine olanak verir. Bu veriler sonucunda; yapının periyodu, sönümlenme katsayısı gibi dinamik özellikleri değerlendirilerek yapının tasarım ve uygulama öncesinde belirlenen verileri ile deprem sonrasındaki hasar durumu kıyaslanarak kontrol sağlanır (Aytulun ve Soyoz,2020). Bu sistem uygulanmazsa hasar değerlendirmesi, mühendisler tarafından detaylı incelemelerle uzun süreçlerle yapılabilmektedir. Bu da yapı sahiplerine büyük maddi zararlara yol açabilmektedir. Buna karşı daha hızlı ve doğru değerlendirme sağlanması için sağlık izleme sistemi uygulanmalıdır (Şafak ve Hudnut,2006).

Sağlık izleme sisteminin amaçları;

- Yapıda oluşan hasarların tespit edilmesi,
- Yapının dinamik özelliklerinin belirlenmesi,
- Kaydedilmiş veriler doğrultusunda ayarlanmış analitik modellerin geliştirilmesi,
- Tasarım ve analiz yöntemlerindeki kabullerin denetlenmesi,
- Yönetmeliklerin geliştirilmesi,
- Yapı güçlendirme tekniklerinin geliştirilmesi,
- Herhangi bir aşırı yanal yük altındaki yapı davranışının belirlenmesi,
- Anlık olarak hasarların ve kayıpların haritalanması,



gibi maddelenebilir (Şafak, Çaktı ve Kaya 2010).

Sağlık izleme sistemi gibi yapının dinamiğinin belirlenmesinde; periyot, yapı-zemin etkileşimi, burulma titreşimleri, modal frekans, sönüm oranı, katlar arası öteleme oranı ve mod şekillerinin incelenmesini sağlamada modal analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Modal analiz; etki-tepki ve operasyonel modal analiz(sadece tepkinin incelendiği) olarak ikiye ayrılmaktadır. Etki-tepki modal analiz yöntemi yapı sağlık izleme açısından; ekonomik olmayışı ve riskli olmasından günümüzde pek tercih edilmemektedir. Bu yüzden yapı izlemede genel olarak operasyonel modal analiz yöntemi kullanılmaktadır (Dinçer, Aydın ve Gencer,2015a).

### **Sistemde Kullanılması Gereken Ekipmanlar ve Uygulamalar**

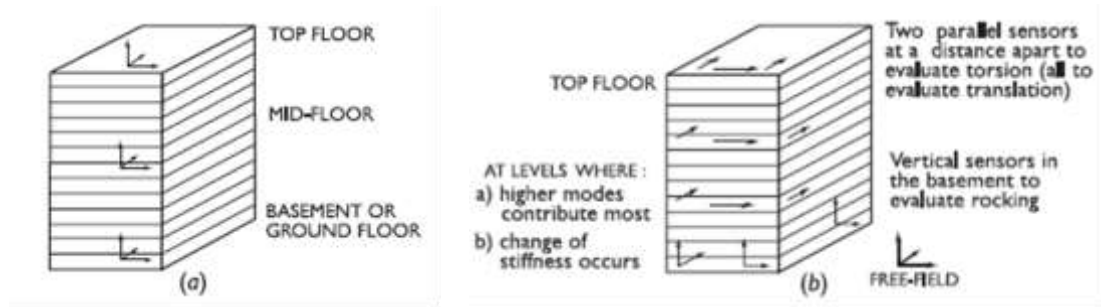
- İvme ölçerler
  - Statik sensörler(çevresel veri sensörleri, çatlak ölçer, birim deformasyon ölçer gibi(gerekirse))
  - Sayısallaştırıcılar(Veri Toplama Sistemi, Data Logger)
  - Analog sensör kabloları(gerekirse)
  - 24 Saat bilgisayar destekli izleme için ağ cihazları
  - Gerçek zamanlı izleme-kayıt-analiz için yazılım programları
- (Dinçer, Aydın ve Gencer,2015b).

### **İzleme Sürecinde Yapılması Gerekenler**

- Gerçek zamanlı izleme-analiz
- Depremden önceki ve sonraki verilerin değerlendirilmesi
- Periyodik raporlama
- Teşhis ve karar
- Eşik aşımında alarmlar ile uyarı (Dinçer ve Aydın,2019).

Sağlık izleme sisteminde ekipmanların niteliği, sayısı ve konumlanması analizin doğruluğunu belirlemektedir. Eski bir ekipman yerleştirme örneği olarak Amerika'da uygulanan Uniform Building Code'a(UBC) göre 3 ve 4'üncü derecedeki deprem bölgelerinde bulunan 60.000 fit metrekare ve üzeri altı kata kadar olan yapılarda üç eksenli minimum 3 ivmeölçer yerleştirilmesi gerekmektedir. Fakat geçmişte edinilen deprem deneyimleri bu yerleşimin ve sayının yeterli olmadığını göstermektedir. Geliştirilmiş bir yerleşim örneğine göre; zemin için iki öteleme ve burulma hareketi için, yüksek yapıların üst noktalarında iki çevirme ve burulma hareketi için ivmeölçerler olarak minimum 12 adet ivmeölçer gereklidir. Ayrıca,

salınım ölçümlerinin izlenmesi gerekirse bodrum kat seviyesinde en az üç dikey ivme ölçer yerleştirilmesi gereklidir (Çelebi,2002) (Şekil 5.31).



**Şekil 5. 31:** UBC'nin Sensör Yerleşim Önerisi, Geliştirilmiş İdeal Yerleşim Örneği (Çelebi,2002)

Sensör yerleşiminin doğru yapılması için izlenecek değişkenler; yanal(x ve y) yönlerindeki öteleme modları, düşeydeki burulma modları, katlar arası öteleme oranları, kat yer değiştirmeleri, tepe yer değiştirmeleri, (x ve y'de) temel çevresindeki yapı dönmeleri, yapı-zemin etkileşimleri, sismik izolatör performansı şeklinde sıralanabilir (Dinçer, Aydın ve Gencer,2015b). Yani sensörlerin sayı ve yerleşimleri ölçülmesi gereken hareketin 2 veya 3 boyutlu olmasına bağlıdır. Yeterli sensör sayısının ve konumunun tespiti için; düzlemsel ve uzaysal olarak oluşan yer değişimlerinin koordinat dönüşümleri denklemleri yazılarak karara varılabilir. Örneğin bu durum iki boyutlu hareket için; iki öteleme ve bir dönme ile belirlenebilirken, üç boyutlu bir hareket için; üç öteleme ve üç dönme ile belirlenmektedir. Dolayısıyla rijit bir yapı için düşünüldüğünde bu belirlenen sayılar ile orantılı olarak sensör sayısına karar verilmelidir. 2 boyutta 3 ölçüm için dikkat edilmesi gereken hususlar; paralel olunmaması, tek bir nokta üzerinde kesişmemesi, minimum iki farklı noktada yapılması şeklinde sıralanabilir. 3 boyutta 6 ölçüm için dikkat edilmesi gerekenler; paralel olunmaması, tek bir nokta üzerinde kesişmemesi, ölçüm noktalarının bir doğru üzerinde bulunmaması, minimum üç farklı noktada yapılması şeklinde ifade edilebilir. Bu değerlendirmeler rijit kütleler için geçerli olup, yüksek bir yapının esnek olduğu dikkate alınmalıdır. Yani, yüksek bir yapı da döseme elemanlar rijit olarak ele alınıp 2 boyutta yapılan ölçümler ile analiz edilebilir (Şafak,2007).

Genel olarak sensör yerleşimde dikkat edilmesi gereken faktörler;

- Çatı katında oluşan yer değiştirmeler yüksek dereceli modlara sebep olabildiği için bu alana sensör yerleştirilmelidir.

- Zemin ya da bodrum alanına (temel üzeri) z eksenine sahip, x ve y’de ki dönme hareketlerinin izleyen 3 farklı konumda sensör yerleşimi yapılmalıdır.
- Yapıda rijitlik ve kütle değişiminin olduğu (ara katlar gibi) yerlere sensör konulmalıdır.
- Tahminen yapıda serbest titreşim modlarının max olabileceği yerlere sensör yerleşimi konulmalıdır.
- Herhangi bir sarsıntı anında yapı ve zemindeki etkileşimini tespit edebilmek için yapının çevresinde üç eksenli sensör yerleşimi uygulanmalıdır.
- Sismik izolatör kullanımı varsa takip ve performans ölçümü için izolatör hemen üzeri ya da aşağısına sensör yerleşimi yapılmalıdır.
- Bunlara ek olarak sensörlerin konumlandırıldığı katlarda; x ve y yönünde ölçüme olanak veren konumlanma ve burulma hesabı için aynı yönde iki farklı noktada sensör konumlanması yapılmalıdır. Özetle x-y’deki yer değiştirmeler ve burulma hesabı için sensör yerleşimi olan katlarda; tek eksenli bir sensör ve çift eksenli bir sensör ile uygun yerleşim sağlanabilir (Dinçer, Aydın ve Gencer,2015a; Şafak,2007).

TBDY 2018’e göre sağlık izleme sistemi; deprem tasarım sınıfı 2a,2,1a,1 ve bina toplam yüksekliği 105m den büyük olan yapılar için kurulmalıdır. AFAD ve yapı sahibinin gerçek zamanlı izlemesi ve bakanlık onaylı yönergeye (YSİSUY) göre uygun sistem kurulumu sağlanmalıdır. Ayrıca yapının sahibi ya da sahipleri sistemin bakımından sorumludur (TBDY,2018).

### **YSİSUY ‘e Göre İvme Ölçer Sayısı Ve Yerleşimi**

**Tablo 5. 9:** Asgari İvmeölçer Adedi (YSİSUY,2020)

Yapı Yüksekliği(Zemin Seviyesi Üzeri)	105-155 m	Asgari Sayısı	Kanal	16
	156-205 m			24
	>205 m			32

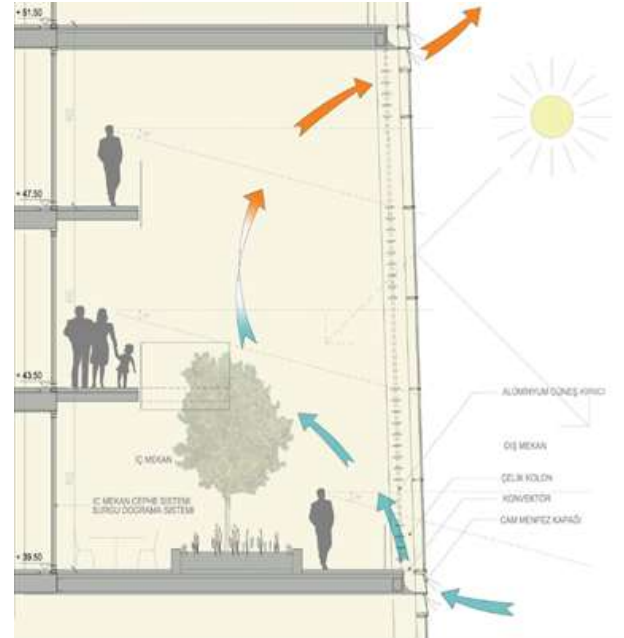


## 5.4 İSTANBUL'DAN 5 YÜKSEK YAPI ÖRNEĞİ

### 5.4.1 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Sapphire Tower Üzerinden İncelenmesi

Tablo 5. 10: Sapphire Tower-Proje Künyesi (Sağlam,2016)

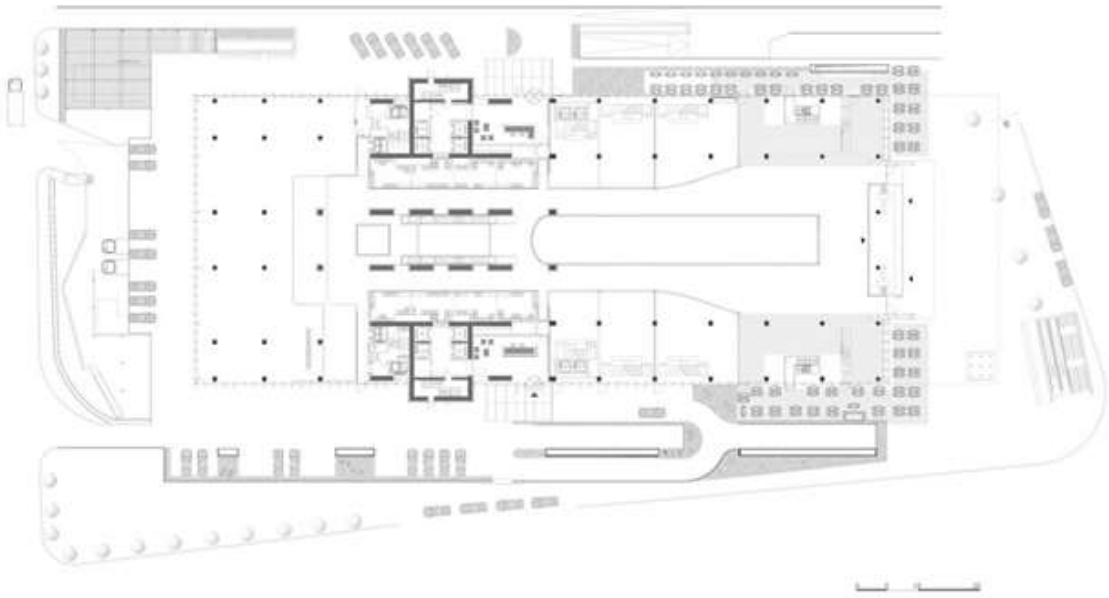
<b>Firma/Mimar</b>	Tabanlıoğlu Mimarlık
<b>Statik Firması/Mühendisi</b>	Balkar Mühendislik
<b>Konum</b>	İstanbul-Levent
<b>Yapının Yüksekliği</b>	261m
<b>Kat Sayısı</b>	64
<b>İşlevi</b>	Konut+AVM
<b>Taşıyıcı Sistemi</b>	Çekirdek + Çerçeve Sistem
<b>Çerçeve Sistem Malzemesi</b>	Betonarme + Çelik
<b>Yapı Temeli</b>	Radye Temel
<b>Döşeme Türü</b>	Kaset
<b>Döşeme Hareketli Yüğü</b>	350kg/m <sup>2</sup>
<b>Tasarım Rüzgar Hızı</b>	80km/sa
<b>Doğal Periyodu</b>	6.20-6.50
<b>Tasarımın Sönümü</b>	% 5
<b>Deprem Katsayısı</b>	0.40
<b>Zemin Türü + Taşıma Kapasitesi</b>	Kil taşı ve Kum Taşı, 10kg/cm <sup>2</sup>
<b>Proje Uygulama Tarihi</b>	2006-2010
<b>Tabi Tutulduğu Yönetmelik</b>	1998 Deprem Yönetmeliği



Şekil 5. 33: Sapphire Tower (url-69), Yapıdaki Doğal Havalandırma Şeması (url-70)

2006-2010 yılları arasında yapılmış olan Sapphire Tower, 11.339 m<sup>2</sup> lik bir arsa üzerinde 165.000 m<sup>2</sup> lik toplam inşaat alanına sahiptir. Karma işleve sahip olan yapıda işlev yoğunluğu; %56 konut, %23 otopark, %21 AVM şeklindedir (Akgün,2010). Bu yapı aynı zamanda çevre dostu bir yapı olarak tasarlanmıştır. Yapıda doğal havalandırma menfezler ve teknik donanım ile sağlanmakta olup iç cephe ve dış cephe arasında her üç katta bir konumlanan tampon alanlarda bir takım iklimlendirme alanları bulunmaktadır. Bu iklimlendirme alanlarında yeşil alan kullanımı mevcuttur (url-70).

Strüktürel olarak yapı betonarme karkastan oluşmakta olup bodrum katta konumlanan perde duvarları sayesinde yanal yüklere dayanımını arttırmaktadır. Yapıda bulunan çekirdekler orta eksen ve simetrik olarak burkulmayı önleyecek şekilde konumlandırılmışlardır. Yapıda yapılmış olan deprem analizinde 2. dereceden deprem bölgesinde konumlanmasına rağmen 1.dereceden deprem bölgesinde gibi hesaplama yapılmıştır. Buna göre; yapıda 0,4839m x yönünde, 0,4037m y yönünde maximum deplasman oluşması hesaplanmıştır (Sağlam,2016). Yapıdaki sönüm yüzdesi %5 olarak ortaya konmuştur. Sapphire Tower'ın yüksek yapı sönüm kapasiteleri üzerinde yapılan genellemeler sonucu, genellemenin üzerinde bir sönüm kapasitesi ve dinamik performansı olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 5.34: Sapphire Tower Avm Zemin Kat Planı (url-70)



Şekil 5. 35: Konut-Lobby Planı, Konut Plan Örneği (url-70)



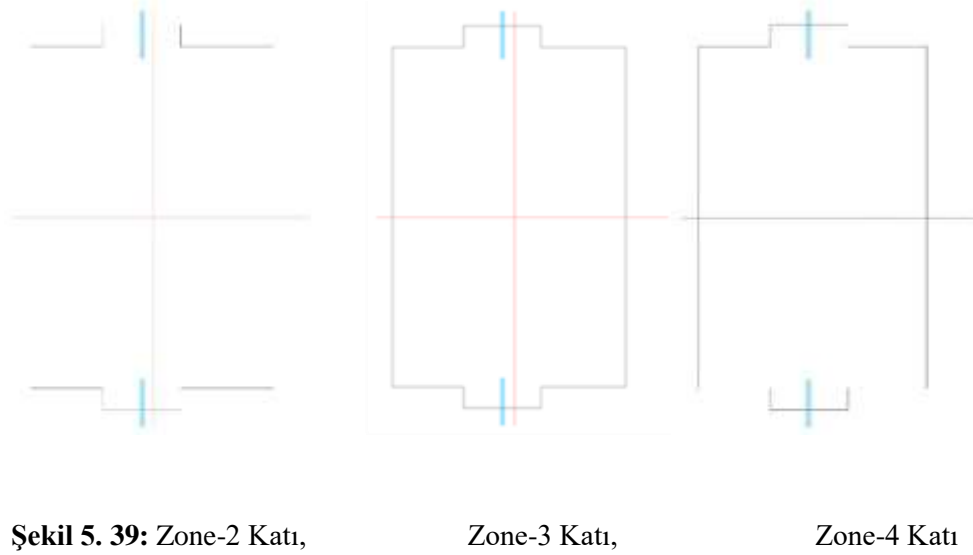
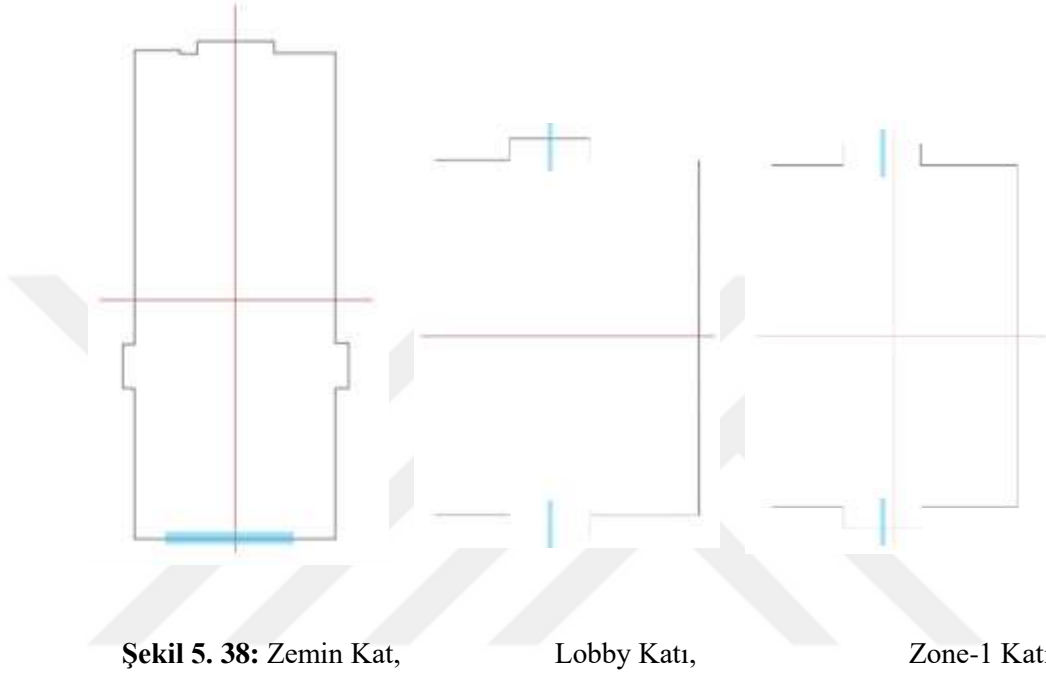
Şekil 5. 36: Levent- Beşiktaş –Şişli Deprem Haritasındaki Konumları (url-71)



Şekil 5. 37: Örnek Yapı İncelemelerinin Lejantı

### **Burulma Düzensizliği-Planda Simetri**

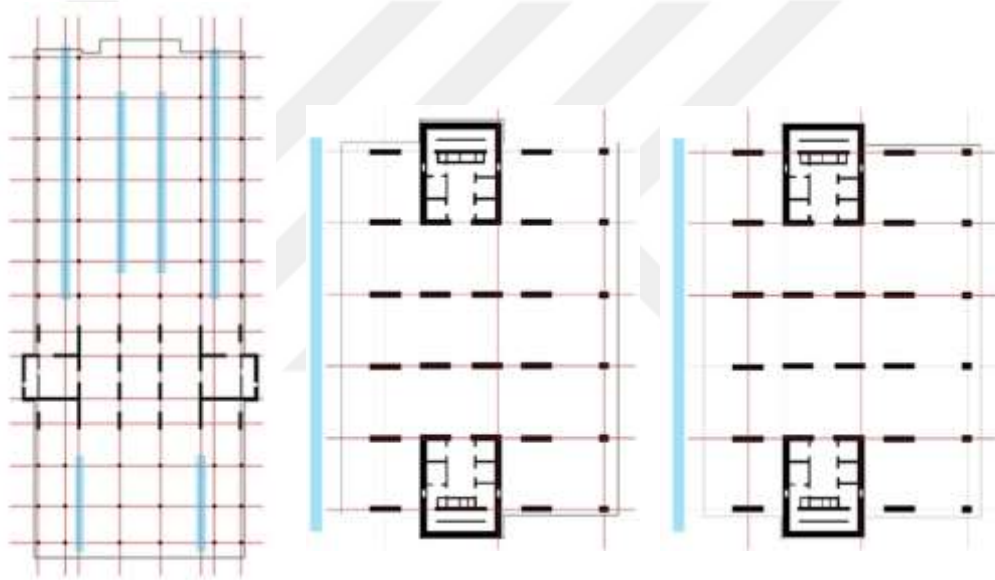
Zemin kat planında çekirdeklerin bulunduğu çıkımlar geometrik açıdan tam orta aksta bulunmamaktadır. Ayrıca planın sağ cephesindeki çıkma sol cephesinde bulunmamaktadır. Konut Lobby kat ve diğer Zone'lerdeki kat planlarında çekirdekler yapı geometrisinin orta akslarında konumlanmamaktadırlar.





### **Burulma Düzensizliği-Taşıyıcı Sistemde Simetri**

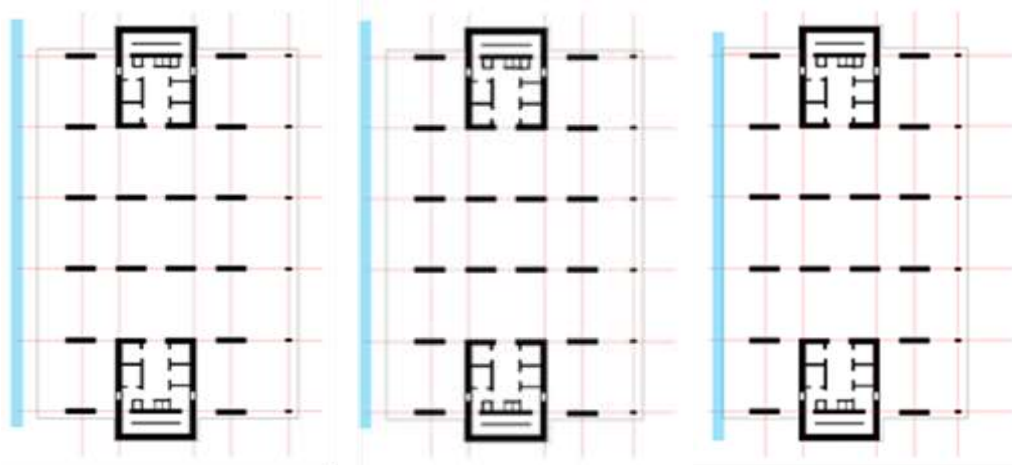
Avm işlevli zemin katta çekirdekler ve perdeler konum olarak simetriyi bozmaktadır. Ayrıca mavi renkte işaretlenmiş akslar taşıyıcı simetriğinin bozulduğu noktaları belirtmektedir. Konut Lobby katında taşıyıcı kurgusu içerisinde sistemin simetrik karşılığını bozacak bir eleman bulunmamaktadır. Ancak yapı dışarısında kalan mavi aks en sağdaki kolon aksının tam simetrisidir. Yani plan içerisinde tam karşılıkları bulunmamaktadır. Çekirdekler plan geometrisinde orta aksta yer almamaktadır. Zone-1-2-4'de çekirdek ve sağ kolon simetri bozan yerleşim kurgusu devam etmektedir. Bunlara ek olarak zemin kattaki çekirdek perdelerinin zone'larda farklı yerde boşaltmaya uğradığı görülmektedir.



Şekil 5. 40: Zemin Kat,

Lobby Katı,

Zone-1 Katı



Şekil 5. 41: Zone-2 Katı,

Zone-3 Katı,

Zone-4 Katı

### **Burulma Düzensizliği-Bölme Duvar Yoğunluğu**

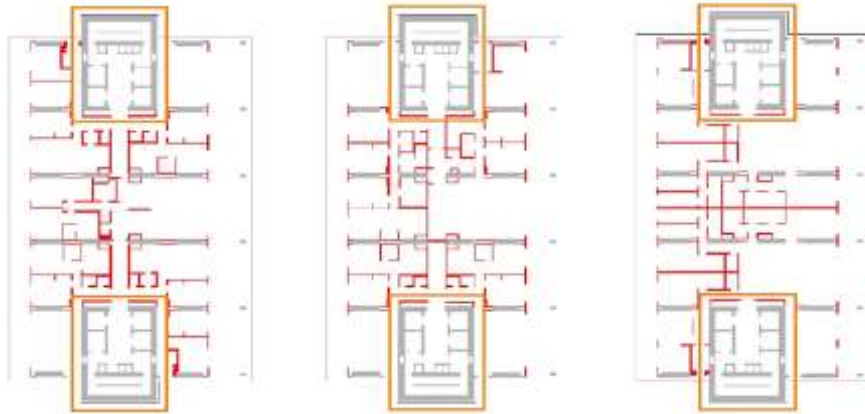
Yoğunluk işlevlere ve farklı konut planlarına göre değişmektedir. Avm işlevli zemin katta ve lobby katında şeffaflık daha yoğunken konutlarda yani üst katlarda bölme duvar yoğunluğu mahremiyetten ötürü artmıştır. Bu durum yapının ağırlık dengesi bakımından olumsuz bir durumdur. Lobby katında orta aksın sağ tarafındaki boşalma o kattaki dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek niteliktedir. Zone'larda büyük farklar bulunmamakla birlikte zone-2'de sol alt köşe ve sağ üst köşede yoğunluğun azaldığı görülmektedir. Ayrıca zone-4 de plan düzleminde sağ tarafa doğru yoğunluğun azalması da olumsuz bir durum olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 5. 42: Zemin Kat,

Lobby Katı,

Zone-1 Katı



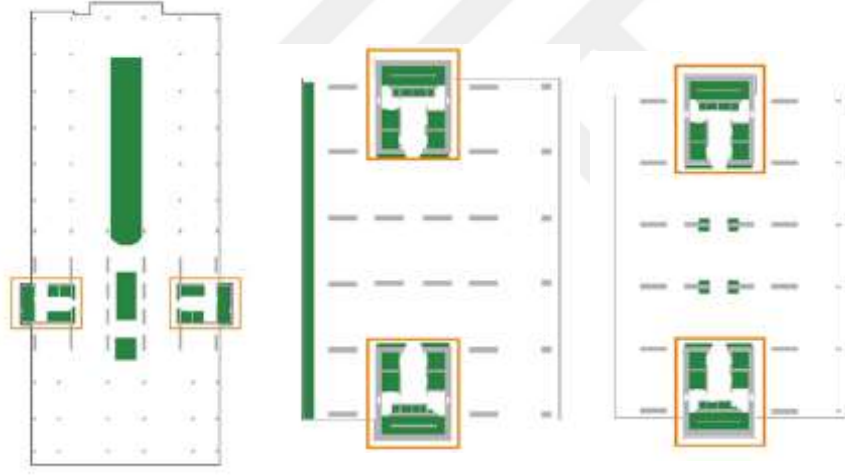
Şekil 5. 43: Zone-2 Katı,

Zone-3 Katı,

Zone-4 Katı

### **Döşeme Düzensizliği-Boşluk Oranı**

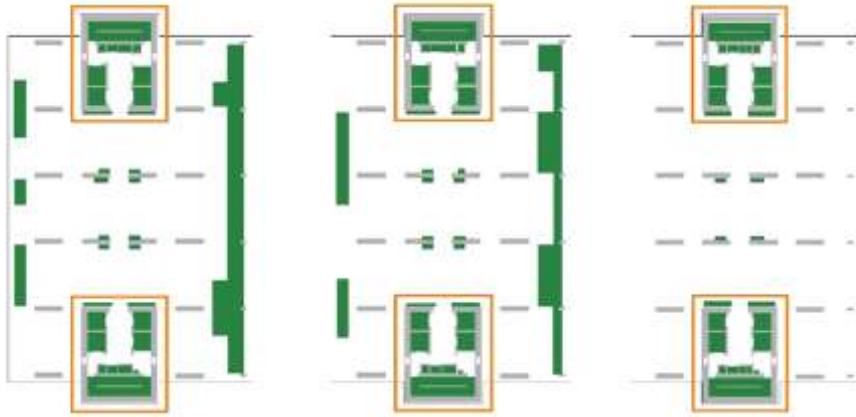
Yaklaşık olarak 3215m<sup>2</sup> civarındaki zemin katta 228m<sup>2</sup> boşluk vardır ve 1/3 oranını geçmeyerek yönetmeliğe uygun planlanmıştır. Yaklaşık olarak 1116m<sup>2</sup> civarındaki Lobby katında 64m<sup>2</sup> boşluk bulunarak yönetmelikteki 1/3 oran kuralına uyulmuştur. Yaklaşık olarak 1078m<sup>2</sup> civarındaki zone-1 kat planında 60 m<sup>2</sup> civarında boşluk bulunmaktadır. Yani yönetmelik gereğince 1/3 oranını geçmeyerek kurallara uygun düzenlenmiştir. Yaklaşık olarak 1060m<sup>2</sup> civarındaki Zone-2 katında 180 m<sup>2</sup> civarında boşluk bulunmaktadır. Yönetmelikteki 1/3 oranını geçmeyerek uygun düzenlenmiştir. Yaklaşık 1033m<sup>2</sup> olan zone-3 katındaki boşluk 120 m civarında olup 1/3 oranını geçmeyerek yönetmeliğe uygun tasarlanmıştır. Yaklaşık olarak 993 m<sup>2</sup> olan z-4 katında 60m<sup>2</sup> boşluk bulunmaktadır. 1/3 oranının geçmeyerek yönetmeliğe uygun tasarlanmıştır.



Şekil 5. 44: Zemin Kat,

Lobby Katı,

Zone-1 Katı



Şekil 5. 45: Zone-2 Katı,

Zone-3 Katı,

Zone-4 Katı

## **Döşeme Düzensizliği-Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Yük Aktarımını Bozacak Şekilde Boşluklar**

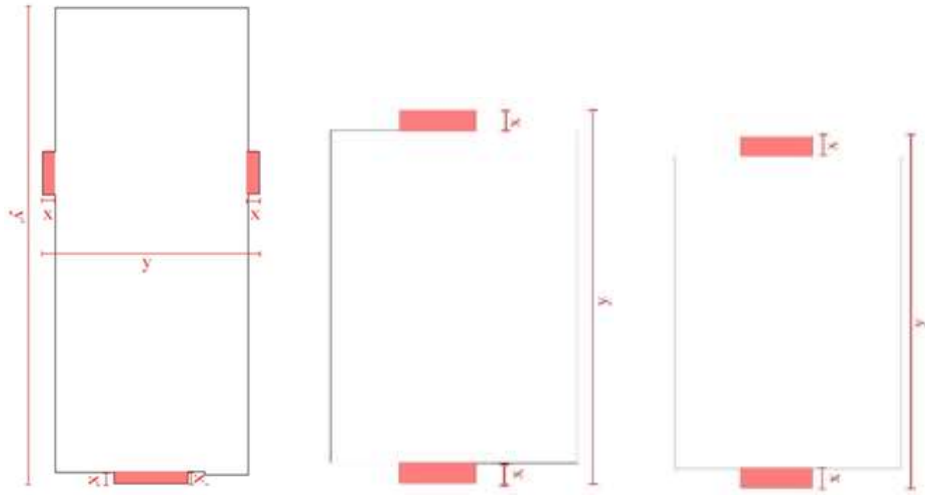
Avm kütleğinde zemin katta bulunan boşluktaki kolonların üst kata sürekliliği bulunmamaktadır. Bu durum taşıyıcı sistemde yük aktarımını bozabilecek bir unsurdur.



**Şekil 5. 46:** Kolonların Süreksizliği, Zemin Kattaki Boşluğun Kolonsuz Devam Ettiği Bölge

## **Cıkma Düzensizliği-Var Olan Cıkmaların Yönetmeliğe Uygunluğu**

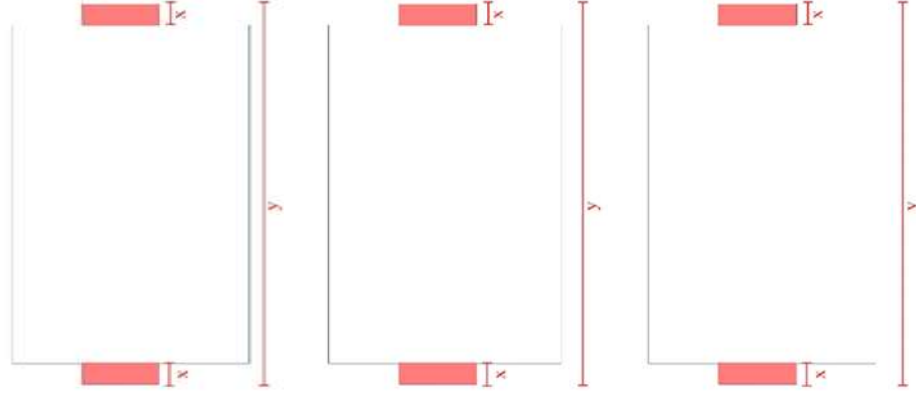
Tüm kat planlarında iki doğrultuda da  $x < 0.2y$  dir. Yani yönetmelikteki belirlenen çıkma oranına uygundur ve düzensizlik olarak tanımlanamaz.



**Şekil 5. 47:** Zemin Kat,

Lobby Katı,

Zone-1 Katı



Şekil 5. 48: Zone-2 Katı,

Zone-3 Katı,

Zone-4 Katı

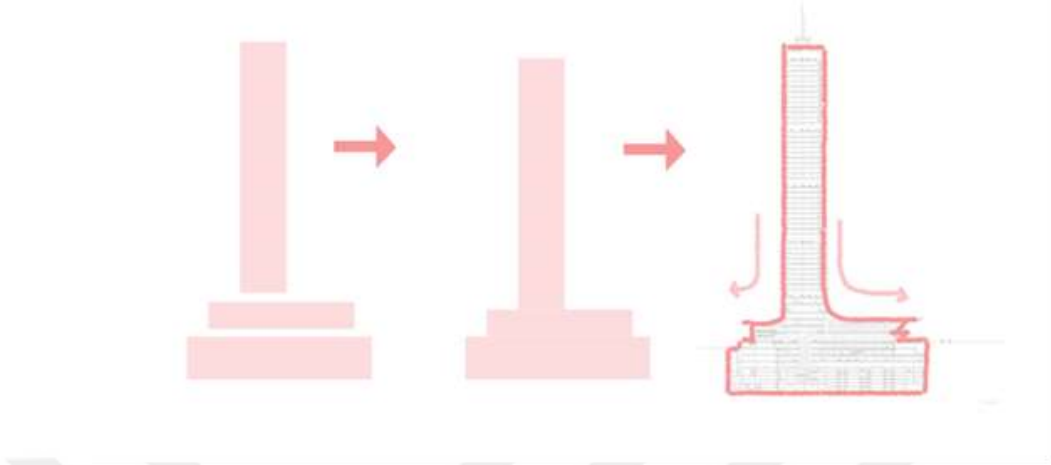
### **Zayıf Kat Düzensizliği-Zeminde Açıklık Olması**

Zemin kattaki şeffaflık ve doluluklar tüm yapı boyunca devam ettirilmiştir. Yani malzeme kullanımında ani bir değişim yaşanması durumu yoktur. Bu bakımdan zayıf kat düzensizliğini tetikleyecek bir durum yoktur.



Şekil 5. 49: Sapphire Tower (url-72; url-73)

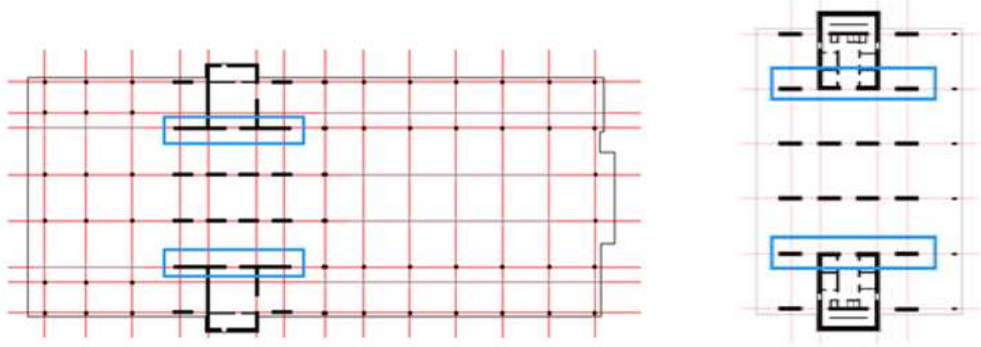




Şekil 5. 51: Yapı Geometrisi-Sapphire Tower

### **Eleman Süreksizliği-Perde Elemanın Kolon Olarak Zemine Ulaşması**

Bu durumun tam tersi bulunmaktadır. Zemin kattaki çekirdek perdelerinin üst katlarda ayrılarak kolon olarak devam ettiği görülmektedir. Bu durum perde elemanının zemine kolon olarak ulaşmasına göre daha iyi bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

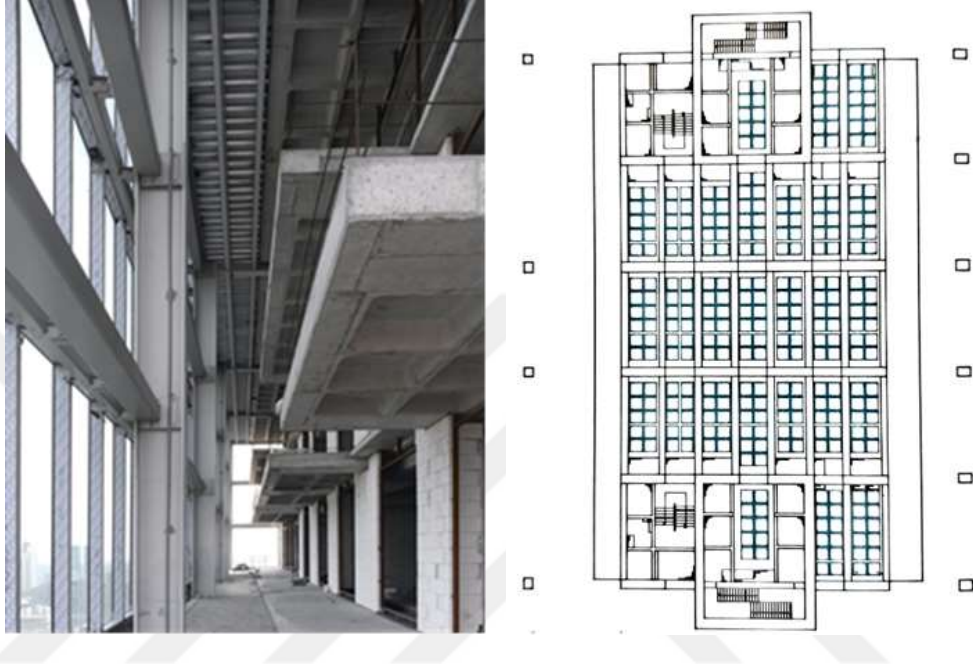


Şekil 5. 52: Zemin Kat,

Zone-1Katı

### **Diğer Düzensizlikler-Döşeme Türü**

Yapıda kaset döşeme kullanımı tercih edilmiştir. Ancak ek önlemler alınmamış ise bu türdeki kirişsiz döşemeler zımbalama etkisi yaratabilmektedirler. Her ne kadar perde duvar kullanımı bulunsa da zımbalama etkisi herhangi bir yanal yük karşısında görülebilir. Çünkü yeterli perde çözümü bulunmamaktadır.

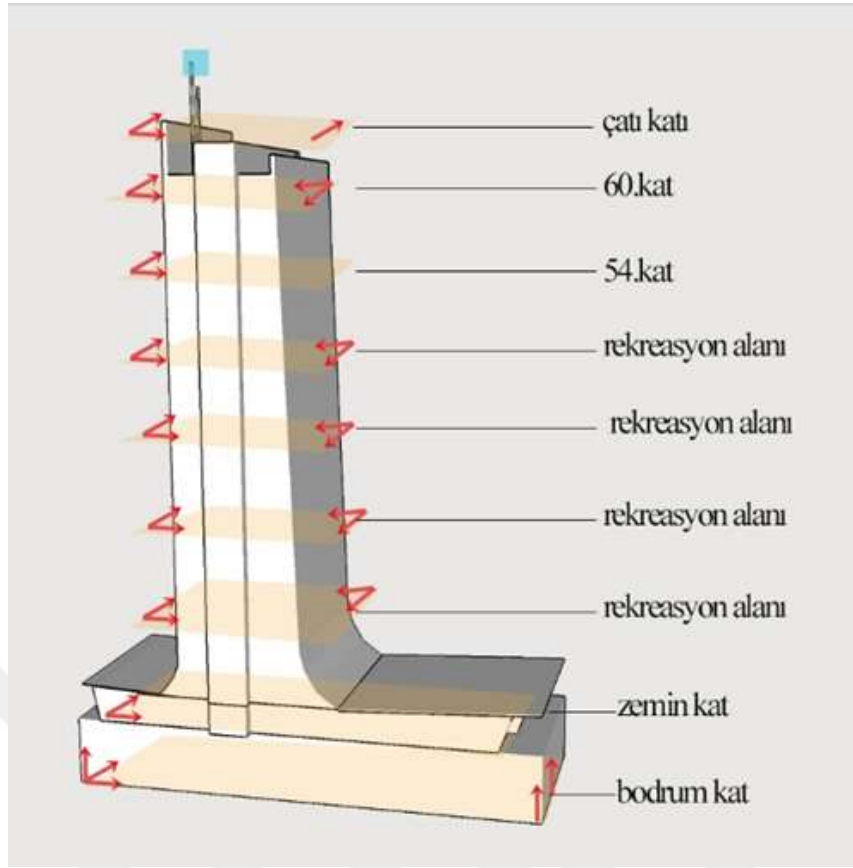


Şekil 5. 53: Tipik Döşeme Planı (url-74; Sağlam,2016)

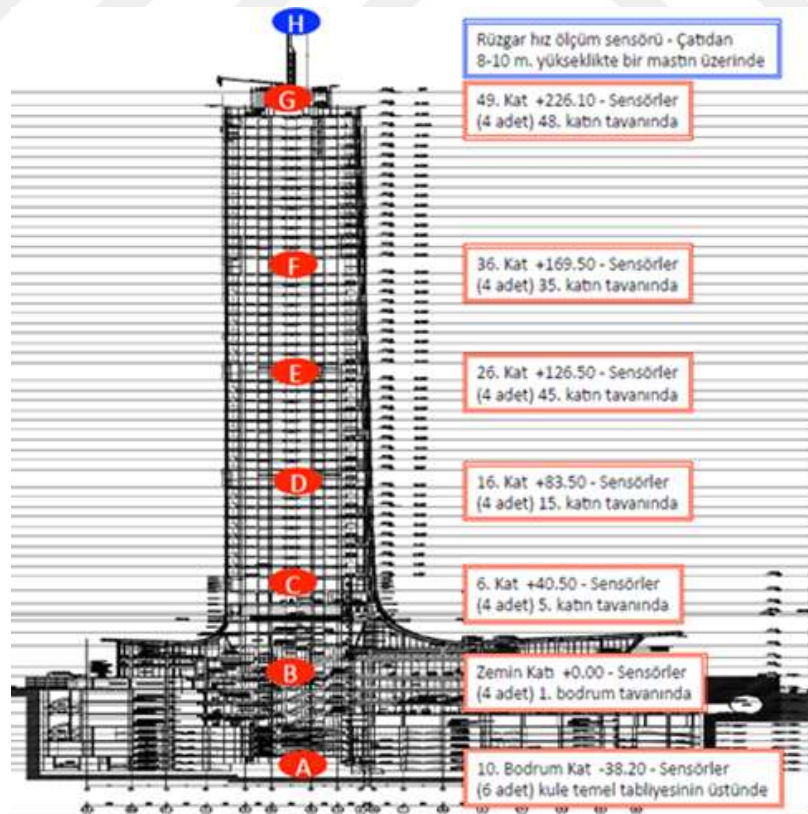
### **YSİSUY'e Göre Sağlık İzleme Sistemin Sapphire Tower'e Uygulanması**

Antensiz yüksekliği ile birlikte yaklaşık 240 m yüksekliğe sahip olan Sapphire Tower'ın yönergeye göre asgari olarak 32 sensör yerleşimine sahip olması gerekmektedir. Bodrum katta üç adet dikey yönde ve iki adet birbirine dik yatay yönde, zeminde ise iki adet birbirine dik x ve y düzleminde sensör konulmalıdır. Rekreasyon alanlarında kat yüksekliği arttığı için yumuşak kat düzensizliği tetiklenir ve ek olarak izlenmesi gereken alanlardır. Bu yüzden x ve y düzleminde birbirine dik iki adet ve onlara paralel iki ivmeölçer uygulanabilir. 60.kat rekreasyon alanlarında olduğu gibi yükseklik farkından dolayı sensör sayısının artırılması gereken bir kattır. 54.kat ara kat olarak izlenebilecek x ve y düzleminde iki dik ivmeölçer konulması yapılabilecek bir alandır. Çatı katı da en üst nokta olarak iki paralel ve bir dik sensör ile izlenmelidir. Yönerge kapsamında bulunmasa da yapısal sağlık izleme sisteminin bir parçası olan hız sensörü anten kısmında önerilmektedir.





Şekil 5. 54: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi-Sapphire Tower



Şekil 5. 55: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Şeması-Sapphire Tower

#### 5.4.2 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Metrocity Üzerinden İncelenmesi



Şekil 5. 56: Metrocity (url-75)

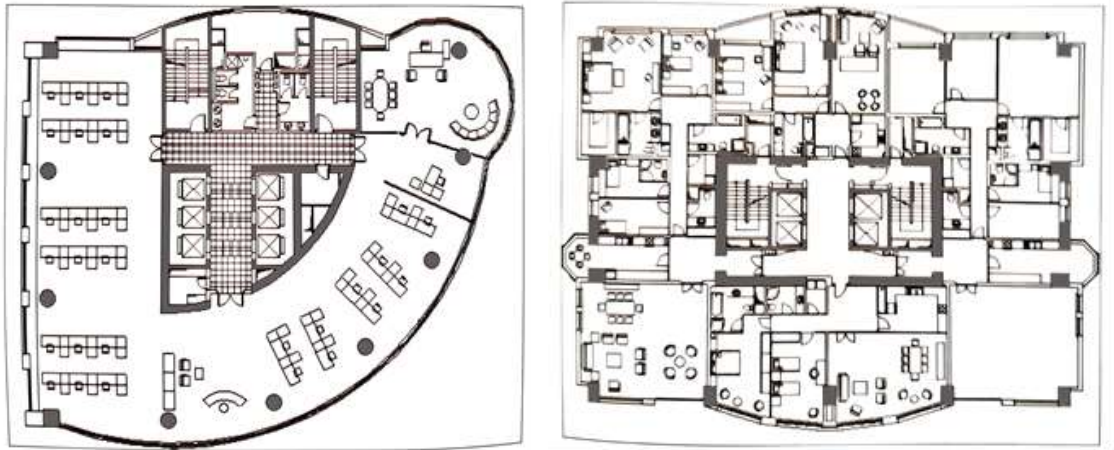
Tablo 5. 11: Metrocity- Proje Künyesi (Sağlam,2016)

<b>Firma/Mimar</b>	Doğan Tekeli-Sisa Mimarlık Ortaklığı
<b>Statik Firması/Mühendisi</b>	Balkar Mühendislik
<b>Konum</b>	İstanbul-Beşiktaş
<b>Yapının Yüksekliği</b>	135m
<b>Kat Sayısı</b>	27
<b>İşlevi</b>	Konut+AVM+Ofis
<b>Taşıyıcı Sistemi</b>	Çekirdek / Karma Tüp Sistem
<b>Çerçeve Sistem Malzemesi</b>	Betonarme
<b>Yapı Temeli</b>	Radye Temel
<b>Döşeme Türü</b>	Plak Kiriş
<b>Döşeme Hareketli Yüğü</b>	350kg/m <sup>2</sup>
<b>Tasarım Rüzgar Hızı</b>	120kg/m <sup>2</sup>
<b>Doğal Periyodu</b>	4.1 sn. /3.6 sn.
<b>Tasarımın Sönümü</b>	0.05
<b>Deprem Katsayısı</b>	0.4
<b>Zemin Türü + Taşıma Kapasitesi</b>	Kil Taşı, 10kg/cm <sup>2</sup>
<b>Proje Uygulama Tarihi</b>	1997-2003
<b>Tabi Tutulduğu Yönetmelik</b>	1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

Metrocity yapısı dar ve uzun bir arsa üzerinde konumlanmaktadır. Bu yüzden de lineer bir yapı oluşumu söz konusudur. Arsa alanı 16.000 m<sup>2</sup> lik bir alandan oluşmakta olup yapıda toplam inşaat alanı 210.000 m<sup>2</sup> den oluşmaktadır. Karma işleve sahip olan yapıdaki işlev dağılımı; %43 konut, %43 AVM, %14 ofis şeklindedir (Akgün,2010).

Metrocity, 2000li yıllarda yüksek konut yapıların yapılmasına dikkat çeken bir yapı olmuştur. Yapı simgesel ilişkiler açısından geç moderni yansıtan bir yapı olarak değerlendirilmektedir. Geometri-form-cephe ilişkisi incelendiğinde geometri parametresinin; kare prizma, küre, dikdörtgen prizma gibi tamamlanmış geometrilerden oluştuğu görülmektedir. Cephede ise doğrusal ve rasyonel çizgiler bulunmaktadır. Tasarımın kurgusu değerlendirildiğinde ise, yerel teknoloji, evrensel dil ve modern kavramları ön planda tutulmuştur (Sarı ve Dülgeroğlu Yüksel,2017).

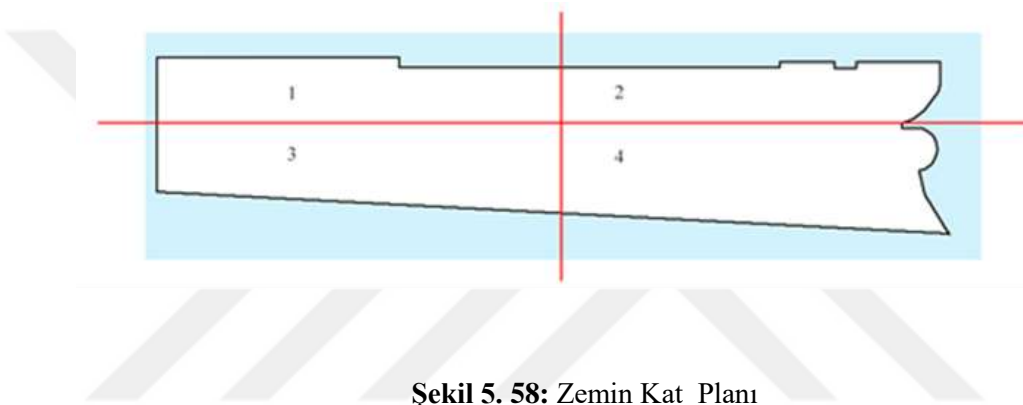
Kule strüktür sisteminde çekirdeğin kolonlarla bağlantısı sağlanarak rijitleştirilmiştir ve bu şekilde yanal yüklere karşı dayanım arttırılmıştır. Çekirdek sistem sayesinde duvar kalınlıklarında ve kolon kesitlerinde küçülme imkanı sağlanmıştır. Ofis kulesinde kullanılan karma tüp, yapı içinde rijit çekirdek çerçeveyi dışarıdan tüp desteği ile daha rijit hale getirmiştir. Ayrıca yapıda alınan deprem güvenliğinde American National Standart Institute(ANSI) standartları kullanılmıştır (Sağlam,2016).



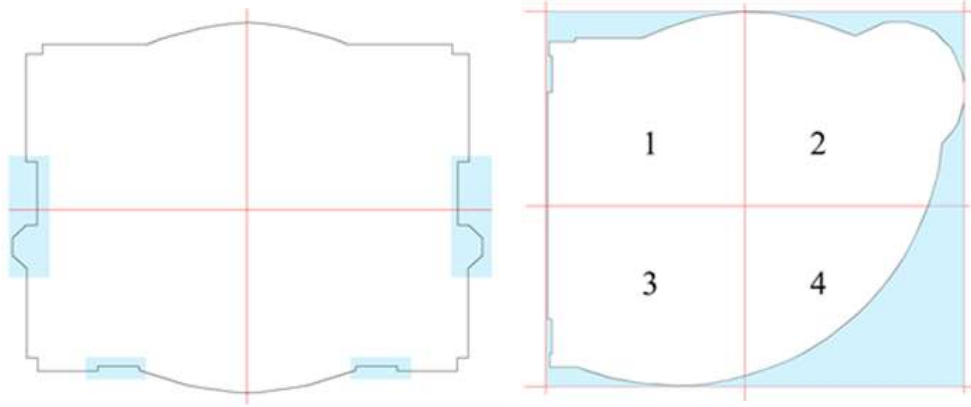
Şekil 5. 57: Metrocity Ofis Kat Planı , Metrocity Konut Kat Planı (Sağlam,2016)

### **Burulma Düzensizliği -Planda Simetri**

Zemin kat planında 1-2-3-4 ile işaretli alanların hiç birisi tekrarlanmamıştır. Yani her iki doğrultuda da planda simetri bulunmamaktadır. Ofis kulesi tipik kat planında simetri bulunmamaktadır. Eğer simetrik bir plan olsaydı; 1-2-3-4 ile işaretlenmiş alanların her biri kendisini tüm yönlerde tekrar ederdi. Mavi işaretlenmiş alanlar ise simetrik olarak planı tamamlayan alanlardır. Konut kulesi tipik kat planı y yönünde simetriktir. Ancak x yönünde mavi işaretlenmiş alanlar simetriyi bozan ve karşılığı olmayan alanlardır. Bu durum düzensizlik yaratabilecek bir faktördür.



**Şekil 5. 58: Zemin Kat Planı**

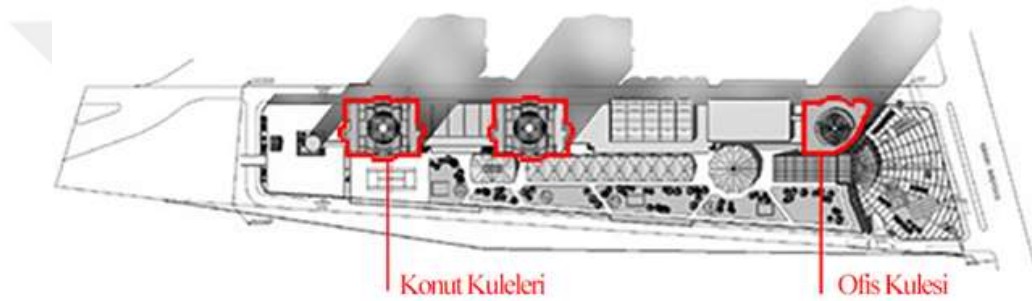


**Şekil 5. 59: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı**

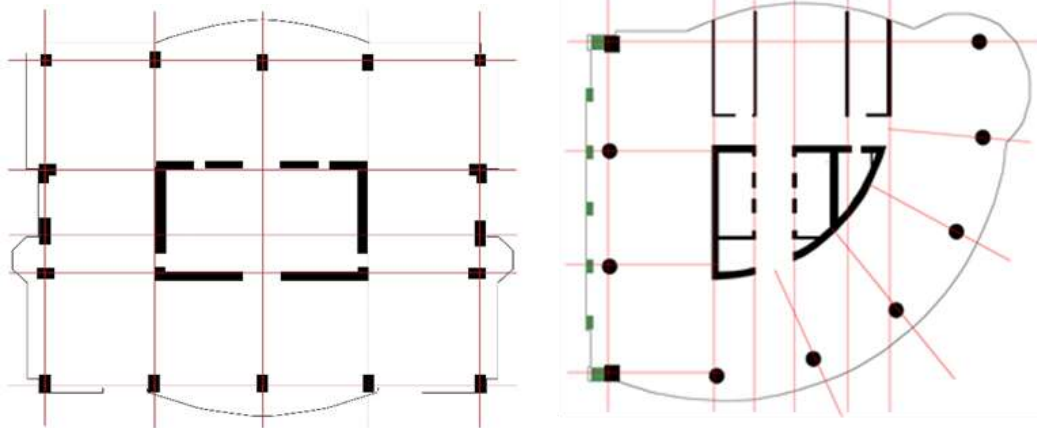
### **Burulma Düzensizliği -Taşıyıcı Sistemde Simetri**

Konut kulesi tipik kat planında taşıyıcı elemanlar simetrik olarak kurgulanmıştır. Ayrıca dikdörtgen kolonların yön değiştirmeleri yanal kuvvetlere karşı dayanımı arttırmakta olup yapıyı olumlu yönde etkilemektedir. Fakat çekirdek perdelerinde açılan boşluklar ya x ya da y yönünde simetrik karşılık bulmaktadırlar. Bu durum olumsuz bir etken olarak değerlendirilebilir.

Ofis kulesi tipik kat planında ışınsal bir taşıyıcı sistem kurgusu görülmektedir. Fakat bir cephedeki perde duvarlar ve diğer bir cephedeki cephenin taşıdığı yani ek yük bindirdiği giydirme cephe, yapının ağırlık merkezinin konumunda değişikliğe sebep olabilecek etkenlerdir. Bu durum sistemi olumsuz etkileyebilir.



Şekil 5. 60: Metrocity Vaziyet Planı

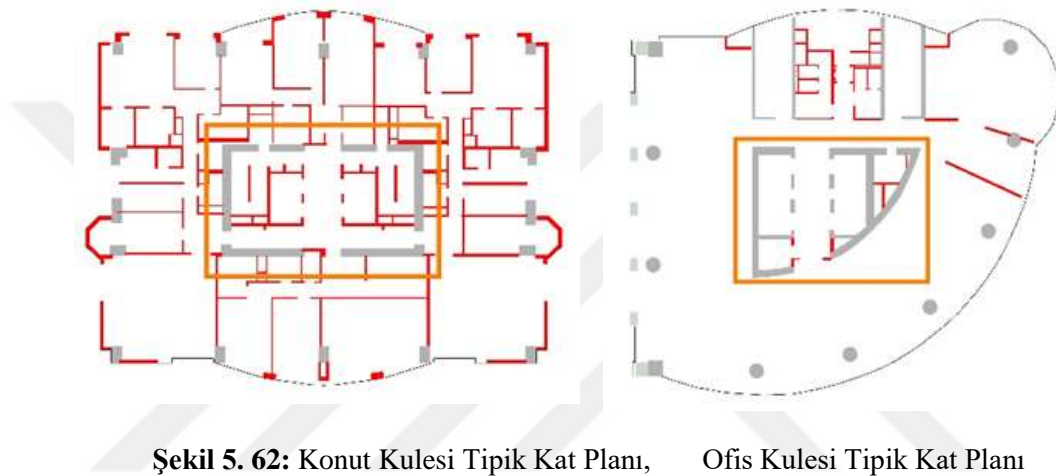


Şekil 5. 61: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı

### **Burulma Düzensizliği -Bölme Duvar Yoğunluğu**

Ofis kulesi tipik kat planında bölme duvar yoğunluğunun yapı içerisine eşit oranlarda dağılmadığı ve bir taraf üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum yapının ağırlık dengesini olumsuz etkileyebilecek bir unsurdur. Ayrıca cephesinde yarısı duvar yarısı cam ile devam ettiği için duvar yoğunluğu bu alanda da değişkenlik göstermektedir.

Konut kulesi tipik kat planındaki bölme duvarlar çoğunlukla simetrik olsa da iki köşede yoğunluk azalması diğer iki köşede ise ona nazaran yoğunlaşma söz konusudur. Fakat genel olarak olumlu bir dağılım söz konusudur.



Şekil 5. 62: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı



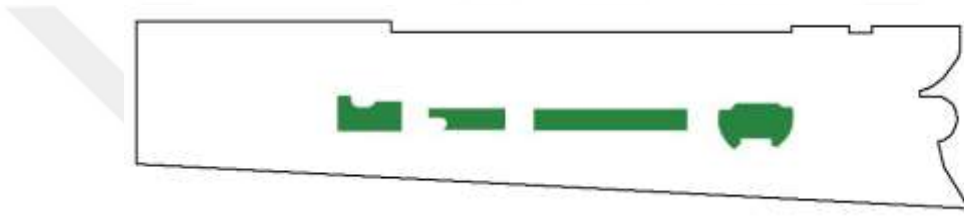
Şekil 5. 63: Ofis Kulesi Cephesinde Duvar ve Cam Malzemenin Değişkenliği (url-76)

### **Döşeme Düzensizliği -Boşluk Oranı**

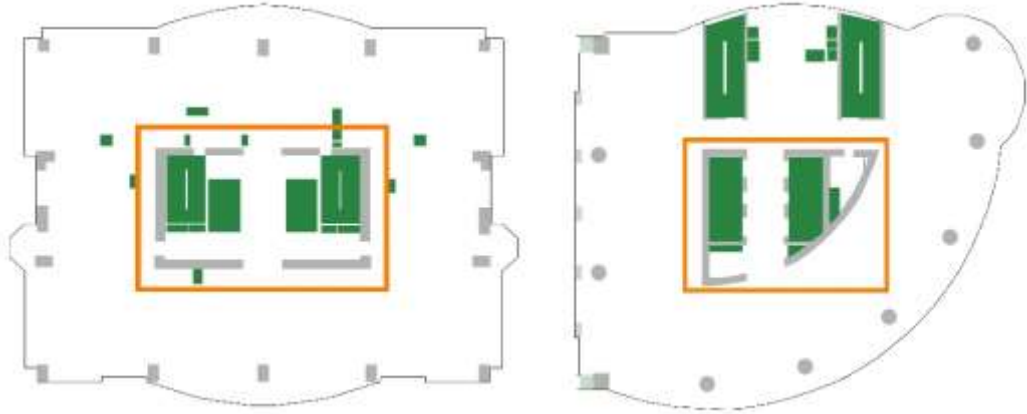
Zemin kat yaklaşık olarak 13.000 m<sup>2</sup> alan ve 202 m<sup>2</sup> boşluğa sahiptir. Yani 1/3 boşluk kuralını geçmemiş ve yönetmeliğe uygun tasarlanmıştır.

Konut kulesi tipik kat planı yaklaşık olarak 958 m<sup>2</sup> bir alana sahiptir. Plandaki boşluklar yaklaşık olarak 57 m<sup>2</sup>lik bir alana sahiptir. Bu durum 1/3 boşluk oranını geçmeyerek yönetmeliğin koşullarına uygun tasarlanmıştır.

Ofis kulesi tipik kat planı yaklaşık olarak 720m<sup>2</sup>dir. Plan boşlukları yaklaşık olarak 70m<sup>2</sup> bir alanı oluşturmakta olup 1/3 boşluk oranını geçmemektedir. Yani yönetmeliğe uygundur. Fakat boşlukların tek bir cephe üzerinde yoğunlaşması ve simetrik olmayışı yapının stabilitesini olumsuz etkileyebilecek bir unsurdur.



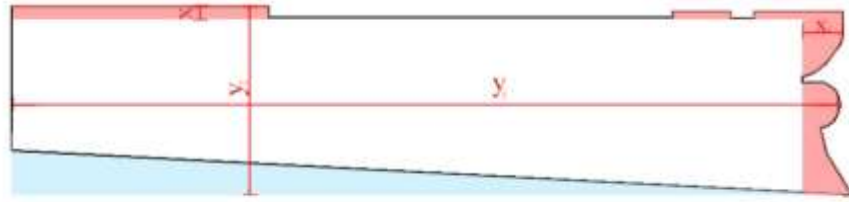
**Şekil 5. 64:** Zemin Kat Planı



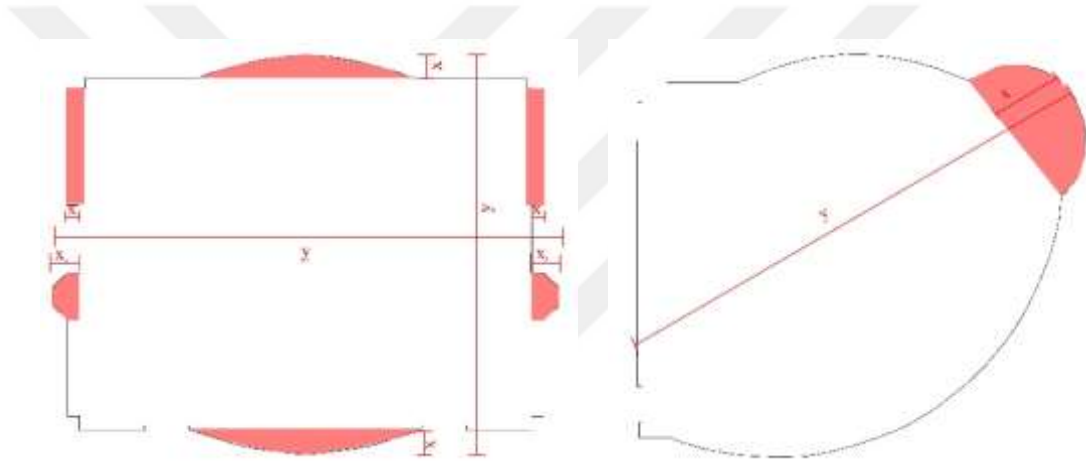
**Şekil 5. 65:** Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı

### **Cıkma Düzensizliği -Var Olan Cıkmaların Yönetmeliğe Uygunluğu**

Konut kulesi- ofis kulesi tipik kat planlarında ve zemin kat planında her iki doğrultuda  $x < 0.2 y$  olmak üzere yönetmeliğe uygun çıkmalar düzenlenmiştir. Fakat ofis kulesi tipik kat planında yapılan çıkma sınıra çok yakın bir değerdedir. Zemin kat planında ise diğer tipik kat planlarından farklı olarak girintide bulunmaktadır.



Şekil 5. 66: Zemin Kat Planı



Şekil 5. 67: Konut Kulesi Tipik Kat Planı, Ofis Kulesi Tipik Kat Planı

### **Zayıf Kat Düzensizliği -Zeminde Açıklık Olması**

Zeminde avm işlevi olan yapı zemindeki açıklığını yapı boyunca devam ettirmemektedir. Şeffaflık üzerinde devam eden bölme duvarlar ve ofis cephesi boyunca iki farklı malzemeye ani geçiş ağırlık değişimden ötürü zayıf kat düzensizliğine yatkınlığı tetikleyebilir bir unsurdur.

Ayrıca ara katta ve üst katta malzeme değişimi yaşandığı görülmektedir. Ara kattaki ani değişim ve üst katta doluluğun artarak yapıyı o alanda ağırlaştırması yapıyı olumsuz etkileyen bir durumdur.

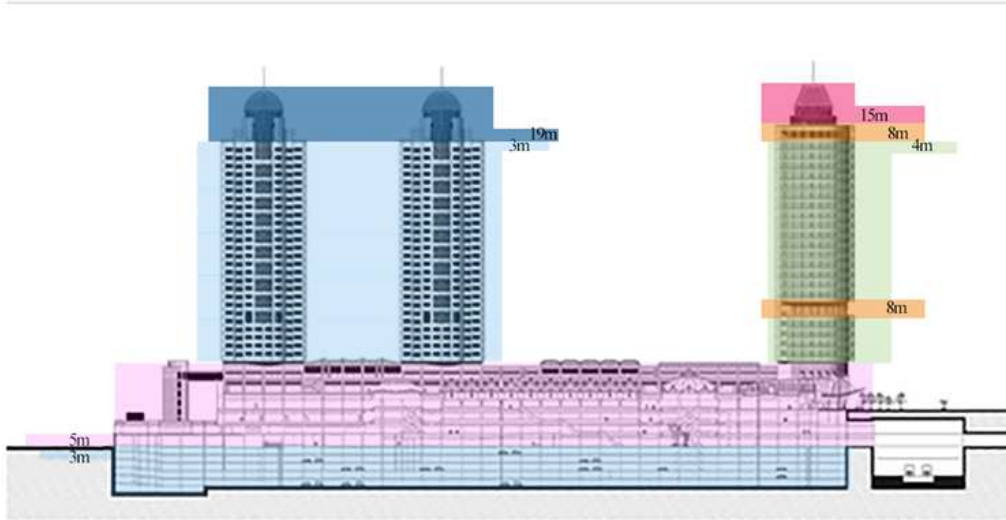




Şekil 5. 68: Metrocity-Zeminde Açıklık (url-77; url-78)

### Yumuşak Kat Düzensizliği -Katlar Arası Yükseklik Farkı

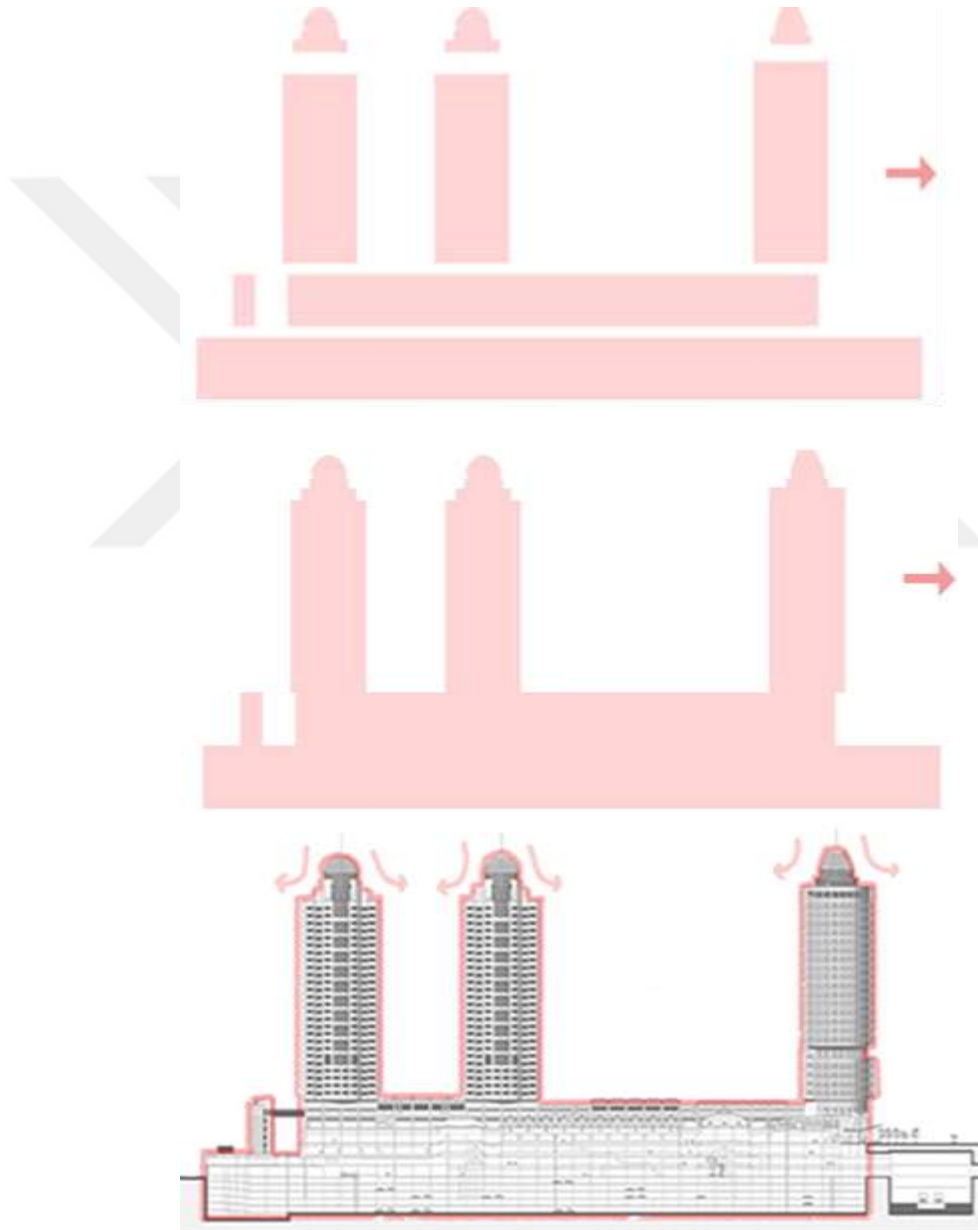
Otopark katları yaklaşık olarak 3'er metre, avm katları yaklaşık olarak 5'er metre, konut katları yaklaşık olarak 3'er metre, ofis katları yaklaşık olarak 4m olup arasında ve üzerinde 8'er metrelik alanlar bulunmaktadır. Kısacası katlar arasında yükseklik farkları mevcuttur. Yani yumuşak kat oluşumunu etkin hale getirebilecek bir faktördür.



Şekil 5. 69: Katlar arası yükseklik farkı-Metrocity (Sağlam,2016)

### **Yumuşak Kat Düzensizliği -Yapı Geometrisinde Ani Geçişler**

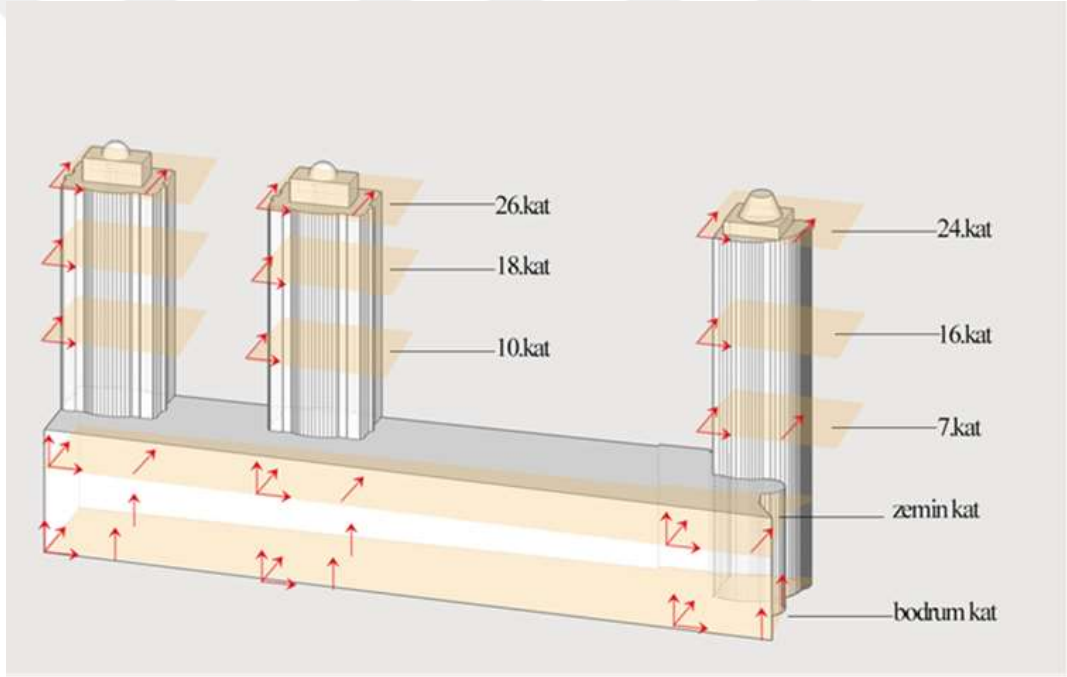
Yapı kabaca kütlelere ayrıştırıldığında üç kule ve iki kademeli bir baza görülmektedir. Baza da zeminde kademelenme yapılmıştır. Ancak baza dan kulelere geçişte herhangi bir kademelenme ya da yumuşatılmış bir geçiş görülmemektedir. Bu durum yapıyı olumsuz yönde etkileyebilecek bir durumdur. Ayrıca kulelerin baza üzerinde çıkma yapacak şekilde oturtulması kütlelerin rijitliğini olumsuz yönde etkileyebilecek bir faktördür. Kulelerin tepe noktalarında ise kademelenme ve keskin açısı olmayan tepe formu ile yumuşatılma görülmektedir.



**Şekil 5. 70:** Yapı Geometrisi-Metrocity

### YSISUY'e Göre Sağlık İzleme Sistemin Metrocity'e Uygulanması

Metrocity yapısı 135m yüksekliğe sahiptir. Yani asgari ivmeölçer sayısı 16 olmalıdır. Bodrum katta yönergeye göre üç adet dikey yönde ve iki adet birbirine dik yatay yönde ivmeölçer yerleşimi olmalıdır. Zemin katta yönergeye göre iki adet birbirine dik doğrultuda ivmeölçer bulunmalıdır. Buna ek olarak yapının zemin katında açıklık bulunduğu için zayıf kat oluşumu tetiklenir ve ek ivmeölçer ile izlenim güçlendirilmelidir. Konut kulelerinde en üst kata yönergeye göre iki paralel bir dik ve yatay doğrultuda ivmeölçer, ara katlarda ise iki dik yatay doğrultuda ivmeölçer yerleştirilmelidir. Ofis kulesinde de en üst kat bodrum ve zeminde aynı yerleşim önerilmektedir. Buna ek olarak iki kat yüksekliğinde güçlendirilmesi gereken katlar olan 7. ve 24.katlarda iki paralel bir dik sensör yerleşimi uygulanmalıdır.



**Şekil 5. 71:** Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi-Metrocity

### 5.4.3 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Elit Residence Üzerinden İncelenmesi



Şekil 5. 72: Elit Residence (url-79), Elit Residence Görünüş (url-80)

Tablo 5. 12: Elit Residence- Proje Künyesi (Sağlam,2016)

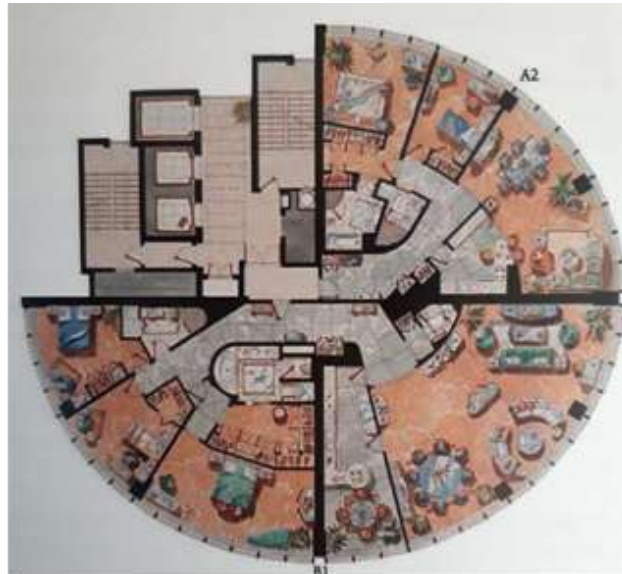
<b>Firma/Mimar</b>	BSB London Architects
<b>Statik Firması/Mühendisi</b>	Balkar Mühendislik
<b>Konum</b>	İstanbul-Şişli
<b>Yapının Yüksekliği</b>	132.5m
<b>Kat Sayısı</b>	40
<b>İşlevi</b>	Konut
<b>Taşıyıcı Sistemi</b>	Çekirdek + Dış Tüp
<b>Sistem Malzemesi</b>	Betonarme
<b>Yapı Temeli</b>	Radye Temel
<b>Döşeme Türü</b>	Kaset Döşeme
<b>Döşeme Hareketli Yüğü</b>	500kg/m <sup>2</sup>
<b>Tasarım Rüzgar Hızı</b>	120kg/m <sup>2</sup>
<b>Doğal Periyodu</b>	4.5sn
<b>Tasarımın Sönümü</b>	0.05
<b>Deprem Katsayısı</b>	0.4
<b>Max Yanal Deplasman</b>	400mm
<b>Zemin Türü + Taşıma Kapasitesi</b>	Grovak, 8-10kg/cm <sup>2</sup>
<b>Proje Uygulama Tarihi</b>	1998-2001
<b>Tabi Tutulduğu Yönetmelik</b>	1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

Şişli’de konumlanan Elit Residence eliptik ve ışınsal bir forma sahip olmasıyla teknik altyapısını destekler niteliktedir. Ayrıca bu form iç mekanda panoramik manzara oluşumunu da sağlamaktadır. Yapının toplam inşaat alanı 32.152 m2 den oluşmakta olup 61 daireden, bir spor tesisinden, eğlence alanlarından ve restorandan oluşmaktadır (Öztürk,2010).

Yapım sistemi olarak çekirdek ve dış tüpten oluşan sistemde çekirdek, eliptik formun dörtte birini ve köşesini oluşturmaktadır. Perde duvarlar çekirdekte asansör ve merdiven boşluklarının etrafında konumlanırken plan düzleminde planı dört parçaya bölecek şekilde x ve y düzlemlerinde konumlandırılmışlardır. Cephedeki kolonlar ise dış tüpü oluşturmaktadırlar. Bu kolonlar dışında yapıda iç mekanda kolon kullanılmamıştır (Sağlam,2016).



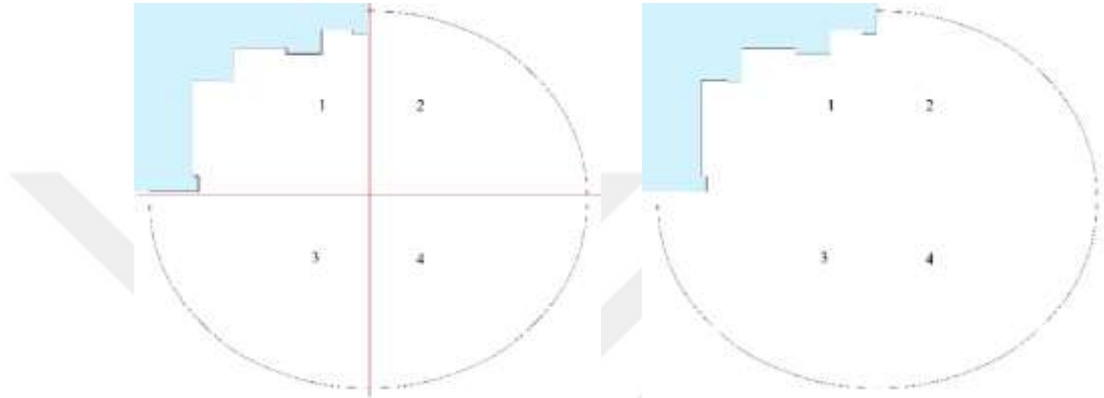
**Şekil 5. 73:** Elit Residence 1-8 Kat Planları



Şekil 5. 74: Elit Residence 9-23 Kat Planları (Sağlam,2016)

### **Burulma Düzensizliği-Planda Simetri**

Elit Residence' ın konut kulelerinde bulunan 1-8. kat tipik kat ve 9-23.kat tipik planlarının simetriklik durumu incelediğinde yapının simetrik olmadığı anlaşılmaktadır. Plan orta aklardan parçalandığında 2-3-4 numaralı parçaların birbirini takip ettiği fakat 1 numaralı parçanın bu durumu bozduğu görülmektedir.



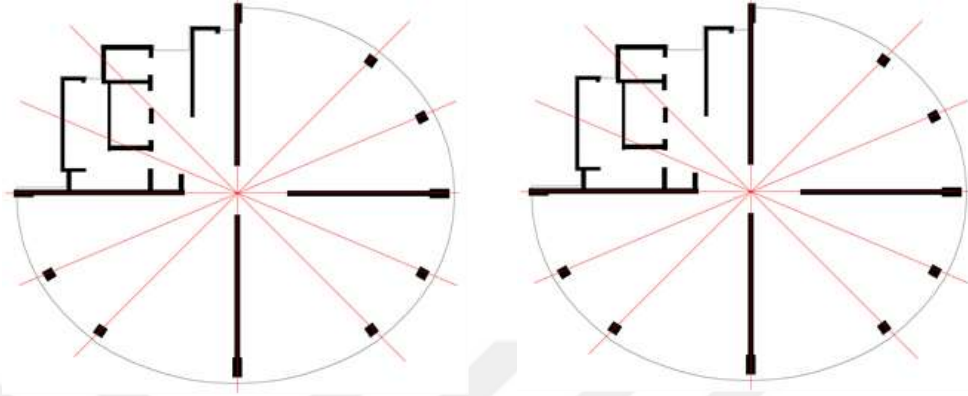
Şekil 5. 75: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı, Konut Kulesi 9-23.Kat Planı



Şekil 5. 76: Simetri bozan çekirdeğin cephe görüntüsü (url-81)

### **Burulma Düzensizliği -Taşıyıcı Sistemde Simetri**

Taşıyıcı sistemde çekirdek perdeleri buldukları konum itibari ile simetriyi bozmaktadırlar. Bu durum sistemde rijitlik merkezinin kaymasına sebep olabilecek bir unsur olup sistem dayanımını olumsuz yönde etkileyebilir.

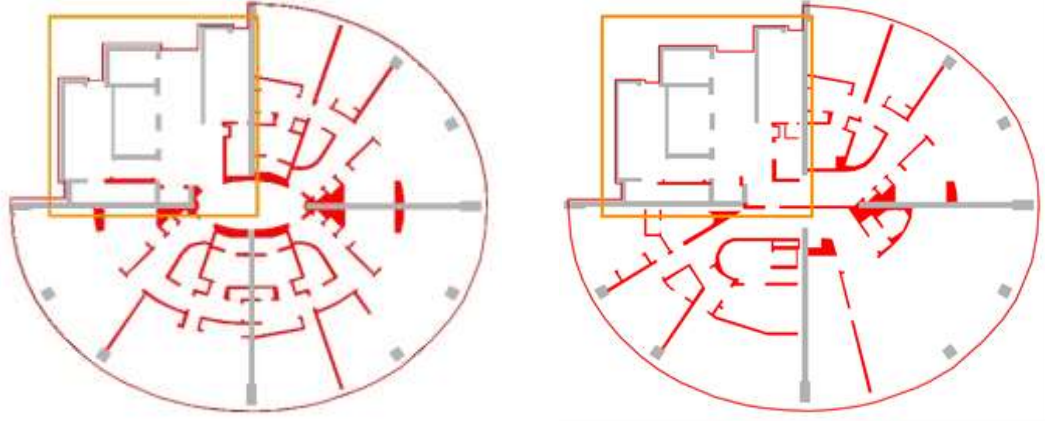


Şekil 5. 77: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı,

Konut Kulesi 9-23.Kat Planı

### **Burulma Düzensizliği -Bölme Duvar Yoğunluğu**

Konut kulesinde 1-8.kat tipik planda bölme duvarlar 3 alanda simetriktir fakat çekirdeğin konumu tüm plandaki simetriyi bozmaktadır. 9-23.kat tipik planında çekirdek hariç diğer alanlarda simetri yoktur ve bazı alanlarda bölgesel olarak yoğunluk artmaktadır. Bunlar göz önüne alındığında çekirdeğin iki plan tipinde de bölme duvarlar ile ağırlığı dengeleyecek pozisyon ve yoğunlukta olmadığı göze çarpmaktadır. Çekirdekten bağımsız değerlendirildiğinde ise iki plan tipinde de bölme duvarların merkeze yoğunlaşması olumlu bir durumdur. Cephe üzerinden değerlendirildiğinde ise her katta malzeme değişimi bulunmaktadır. Yani bölme duvarların yoğunluğu cephe üzerinde de değişmektedir.



Şekil 5. 78: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı,

Konut Kulesi 9-23.Kat Planı



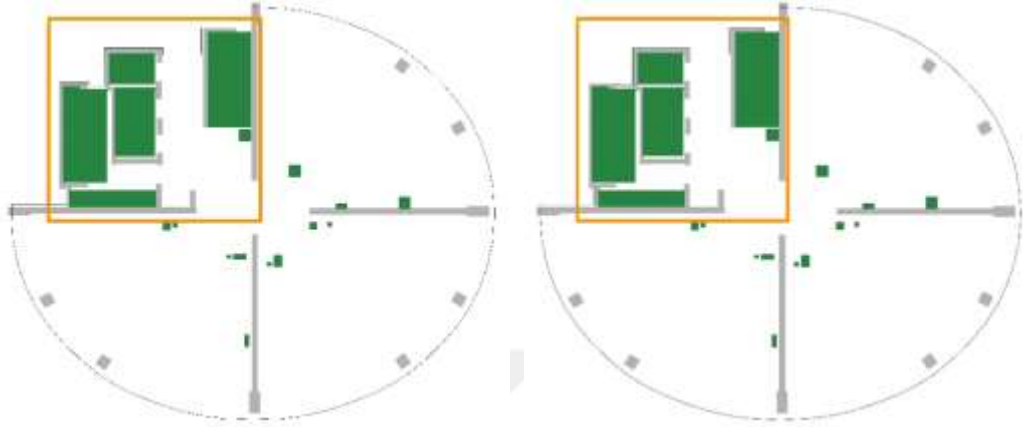
Şekil 5. 79: Konut Kulesi Cephesinde Duvar ve Cam Malzemenin Değişkenliği  
(url-82)

### **Döşeme Düzensizliği -Boşluk Oranı**

Kule tipik kat planlarının her biri yaklaşık olarak  $565m^2$  bir alanı oluşturmaktadır. Boşluk alanları ise yaklaşık olarak  $53m^2$  bir alana sahiptir. Yapı boşlukları, yönetmelikte belirtilen  $1/3$  oranını geçmeyerek uygun şekilde tasarlanmıştır.



Ayrıca yapıda boşlukların tek bir alanda yoğunluk göstermesi olumsuz bir durumdur. Aynı şekilde perde duvarların o alanda yoğunluk göstermesi de olumsuz bir durumdur. Öte yandan birinin yapıda hafifleme değerinin ise ağırlaşmaya sebep olması yapıyı dengelemek adına olumlu bir tavır olarak değerlendirilebilir.

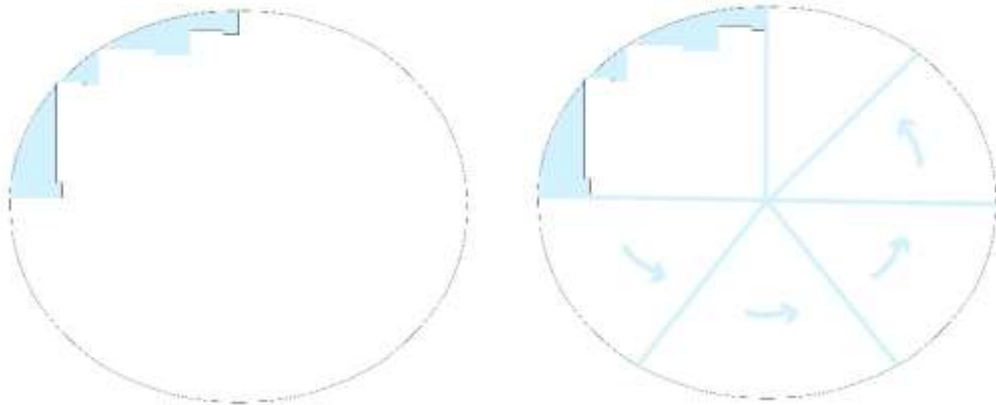


Şekil 5. 80: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı,

Konut Kulesi 9-23.Kat Planı

#### **Çıkma Düzensizliği -Var Olan Çıkımların Yönetmeliğe Uygunluğu**

Kulenin planında bakıldığında çıkıntı olmadığı fakat girintilerin var olduğu görülmektedir. Plan düzgün bir geometri ile tamamlandığında mavi ile işaretli alan planı elips formunda tamamlamaktadır. Buna ek olarak yapının üst katlarda yaptığı kademelenme o kat planları bazında girinti ve çıkıntı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 5. 81: Konut Kulesi 1-8. Kat Planı,

Konut Kulesi 9-23.Kat Planı



Şekil 5. 82: Kule Çatısı (url-83)

### **Zayıf Kat Düzensizliği -Zeminde Açıklık Olması**

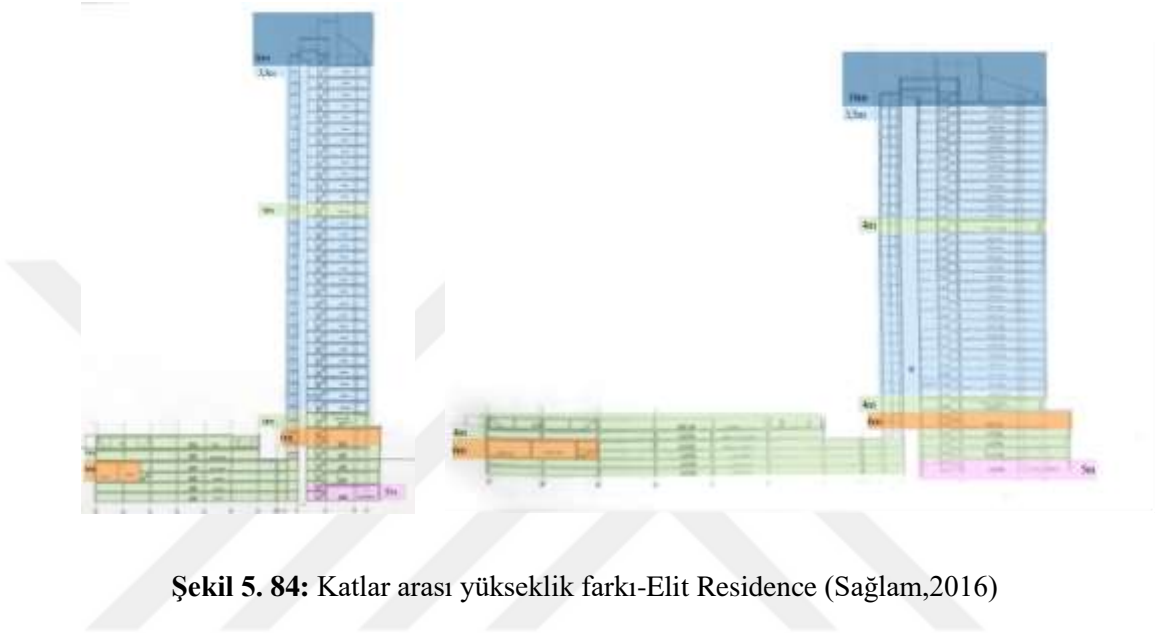
Baza kütlelerinde doluluk oranı kule ile kıyaslandığında daha fazladır. Yani yapının kulede hafifleşmesi olumlu bir durumdur. Fakat zemin katta yer yer bütüncül açıklıklar bulunmaktadır. Bu durum yapı kütlelerini o noktada olumsuz etkileyebilecek bir unsurdur.(işaretli alan) Ayrıca kule de ara katta malzeme değişimi okunmaktadır. Bu ani değişim ağırlıkların değişimi sonucu yapıyı olumsuz etkileyebilecek bir unsurdur.



Şekil 5. 83: Elit Residence-Zeminde Açıklık (Sağlam,2016; url-84; url-85)

### **Yumuşak Kat Düzensizliği -Katlar Arası Yükseklik Farkı**

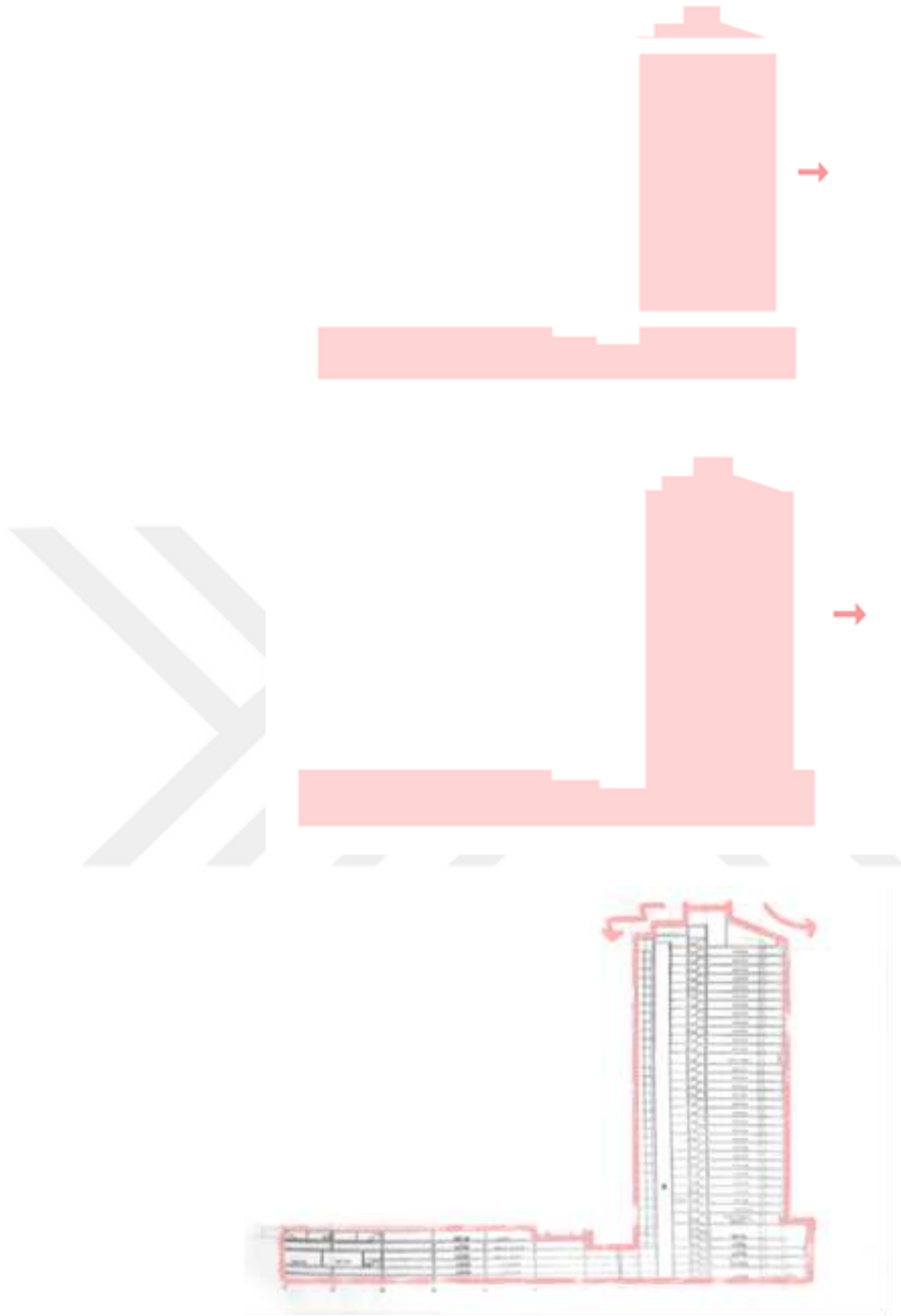
Kat yüksekliklerine yaklaşık olarak bakıldığında; konutların 3,5m, ara katların 4m, giriş katı(resepsiyon, ofis, mağaza, vb.) 6m, bodrum katlarda otoparklar 4m, bodrumdaki diğer işlevler 6 ve 5m, çatı katı 16m şeklinde görülmektedir. Yapı boyunca farklı yükseklikler bulunmaktadır ve bu düzensizlik yaratabilecek bir unsurdur.



**Şekil 5. 84:** Katlar arası yükseklik farkı-Elit Residence (Sağlam,2016)

### **Yumuşak Kat Düzensizliği-Yapı Geometrisinde Ani Geçişler**

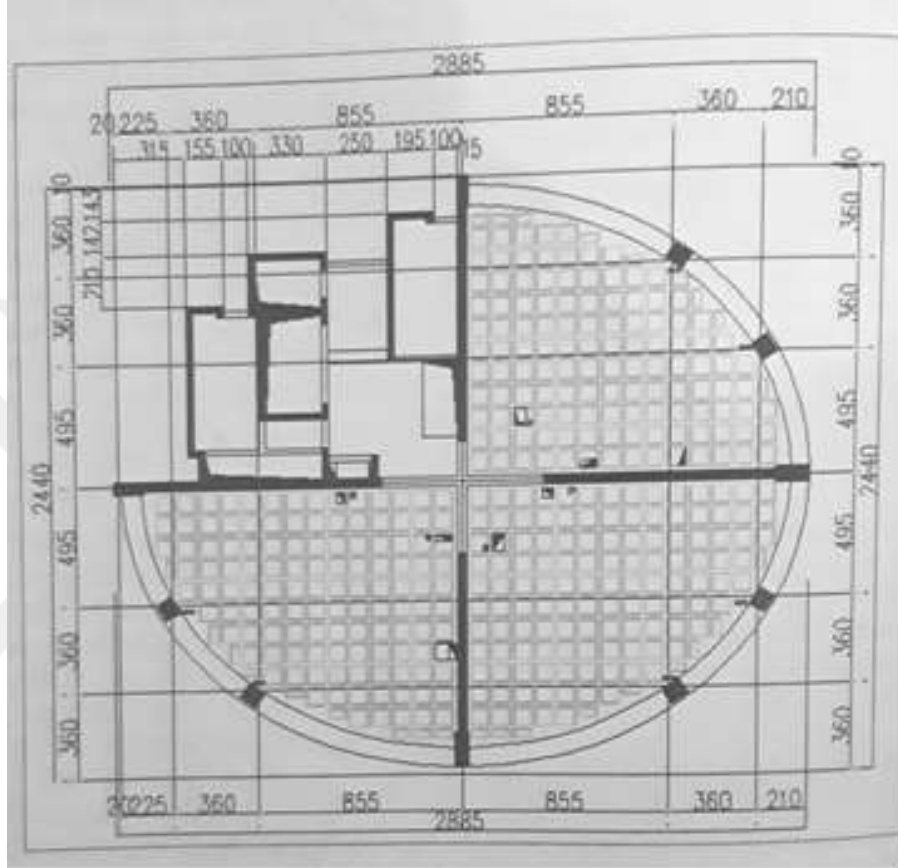
Yapı kabaca 3 kütle şeklinde incelendiğinde baza kısmının kuleye yakın kademelendiği görülmektedir. Bu durum kule ile bağlantı arasında hasar görülebilirlik riskini arttırılabilir niteliktedir. Kule ve baza arasında sert ve ani bir geçiş söz konusudur. Bu da yapının rijitliğini olumsuz yönde etkileyen bir durumdur. Çatı ve kule arasındaki bağlantı ise kademelenmiş ya da eğimlendirilmiştir. Bu geçiş şekli ile olumlu bulunmaktadır.



**Şekil 5. 85:** Yapı Geometrisi-Elit Residence (Sağlam,2016)

### **Diğer Düzensizlik -Döşeme Türü**

Döşeme olarak kaset döşeme uygulaması görülmektedir. Zımbalama etkisi olabilecek türde bir döşemedir. Fakat orta aklarda bulunan perdeler ve iç mekanda kolon yerleşimi yapılmaması durumu bu duruma karşı alınan önlemler olarak değerlendirilebilir.

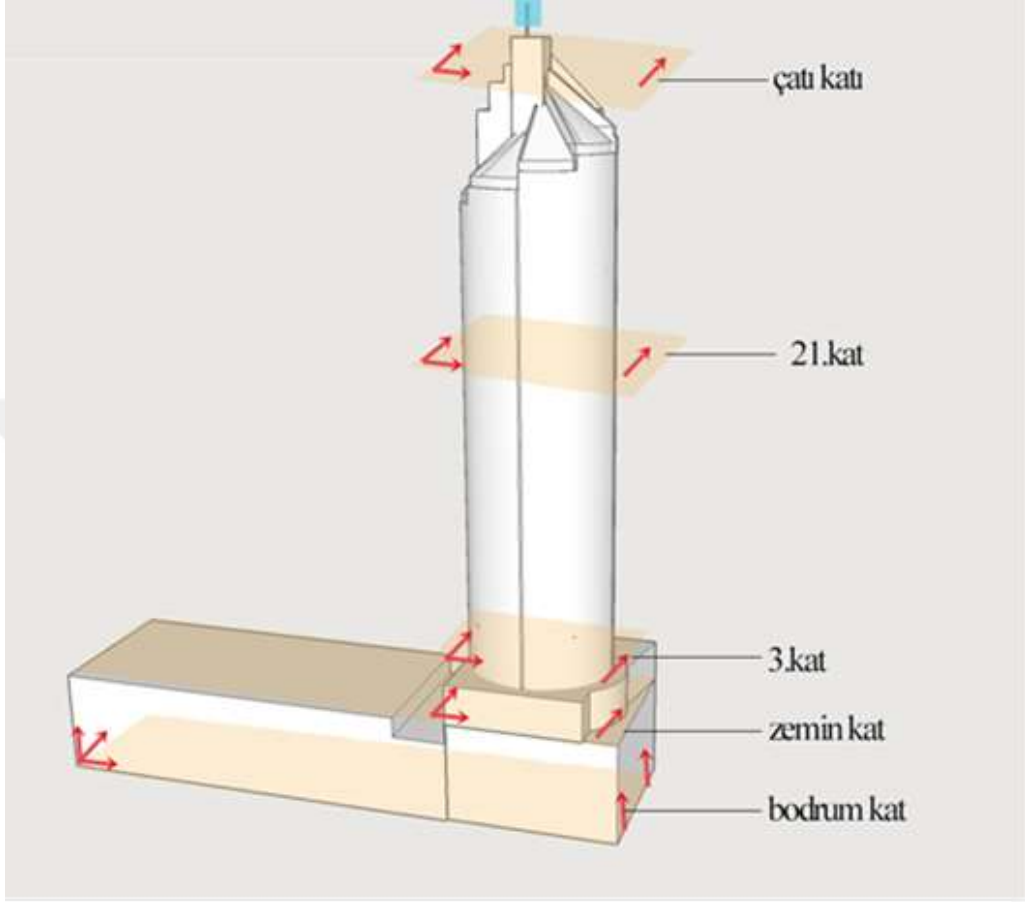


Şekil 5. 86: Tipik Döşeme Planı (Sağlam,2016)

### **YSİSUY'e Göre Sağlık İzleme Sistemin Elit Residence'a Uygulanması**

132.5m yüksekliğe sahip Elit Residence yapısı yönergeye göre asgari olarak 16 sensöre sahip olmalıdır. Bodrum katta yönergeye göre üç adet dikey yönde ve iki adet birbirine dik yatay yönde ivmeölçer yerleşimi olmalıdır. Zeminde ise normalde iki adet birbirine dik doğrultuda yatayda sensör yerleşimi yapılmalıdır. Fakat zemin katta yer yer doluluk azalması ve yükseklik farkından ötürü rijitlik bozabilecek bir alan olup ek sensör yerleşimi önerilmektedir. 3.katta ve 21.katta doluluk azalması vardır. Bu yüzden bu katlarda da ek sensör yerleşimi önerilmiştir. Çatı katı yani 40.katta da yönergeye göre iki adet paralel ve onlara bir dik yatay düzlemde sensör yerleşimi

yapılmalıdır. Bunlara ek olarak antende rüzgar hız ölçüm sensör yerleşimi önerilmektedir.



Şekil 5. 87: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi-Elit Residence

#### 5.4.4 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin İstanbul Gelişim Üniversitesi(Zorlu Plaza)Üzerinden İncelenmesi



Şekil 5. 88: İstanbul Gelişim Üniversitesi (url-86), İstanbul Gelişim Üniversitesi (Sağlam,2016)

Tablo 5. 13: İstanbul Gelişim Üniversitesi- Proje Künyesi (Sağlam,2016)

<b>Firma/Mimar</b>	Serdar Sipahioğlu
<b>Statik Firması/Mühendisi</b>	Balkar Mühendislik
<b>Konum</b>	İstanbul-Avcılar
<b>Yapının Yüksekliği</b>	118m
<b>Kat Sayısı</b>	30
<b>İşlevi</b>	İş Merkezi
<b>Taşıyıcı Sistemi</b>	Tüp İçinde Tüp
<b>Sistem Malzemesi</b>	Betonarme
<b>Yapı Temeli</b>	Kazık Temel
<b>Döşeme Türü</b>	Plak Kiriş
<b>Döşeme Hareketli Yüğü</b>	500kg/m <sup>2</sup>
<b>Tasarım Rüzgar Hızı</b>	120kg/m <sup>2</sup>
<b>Doğal Periyodu</b>	3.8sn
<b>Tasarımın Sönümü</b>	0.05
<b>Deprem Katsayısı</b>	0.4
<b>Max Yanal Deplasman</b>	350mm
<b>Zemin Türü + Taşıma Kapasitesi</b>	Balçık ve Kil, 2kg/cm <sup>2</sup>
<b>Proje Uygulama Tarihi</b>	1997-2001
<b>Tabi Tutulduğu Yönetmelik</b>	1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

Tüp içinde tüp kullanılan sistemde planlar simetrik olmadığı için yanal yükler altındaki davranışı çoğunlukla aynı olsa da bazı durumlarda farklılıkları bulunmaktadır. Merkezde konumlanan çekirdek perde duvarlardan meydana gelmektedir. Dış tüple merkezdeki çekirdeğin betonarme plakla bağlantısı oluşturularak iç mekanda kolon ihtiyacı karşılanmıştır (Sağlam,2016).



Şekil 5. 89: İstanbul Gelişim Üniversitesi Kat Planı, İstanbul Gelişim Üniversitesi Kesiti (Sağlam,2016)

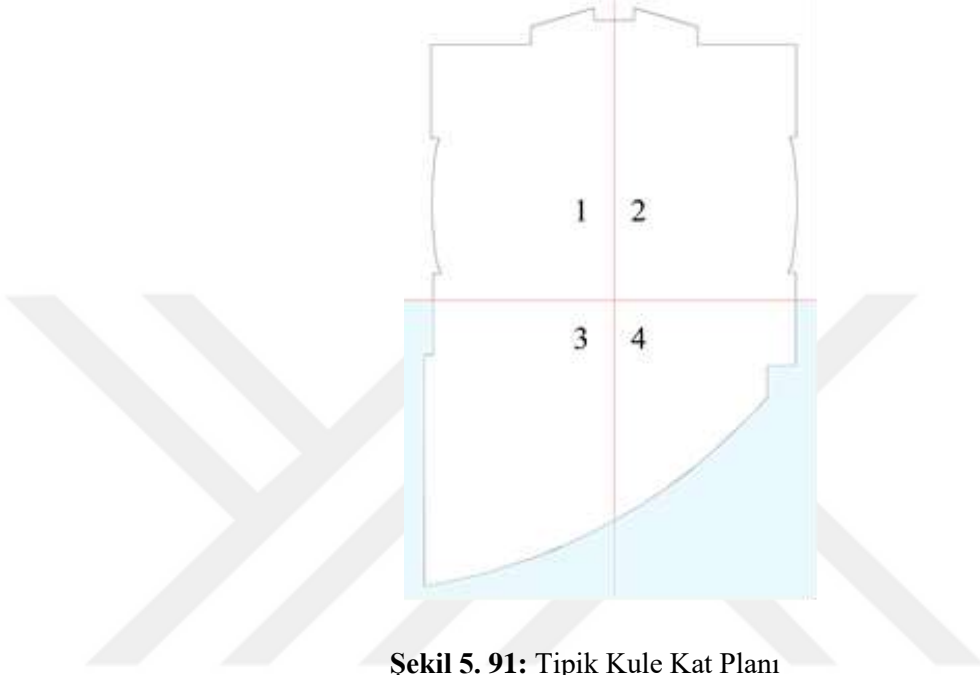


Şekil 5. 90: İstanbul Avcılar Deprem Haritası (url-87)



### **Burulma Düzensizliği -Planda Simetri**

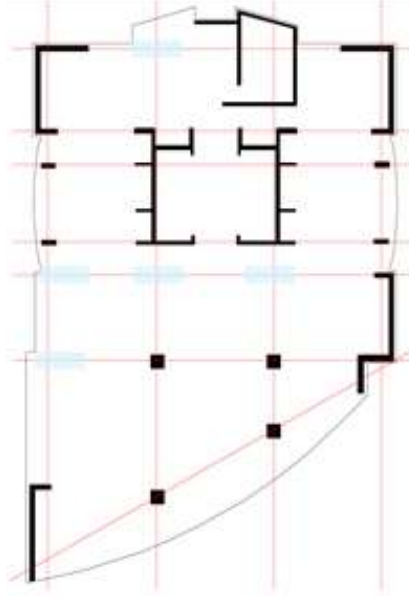
Tipik kule kat planı incelendiğinde 1 ve 2 numaralı parsellerin y yönünde simetrik olduğu fakat x yönünde simetrik olmadığı görölmektedir. 3 ve 4 numaralı parseller ne x ne de y yönünde simetriktir. Yani yapının tipik kule kat planında simetri bulunmamaktadır.



Şekil 5. 91: Tipik Kule Kat Planı

### **Burulma Düzensizliği -Taşıyıcı Sistemde Simetri**

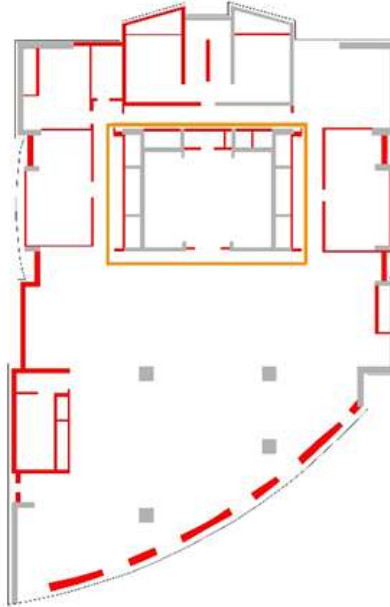
Tüp içerisinde tüp olarak düzenlenmiş olan taşıyıcı sistem simetrik olarak düzenlenmemiştir. Mavi ile işaretli alanlar simetrinin bozulduğu noktaları göstermektedir. Buna ek olarak çekirdek perdelerinin yapının merkezinde konumlanmaması durumu rijitlik merkezinde kaymaya sebep olabilecek bir unsur olup yapıda burulma düzensizliğini tetikleyebilir.



Şekil 5. 92: Tipik Kule Kat Planı

### **Burulma Düzensizliği -Bölme Duvar Yoğunluğu**

Bölme duvarların yapı içerisinde tek bir noktada yoğunlaşmaması ve yapıya dağıtılması olumlu bir durumdur. Ayrıca yapı içerisinde bölme duvarların seyrek olması yapıyı hafifletecek bir unsur olup rijitliğini arttıran bir faktördür.



Şekil 5. 93: Tipik Kule Kat Planı

### **Döşeme Düzensizliği-Boşluk Oranı**

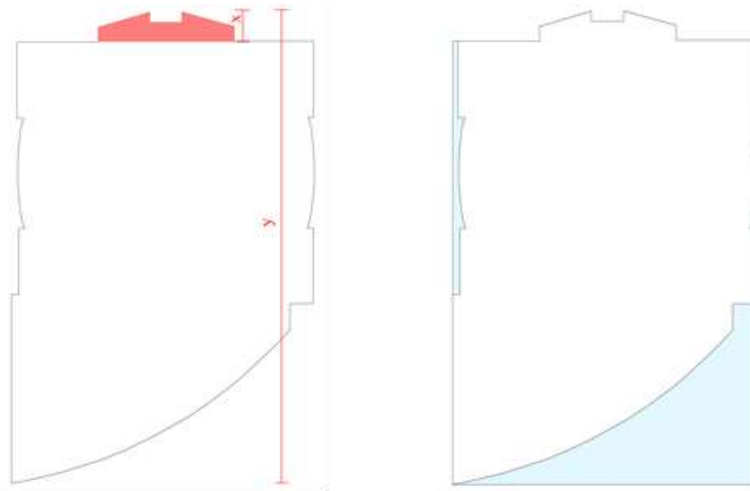
Yaklaşık 885 m<sup>2</sup> olan tipik kule kat planında yaklaşık 81 m<sup>2</sup> boşluk bulunmaktadır. Yönetmelikte bulunan 1/3 oranı geçilmemiştir ve yönetmeliğe uygun şekilde boşluk açılmıştır.



Şekil 5. 94: Tipik Kule Kat Planı

### **Çıkma Düzensizliği -Var Olan Çıkımların Yönetmeliğe Uygunluğu**

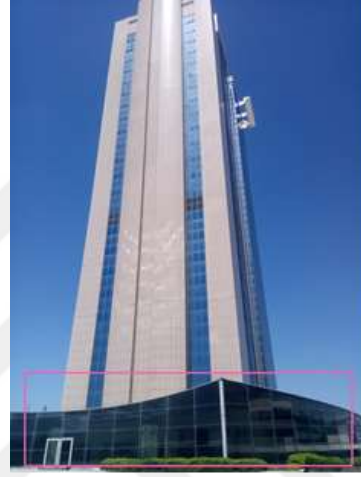
Plan düzleminde hem çıkma hem de girintiler bulunmaktadır. Mavi işaretlenmiş alanlar yapının düzgün geometri ile tamamlanmış ve girinti yapılmış yerlerini işaret etmektedir. Plan düzleminde yapılan çıkma  $x < 0.2$  y olmak üzere yönetmeliğe uygun olarak düzenlenmiştir.



### Şekil 5. 95: Tipik Kule Kat Planı

#### **Zayıf Kat Düzensizliği-Zeminde Açıklık Olması**

Baza kütlesinde hem açıklık hem kapalılık görülmektedir. Tam kule kütlelerinin hizasında açıklık olması hafiflik yaratarak olumsuz bir etkiye sebep olmaktadır. kule kütlelerinde her katta açıklık ve kapalılık dengeli bir şekilde ilerlemektedir. Bu durum yapıyı pozitif yönde etkilemektedir.



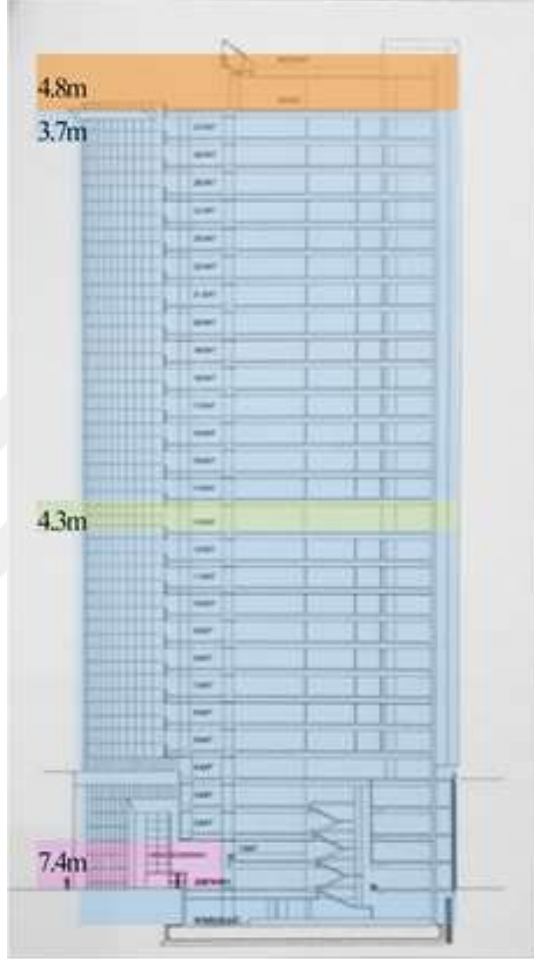
Şekil 5. 96: İstanbul Gelişim Üniversitesi-Zeminde Açıklık (url-88; url-89)



Şekil 5. 97: İstanbul Gelişim Üniversitesi-Zeminde Açıklık (url-88; url-89)

### **Yumuşak Kat Düzensizliği-Katlar Arası Yükseklik Farkı**

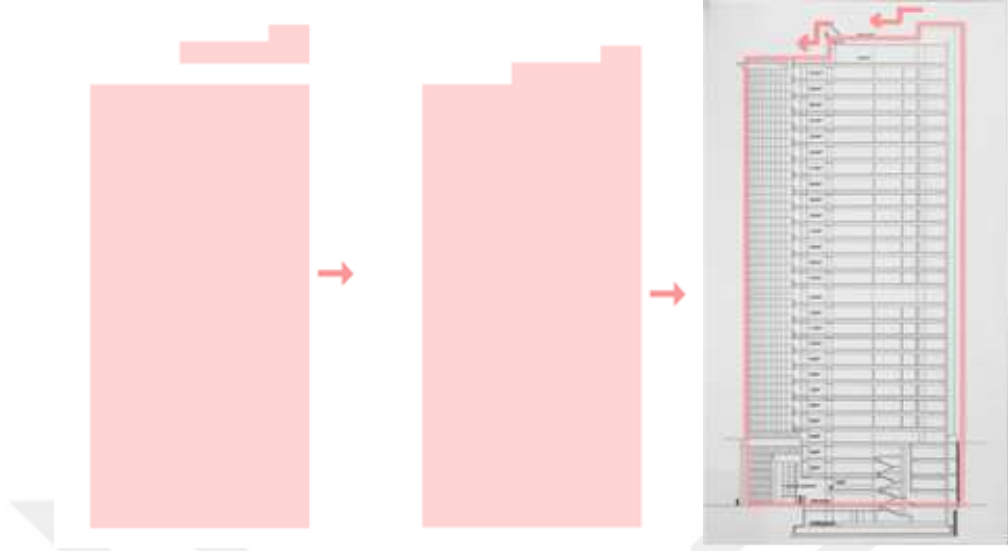
Zemin katta bir kısım 7.4m, diğer kısım 3.7m devam etmektedir. Kule genelinde katlar 3.7m'dir. Kulede ara katta 4.3m yüksekliğinde bir kat bulunmaktadır. Çatı katı yüksekliği 4.8m dir. Yani yapıda farklı yükseklikler bulunmaktadır ve bu durum yapıyı düzensizliğe itebilecek bir unsurdur.



Şekil 5. 98: Katlar arası yükseklik farkı-İstanbul Gelişim Üniversitesi

### **Yumuşak Kat Düzensizliği -Yapı Geometrisinde Ani Geçişler**

Yapı farklı açılardan farklı görünümlere sahip olduğu için geometrisi farklı yönlerden görünüşleri bir araya getirerek incelenmiştir. İlk görselde baza ve kule kütlelerinde herhangi bir değişim bulunmamaktadır ve çatıda kademelenme görülmektedir. İkinci görselde ise baza kütlelerinden kuleye ani bir geçiş görülmektedir. Çatı tepesinde yumuşak bir geçiş yapılmıştır.



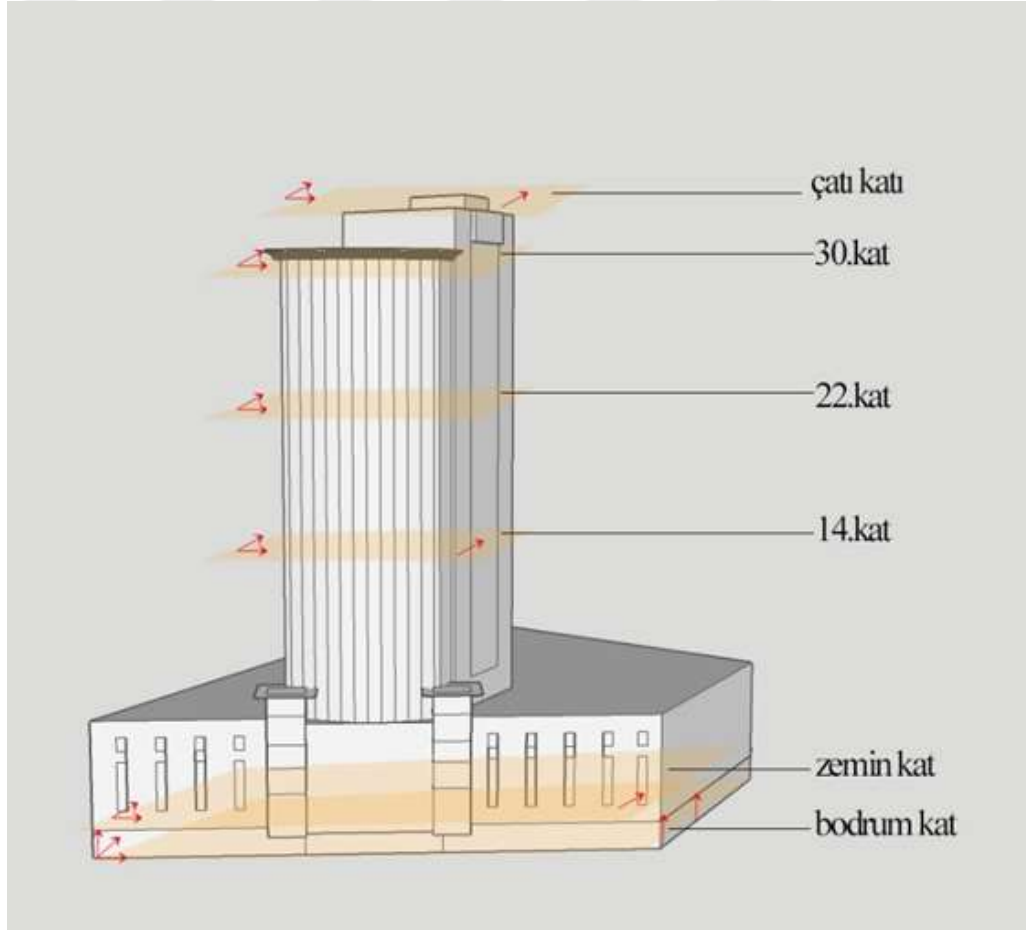
Şekil 5. 99: Yapı Geometrisi-İstanbul Gelişim Üniversitesi (Sağlam,2016)



Şekil 5. 100: Yapı Geometrisi-İstanbul Gelişim Üniversitesi (Sağlam,2016)

## YSİSUY'e Göre Sağlık İzleme Sistemin İstanbul Gelişim Üniversitesi (Zorlu Plaza)'ya Uygulanması

118m yüksekliğe sahip olan İstanbul Gelişim Üniversitesi yönergeye göre asgari olarak 16 ivmeölçer bulundurmalıdır. Buna göre bodrumda üç adet z düzleminde paralel sensör ve x ve y düzleminde birbirine dik sensör yerleşimi yapılmalıdır. Zemin katta normalde x ve y düzleminde dik iki sensör yerleşimi önerilmektedir ama bu alanda açıklık varlığı düzensizlik yaratabileceği için ek sensör yerleşimi önerilmiştir. Aynı durum 14. Katta yükseklik değişimi yaşandığı için önerilmiştir. Ara kat olarak 22.katta ve 30.katta birbirine dik x-y düzleminde iki sensör yerleşimi uygulanabilir. Çatı katında ise yönergeye göre iki paralel ve bir dik olarak x-y düzleminde ivmeölçer yerleşimi uygulanmalıdır.



**Şekil 5. 101:** Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi- İstanbul Gelişim Üniversitesi

#### 5.4.5 TBDY 2018 Düzensizlikleri ve Yapı Sağlığı İzleme Sisteminin Çamlıca Tepesi Radyo ve TV Kulesi Üzerinden İncelenmesi

**Tablo 5. 14:** Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi- Proje Künyesi (url-90; Hazır Beton,2018)

<b>Firma/Mimar</b>	Melike Altınışik Mimarlık
<b>Statik Firması/Mühendisi</b>	Balkar Mühendislik
<b>Konum</b>	Küçük Çamlıca Tepesi-İstanbul
<b>Yapının Yüksekliği</b>	369m
<b>Kat Sayısı</b>	49
<b>İşlevi</b>	Radyo Kulesi
<b>Taşıyıcı Sistemi</b>	Mega Kolon(Şaft)
<b>Çerçeve Sistem Malzemesi</b>	Betonarme çekirdek+ Çelik kaburga
<b>Yapı Temeli</b>	Kazıklı Radye Temel
<b>Proje Uygulama Tarihi</b>	2016-2019
<b>Tabi Tutulduğu Yönetmelik</b>	2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik



**Şekil 5. 102:** Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi (url-91)

2020 yılında yapımı tamamlanan ve yarışma projesi olan Çamlıca Radyo ve Tv Kulesi 10.000m<sup>2</sup> bir arsa alanı üzerinde 2.400m<sup>2</sup> toplam alana sahiptir. Toplam 369m yüksekliğe sahip olan kulenin betonarme kısmı 203,5m çelik anten kısmı 165 metredir. Radyo kulesi işlevi olan kulede; 148 ve 153 metrelerde seyir terası, 175 ve 180

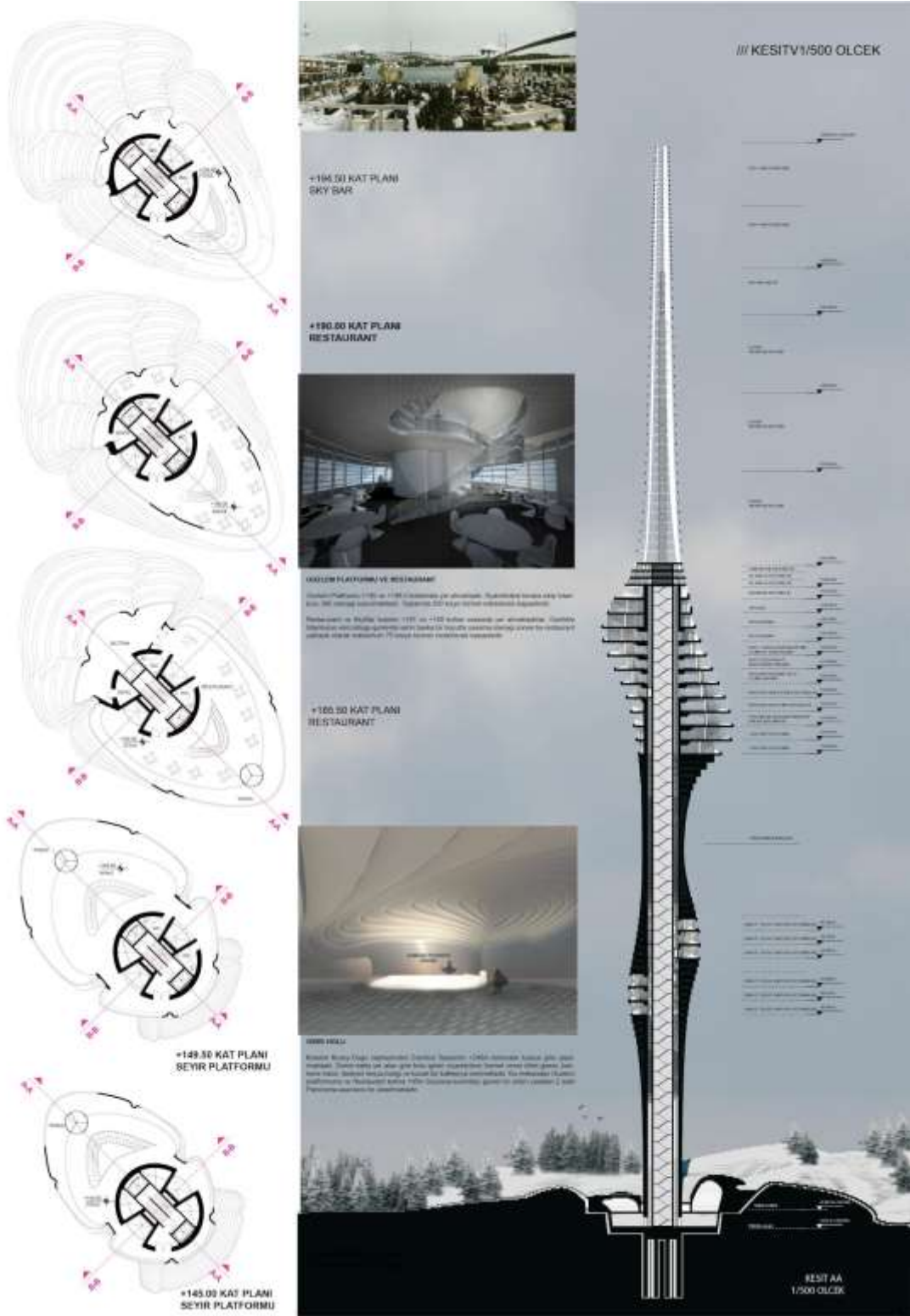


metrelerde restoran, zeminde açık hava tiyatrosu düzenlemesi vardır (Hazır Beton,2018).

Projenin konseptini oluşturan ögeler; monolitiklik, akışkanlık ve ebediyet şeklinde olup zamansızlık kavramını ve doğayla- kentle uyumlu bir tasarım oluşturma kaygısı içinde tasarlanmıştır. Monolitiklik yapının strüktürüne mega bir şaft sistem tercihi ile yansımıştır. Bu sayede kule katları dinamik ve akışkan formları ile çekirdek üzerinde yükselmiştir. Yapının formunda yıllardır Türk kültüründe mühim bir simge niteliğine sahip olan 'lale' ögesinden yansımalar bulunmaktadır. Bu yansıma yapının formunun lale tomurcuğuna benzetilmesinden de anlaşılmaktadır. Ayrıca zemin katta doğal topoğrafyaya uyumlu şekilde bağlantı kurulması ağaç köklerine benzetilmektedir (url-90).Üst ölçekten referanslara bakıldığında Asya ve Avrupa kıtalarının bağlantı noktasında bulunması durumunun cephelere farklı davranılmasından anlaşılabilirdiği görülmektedir. Çevresel olarak tasarımı şekillendiren faktörler; hakim rüzgar yönü, gözlem noktaları ve ana taşıyıcı - iletişim sistemlerinin bağlantısı şeklinde sıralanabilir (Hazır Beton,2018).

Yapının taşıyıcı sistemi; 3 metre boyunda kazıklı radye temel, 203 metre betonarme şaft ve platformları destekleyen çelik kaburgalardan(kiriş) meydana gelmektedir. Betonarme şaft; merdiven, servis asansörü, panoramik asansör, elektrik-mekanik şaft gibi ögelerini içerisinde barındırmaktadır (url-90). Ayrıca zemin katta 8 adet eşit açılarla yerleştirilmiş 13metre boyunda perde duvarlar ile ana taşıyıcı desteklenmektedir (Hazır Beton,2018).

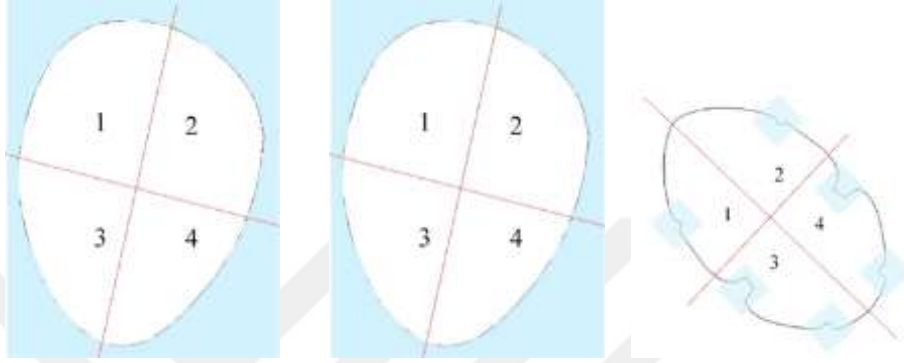




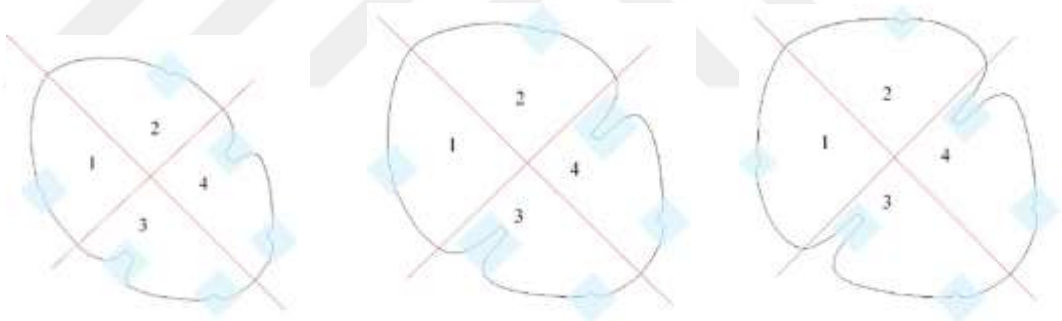
Şekil 5. 104: Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi Planları ve Kesiti (url-90)

### **Burulma Düzensizliği -Planda Simetri**

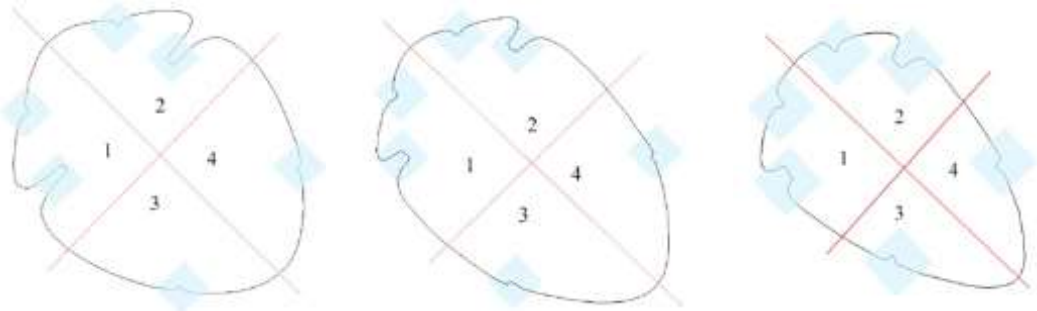
Bodrum ve zemin kat plan geometrisi aynı olup ikisinde de 1-2-3-4 numaralı parçalardan hiç biri tekrar etmemektedir. Yani simetri bulunmamaktadır. Diğer planlarda ise y yönünde simetri bulunurken x yönünde simetri bulunmamaktadır. Mavi işaretli noktalar ve genel plan geometrisi x yönünde simetriyi bozmaktadır. Bu durum yapıyı olumsuz etkileyebilmektedir.



**Şekil 5. 105:** Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu



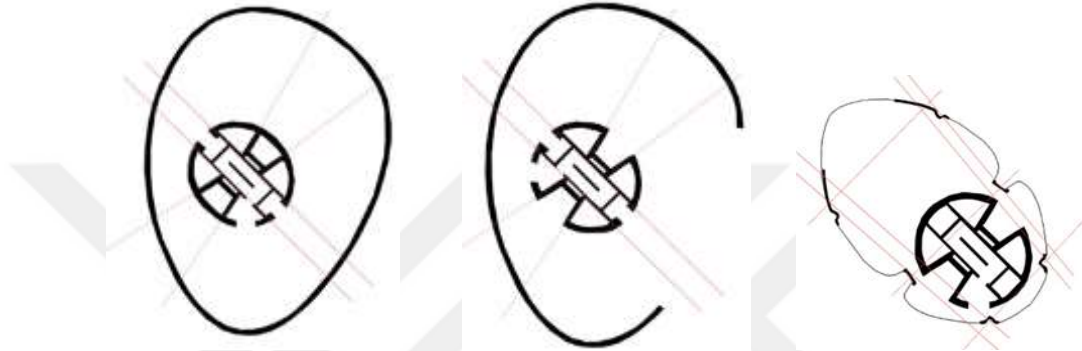
**Şekil 5. 106:** +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı



**Şekil 5. 107:** +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı

### **Burulma Düzensizliği- Taşıyıcı Sistemde Simetri**

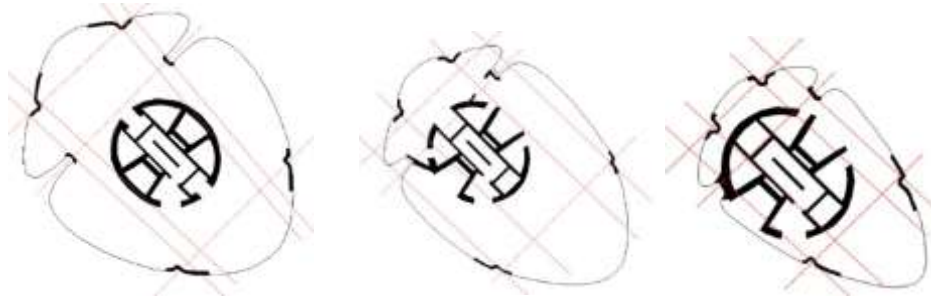
Bodrum katta ve zemin katta plan geometrisinin sonucu olarak perde duvarlar simetrik değildir. Fakat bodrum katta perdelerin kesintisiz devam etmesi ve zeminde açıklık yaparak hafiflemesi olumlu bir durumdur. Tüm kat planlarında çekirdeğin(mega kolon) merkezde olmaması durumu yapıyı olumsuz etkileyebilecek bir faktördür. Ayrıca bodrum ve zemin dışındaki katlarda cephedeki perdeler y yönünde simetrikken x yönünde simetrik değildir.



**Şekil 5. 108:** Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu



**Şekil 5. 109:** +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı



**Şekil 5. 110:** +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı

### **Burulma Düzensizliği -Bölme Duvar Yoğunluğu**

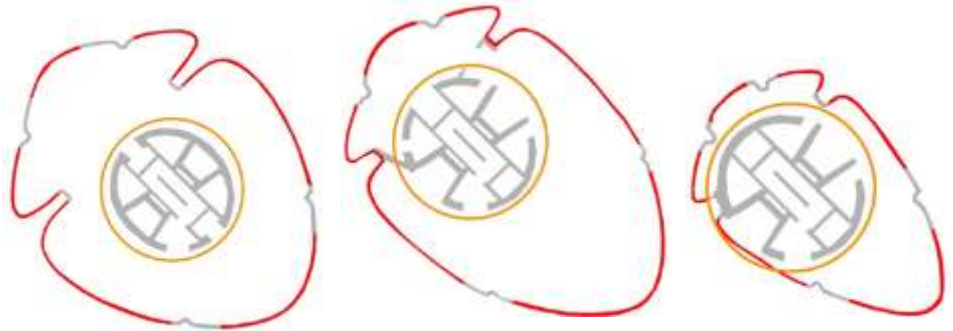
Bodrum katta bölme duvarlar yapı içerisinde çekirdeğe yakın ve tek bir alanda yığılma olmadan dağılım göstermektedirler. Zemin katta da bölme duvarların çekirdeğe yaklaşması ve tek bir alana yığılma durumunun olmaması olumlu olarak değerlendirilebilir. Diğer katlarda iç mekanda bölme duvar bulunmaması yapının hafifleşmesi bakımından olumlu bir durumdur. Ve cephe boyunca devam eden duvarlarda malzeme değişimi görülmektedir. Yani o alanlarda bölme duvar yoğunluğu cam malzeme ile azalmaktadır.



**Şekil 5. 111:** Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu



**Şekil 5. 112:** +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı



**Şekil 5. 113:** +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı

### **Döşeme Düzensizliği -Boşluk Oranı**

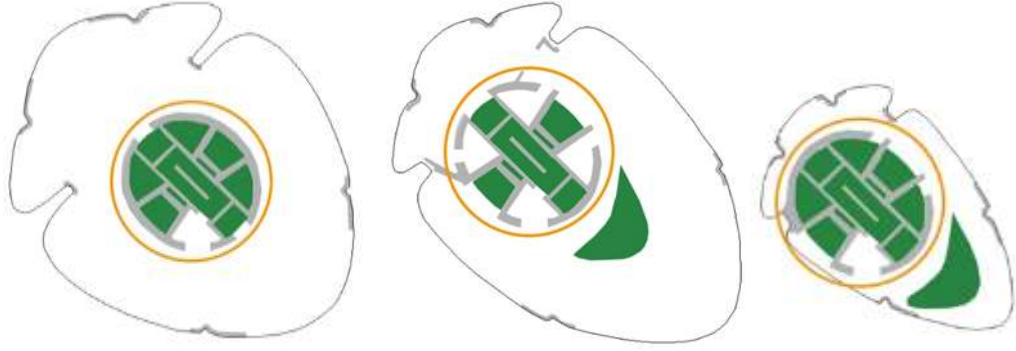
535 m<sup>2</sup> bodrum katında yaklaşık olarak 73 m<sup>2</sup> bir boşluk bulunmaktadır. 500 m<sup>2</sup> zemin katta yaklaşık 73 m<sup>2</sup> bir boşluk bulunmaktadır. 230 m<sup>2</sup> olan +145.00 kotu seyir platformunda yaklaşık 73 m<sup>2</sup> bir boşluk bulunmaktadır. 345 m<sup>2</sup> olan +149.50 kotu seyir platformunda yaklaşık 97 m<sup>2</sup> boşluk bulunmaktadır. 450 m<sup>2</sup> olan +154.00 kotu UPS enerji dağıtım panoları enerji sistemleri katında yaklaşık 73 m<sup>2</sup> bir boşluk bulunmaktadır. 425 m<sup>2</sup> olan +158.50 kotu FM verici soğutma sistemleri katında yaklaşık 73 m<sup>2</sup> bir boşluk bulunmaktadır. 450 m<sup>2</sup> olan +172.00 FM verici sistemleri ve U-link salonu katında yaklaşık olarak 73 m<sup>2</sup> bir boşluk bulunmaktadır. 370 m<sup>2</sup> olan +185.50 restoran katında yaklaşık 66 m<sup>2</sup> bir boşluk bulunmaktadır. 117 m<sup>2</sup> olan +194.50 kotu asansör sistemleri katında yaklaşık 87 m<sup>2</sup> boşluk bulunmaktadır. Tüm kat planları yönetmelikteki 1/3 oranını geçmeyerek uygun tasarlanmıştır. Ama +145.00 kotu katı sınıra çok yakın bir değerde boşluğa sahiptir.



**Şekil 5. 114:** Bodrum Kat (-5.00), Zemin Kat (+0.00), +145.00 Seyir Platformu



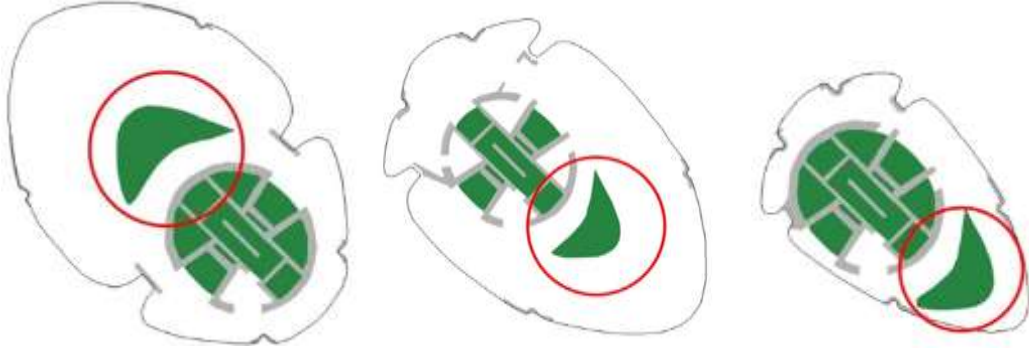
**Şekil 5. 115:** +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı



**Şekil 5. 116:** +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı

**Döşeme Düzensizliği-Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Yük Aktarımını Bozacak Şekilde Boşluklar**

Yapıdaki boşluklar incelendiğinde +149.50, +185.50 ve +194.50 kotlarındaki katlarda boşlukların hemen yakınında bir taşıyıcı eleman olmadığı görülmektedir. Bu durum önlem alınmamış ise yük aktarımını bozabilecek bir durum olarak değerlendirilebilir.



**Şekil 5. 117:** +149.50 Seyir Platformu, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Asansör Sistemleri Katı

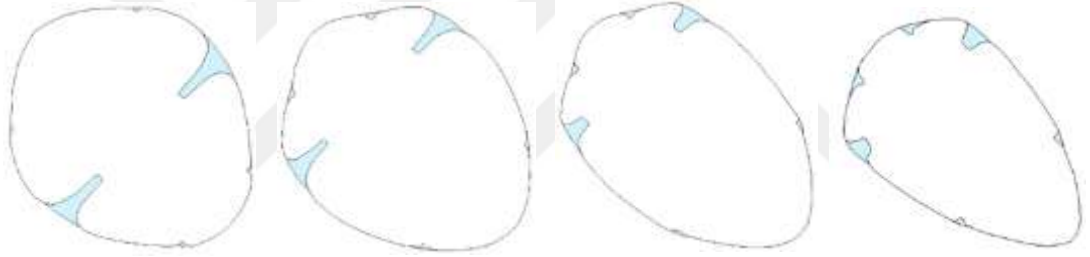


### **Çıkma Düzensizliği -Var Olan Çıkmaların Yönetmeliğe Uygunluğu**

Yapıdaki kat planları incelendiğinde planlarda çıkmaların olmadığı görülmektedir. Ama girintiler mevcuttur. Düzgün geometrik forma sahip olmayan bu planlarda ani içe girintiler mavi boyalı alanlar ile temsil edilmiştir.



**Şekil 5. 118:** +145.00 Seyir Platformu, +149.50 Seyir Platformu, +154.00 Kotu Katı



**Şekil 5. 119:** +158.50 Kotu Katı, +172.00 Kotu Katı, +185.50 Restoran Katı, +194.50 Kotu Katı

### **Zayıf Kat Düzensizliği -Zeminde Açıklık Olması**

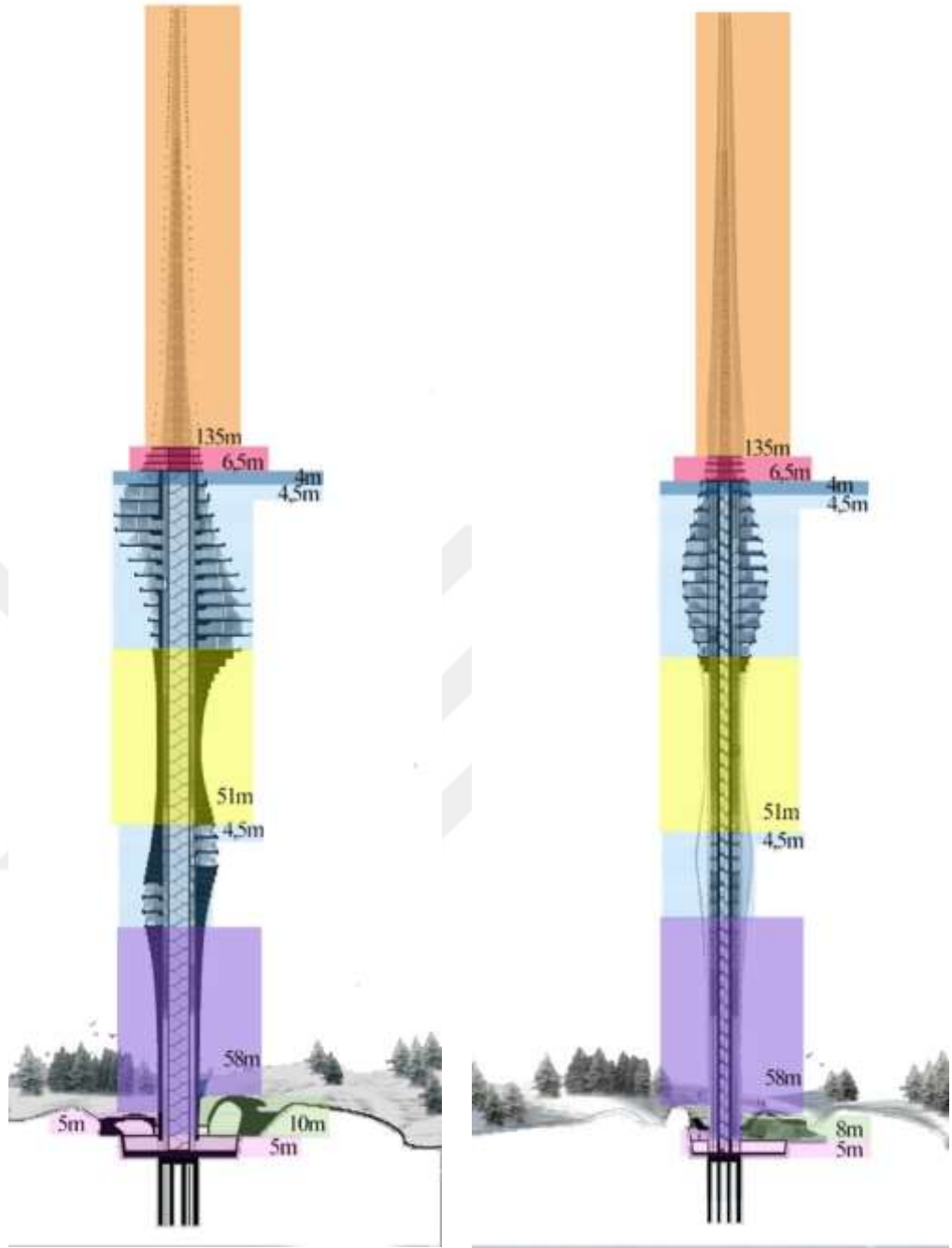
Zeminde malzemenin değiştiği ve açıklık oranının arttığı görülmektedir. Yapının zeminde hafiflemesi olumsuz bir durumdur. Fakat zeminde geri kalan kısımların perde duvar ile güçlendirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Kuledeki bombeli alanlarda da malzemede değişim okunmaktadır. Bu durum üst katlara doğru yapının hafifleşmesine sebep olarak yapıyı olumlu etkileyebilecek bir unsurdur.



**Şekil 5. 120: Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi -Zeminde Açıklık**

### **Yumuşak Kat Düzensizliği -Katlar Arası Yükseklik Farkı**

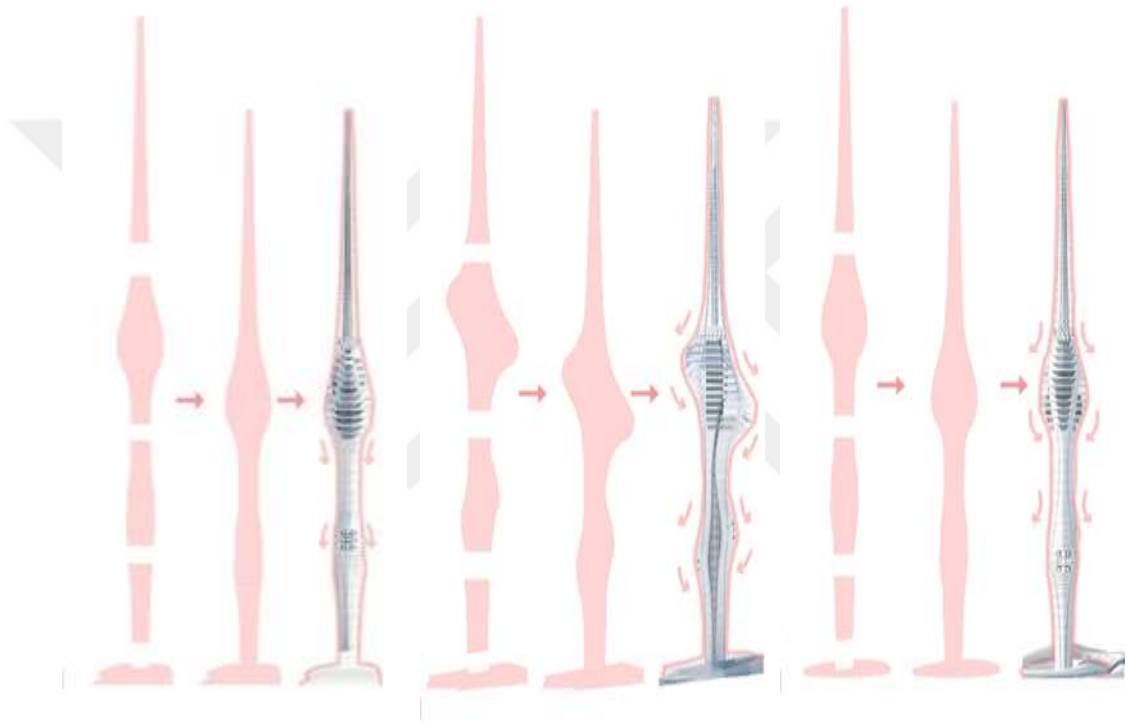
Teknik alan(bodrum kat) 5m, zemin kat(giriş lobisi, resepsiyon) 8m-5m-10m olarak kesit noktasına göre değişkenlik göstermektedir. Kuledeki katlar +194.50 kotu asansör sistemleri katı hariç 4,5mdir. Sirkülasyon olarak ayrılan kısımlar 58m ve 51m olarak farklılık göstermektedir. Asansör sistemleri katı ise 4m dir. Anten sistemleri 6,5m ve direk 135mdir. Kule katlarının asansör sistemleri katı hariç aynı yükseklikte devam etmesi olumludur. Fakat asansör sistemleri katı, zemin kat ve anten sistemlerinde yükseklik değişimi yapıyı olumsuz yönde etkileyebilecek bir husustur.



Şekil 5. 121: Katlar arası yükseklik farkı- Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi

### **Yumuşak Kat Düzensizliği -Yapı Geometrisinde Ani Geçişler**

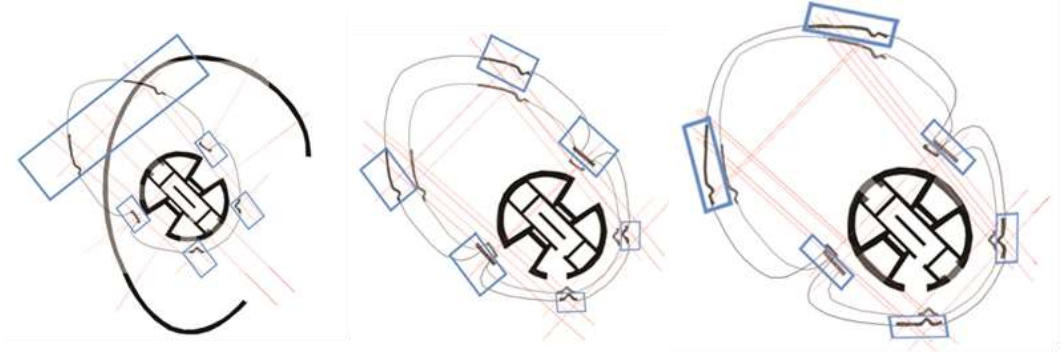
Yapı kabaca beş parça halinde ve üç cepheden incelendiğinde zemindeki kütleden kuleye ani geçiş olduğu görülmektedir. Fakat bu geçiş dik açılı olmayan geometrik form ile yumuşatılmıştır. Kulede küçük ve büyük olmak üzere iki bombeleşme görülmektedir. Bu bombeler her cepheden aynı yönde ve aynı açı ile çıkmamaktadır. Bu durum geometrik düzensizlik yaratabilecek bir faktördür. Ayrıca kuleden ani bir geçiş ile bağlantı kurmaktadırlar. Ama yapının organik formu ani geçişlerin yumuşatılmasına destek olmuştur.



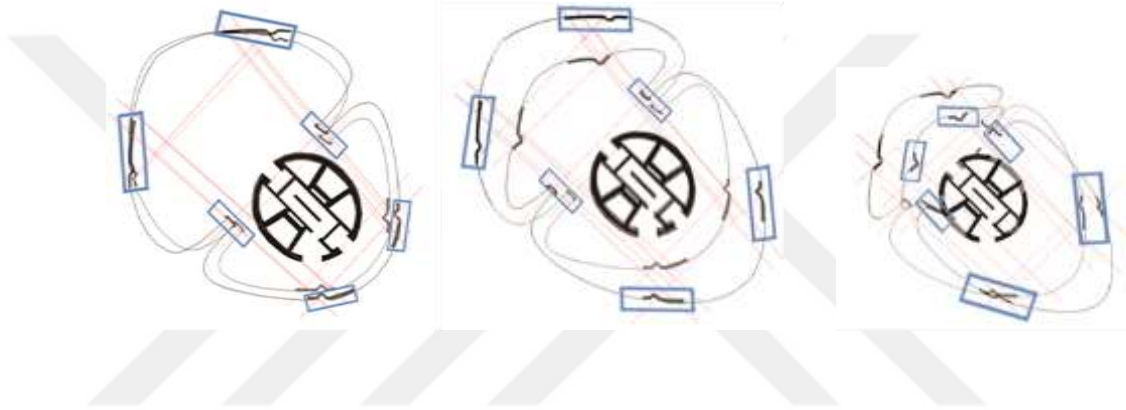
Şekil 5. 122: Yapı Geometrisi- Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi

### **Diğer Düzensizlik -Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması**

Farklı kat planları üst üste bindirildiğinde perde elemanların aynı düşey aksta devam etmediği, kayarak devam ettiği görülmektedir. Bu durum yapının rijitliğini olumsuz yönde etkileyebilecek bir durumdur. Buna karşı genelde opak duvar kullanımı ile burulma riski azaltılmaya çalışılır ve bu kullanım yapıda görülmektedir.



**Şekil 5. 123:** Zemin üzeri +145.00 Kotu Seyir Katı, +145.00 Kotu üzeri +149.50 Kotu Seyir Katı , +149.50 Kotu Seyir Katı üzeri +154.00 Kotu Katı

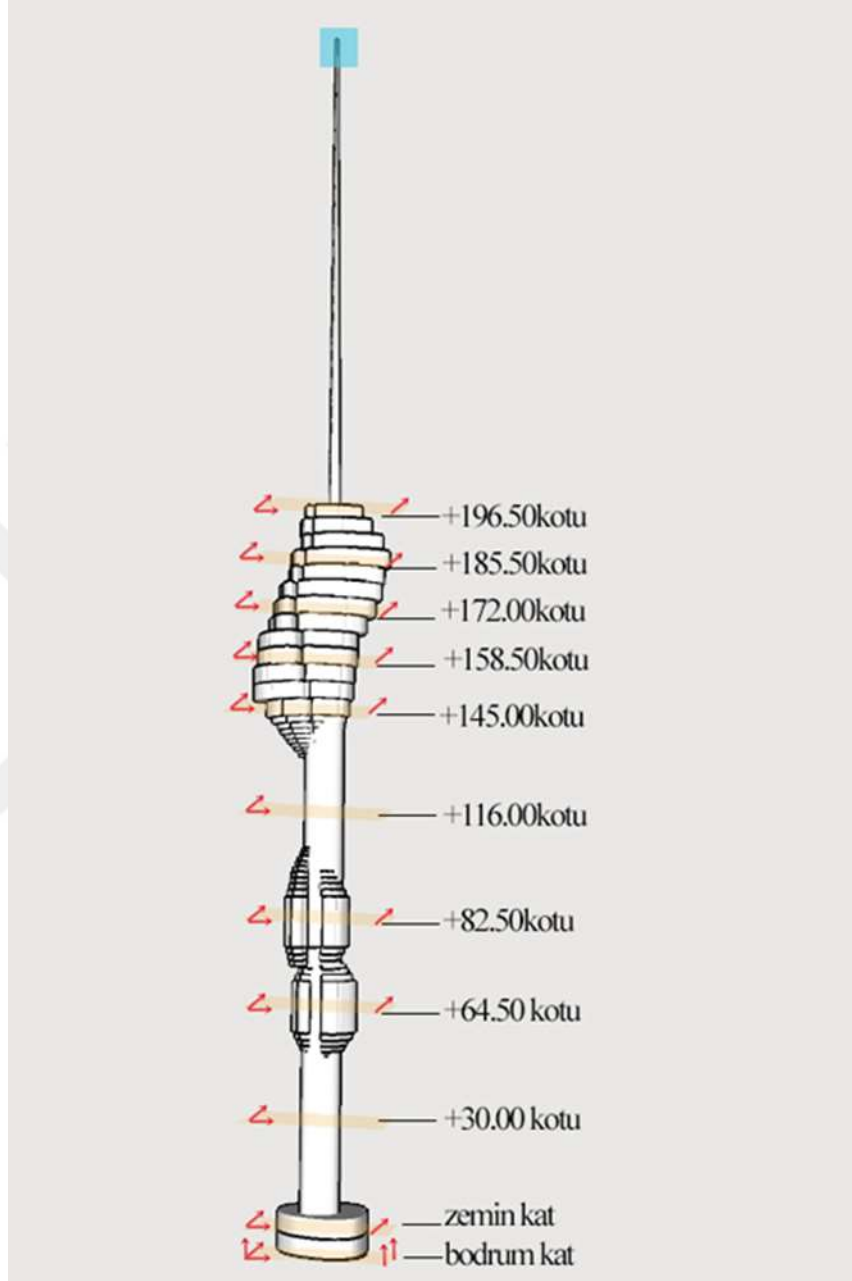


**Şekil 5. 124:** +154.00 Kotu Katı üzeri +158.50 Kotu Katı, +158.50 Kotu Katı üzeri +172.00 Kotu Katı, +172.00 Kotu Katı üzeri +185.50 Kotu Katı

### **YSISUY'e Göre Sağlık İzleme Sistemin Çamlıca Tepesi Tv Radyo Kulesi 'ne Uygulanması**

Antensiz yüksekliği ile 220m yüksekliğe sahip olan Çamlıca Tepesi Tv Radyo Kulesinde asgari sensör sayısı yönergeye göre 32 adet yerleştirilmelidir. Bodrum katta x ve y düzleminde birbirine dik iki adet sensör ve üç adet paralel z yönünde sensör yerleştirilmelidir. Zemin katta belirli bir alanda açıklık var olması durumu ek sensör ihtiyacını doğurmaktadır. Bu yüzden bu katta iki adet birbirine dik ve bir adet paralel sensör yerleşimi uygulanmalıdır. +30.00 kotu ve +116.00 kotu normal ara katlardır ve iki adet birbirine dik x ve y düzleminde sensör yerleşimi önerilebilir. +196.50 kotunda (çatı kotu) yönergeye göre iki adet birbirine dik bir adet paralel olmak üzere yerleşim uygulanmalıdır. +185.50, +172.00, +158.50, +145.00, +82.50 ve +64.50 kotları kulede bombeleşen kütlelere denk gelerek ağırlaşan alanlar oldukları için ek izlenim önerilmesi yapılmıştır. Bu kotlarda iki adet x ve y yönünde birbirine dik ve bir adet

paralel sensör yerleşimi uygulanabilir. Antende ise rüzgar hız ölçüm sensörü yerleşimi önerilmektedir.



Şekil 5. 125: Sağlık İzleme Sistemi Yerleşim Önerisi- Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi

## BÖLÜM VI

### 6.SONUÇ

#### 6.1 DEĞERLENDİRMELER

Yapılan literatür araştırması sonucunda yüksek yapıların diğer yapılara oranla yanal yüklere karşı daha büyük riskte oldukları ve özel olarak tasarlanmalarının şart olduğu görülmektedir. Deprem ve rüzgâr gibi yanal yüklere karşı dayanım göstermeleri adına özenle tasarlanmaları gereken yüksek yapıların, afet bölgelerinde ek önlemlerle desteklenmeleri gerekmektedir. Türkiye’de İstanbul kenti bu bağlamda göze çarpan bir örneği teşkil etmesi ile çalışmanın konusu olmuştur. 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliği öncesinde deprem yönetmeliklerinde yüksek yapılara özel belirlenmiş kurallar bulunmamaktaydı. Bu nedenle yüksek yapılar adına 2018 yönetmeliğinde yeni düzenlenen kurallar bu tez kapsamında değerlendirilmiş olup örnek yapılar üzerinden tartışılmıştır. Örnek yapılar; Sapphire Tower, Metrocity, Elit Residence, İstanbul Gelişim Üniversitesi(Zorlu Plaza) ve Çamlıca Tepesi Tv Radyo Kulesi olarak İstanbul’un farklı yerlerinde konumlanan ve farklı zamanlarda inşa edilen yüksek yapılardan oluşmaktadır. Seçilen bu yapılar TBDY2018’de bulunan plan düzlemindeki ve düşeydeki düzensizlikler tarafından değerlendirilmiştir. Düzensizliklere ek olarak TBDY2018’de yüksek yapılar için uygulaması gereken yapı sağlığı izleme sistemi uygulama kuralları örnek yapılar üzerinden değerlendirilerek mimari olarak bu konudaki literatürün genişletilmesi hedeflenmiştir.

Sapphire Tower yapısındaki düzensizlik kuralları incelendiğinde görülen olumsuzluklar; çekirdeğin konumunun plandaki simetriyi bozduğu, taşıyıcı sistemdeki simetriyi bozan noktaların olduğu, kat planlarında bölme duvar yoğunluğunda rijitliği olumsuz etkileyebilecek dağılımlar, taşıyıcı sistem elemanlarının yük aktarımını bozacak şekilde zemin katta boşluk bulunması, katlar arası yumuşak kat düzensizliğine sebep olabilecek farklı yüksekliklerin bulunması, geometrik olarak yumuşatılmaya

çalışılmış ani geçişli geometrik forma sahip olunması, kaset döşeme tercihi(zımbalama etkisi) şeklinde sıralanabilir.

Sapphire Tower yapısı için olumlu yönler ise boşluk oranları, çıkımlar, zayıf kata sebep olabilecek ani malzeme değişiminin olmaması, perde elemanların üst katlarda kolon olarak devam etmesi şeklindedir. Yapı sağlığı izleme sistemi yerleşimi örneğinde ise minimum 32 sensör yerleşim yapılması gerekmektedir. Yönergenin belirlediği alanlara ek olarak yükseklik farkı olan rekreasyon alanlarına ek sensör yerleşimi uygulanması önerilmektedir. Uygulama projesinde bulunan ve yapı sağlık izleme sisteminin bir parçası olan rüzgar hız sensörü yönerge içerisinde var olmamakla birlikte uygulanması tüm yüksek yapılar için önerilmektedir.

Metrocity yapısındaki olumsuzluklar; planda simetrisinin olmaması, konut kulesinin tipik kat planda çekirdek boşluğunun simetrik olmaması ve ofis kulesi tipik kat planında simetriyi bozan perde duvarların bulunması, bölme duvar dağılımında dengesizlik, zayıf kata sebep olabilecek ani malzeme değişiminin bulunması, yumuşak kata sebep olabilecek yükseklik farklarının ve ani geometrik geçişlerin olması şeklinde analiz edilmiştir. Olumlu taraflar ise; konut kulesi tipik kat planının çekirdek boşluğu haricinde simetrik olarak tasarlanması, boşluk ve çıkma oranlarının yönetmeliğe uygun tasarlanması şeklindedir. Yüksekliğine göre yapı sağlığı izleme sisteminde minimum 16 sensör yerleşimi uygulanmalıdır. Yönergede belirtilen noktalara ek olarak zemin katta açıklık bulunmasından ötürü bu katta ve ofis kulesindeki kat yüksekliği farklı olan 7. ve 24. katlarda ek sensör yerleşimi önerilmiştir.

Elit residence yapısındaki olumsuz yönler; planda ve taşıyıcı sistemde simetrisinin olmaması, bölme duvar yoğunluğunun çekirdek konumu ile bozulması, zayıf kata sebep olabilecek açıklıkların bulunması, yumuşak kata sebep olabilecek yükseklik farkları ve geometride ani geçişlerin bulunması, kaset döşeme tercihi(zımbalama etkisi) şeklindedir. Olumlu kısımları; bölme duvarların merkeze doğru yoğunlaşması, boşluk oranlarının yönetmeliğe uyması ve döşeme tercihinde zımbalama etkisine karşı önlemlerin alınması şeklindedir. Yönergeye göre yapı yüksekliğine göre minimum 16 sensör yerleşimi uygulanmalıdır. Yönerge kapsamında önerilen alanlar haricinde 3. ve 21. katta doluluk oranı azaldığı için ek sensör yerleşimi önerilmiştir.

İstanbul Gelişim Üniversitesi incelendiğinde olumsuzluklar; planda ve taşıyıcı sistemde asimetri, zayıf kat oluşumunu tetikleyebilecek zemin açıklığının bulunması, yumuşak kat düzensizliğine sebep olabilecek olan yükseklik farkları ve ani geometrik



geçişlerin bulunması şeklinde sıralanabilir. Olumlu yönler ise; bölme duvar yoğunluğundaki dengeli dağılım, yönetmeliğe uygun tasarlanmış boşluk ve çıkma oranları şeklindedir. Yönergeye göre bu yapıda en az 16 adet sensör yerleşimi uygulanmalıdır. Yönergenin yerleşim kurallarına ek olarak yapının zemin katında bulunan açıklık sonucu bu katta ek sensör yerleşimi önerilmektedir.

Çamlıca Tepesi Radyo ve Tv Kulesi'nin olumsuz taraflarına bakıldığında; taşıyıcı sistemde ve plan düzleminde simetriyi bozan alanların olması, taşıyıcı sistem elemanlarının yük aktarımını bozacak şekilde konumlanan boşlukların bazı katlarda bulunması, yumuşak kat düzensizliğini tetikleyen geometride ani geçişler ve yükseklik farklarının bulunması, taşıyıcı eleman eksenlerinde paralellik bulunmaması durumları göze çarpmaktadır. Olumlu taraflar ise; bölme duvar yoğunluğundaki dengeli dağılım, boşluk oranlarının yönetmelik kurallarına uyması, zemindeki açıklığa karşı önlem alınması ve taşıyıcı eleman eksenlerindeki paralel olmama haline karşı önlem alınması şeklinde sıralanabilir. Yönergeye göre yapıda en az 32 adet sensör yerleşimi uygulanmalıdır. Yönergenin önerdiği alanlara ek olarak zeminde açıklık bulunduğu için zemin katta ve bombeleşen kütlelerdeki ağırlaşmalar sebebi ile bu alanlarda ek sensör önerilmiştir.

**Tablo 5. 15:** Örnek Yapıların Analiz Tablosu (+ Düzenli, - Düzensizlik Var, Boşluk= Bilgi Yetersiz)

Yapı Adı		Sapphire Tower	Metrocity	Elit Residence	İstanbul Gelişim Üniversitesi	Çamlıca Tepesi Radyo Ve Tv Kulesi
<b>Burulma Düzensizliği</b>	Planda Simetri	-	-	-	-	-
	T.Sistemde Sİmetri	-	-	-	-	-
	Bölme Duvar Yoğunluğu	-	-	-	+	+
<b>Döşeme Düzensizliği</b>	Boşluk Oranları	+	+	+	+	+
	T.Sistem Elemanlarının Yük Aktarımını Bozacak Şekilde Konumlanması	-				-
<b>Çıkma Düzensizliği</b>		+	+	+	+	+
<b>Zayıf Kat Düzensizliği</b>	Zeminde Açıklık	+	-	-	-	-
<b>Yumuşak Kat Düzensizliği</b>	Yükseklik Farkları	-	-	-	-	-
	Yapı Geometrisi	-	-	-	-	-
<b>Eleman Süreksizliği</b>		+				
<b>Diğer Düzensizlikler</b>	Döşeme Türü	-		-		
	T.Sistem Elemanlarının Paralel Olmaması	+				-
<b>Sağlık İzleme Sistemi</b>	Sensör Adeti	32	16	16	16	32
	Yerleştirilmesi Gereken Katlar	bodrum, zemin, rekreasyon alanları, 54. ve 60.kat, çatı katı.	bodrum, zemin, 7.,16.,24. Kat(Ofis), 10.,18.,26. Kat(Konut), çatı.	bodrum, zemin, 3.kat, 21.kat, çatı kat.	bodrum, zemin, 14.,22.,30., çatı katı.	bodrum, zemin, +30, +64, +82, +116, +145, +158, +172, +185, +196 kotları.

## 6.2 SONUÇ VE ÖNERİLER

Örnek yapı değerlendirmeleri sonucunda yapıların; boşluk oranı, çıkma oranının yönetmeliğe uygun tasarlandığı, tüm yapılarda simetriyi bozan özellikler ve yumuşak kat oluşumuna sebep olan yükseklik farkları ve ani geçişlerin olduğu görülmektedir. Bölme duvar yoğunluğu, zemin kat açıklığı ve diğer hususların tasarımlar sonucunda değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Ayrıca tüm yapılardaki olumsuz yönlerin olumlu yönlerden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum yüksek yapılara özel yönetmelik kurallarının önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle bugüne kadar yüksek yapılara özgü bir yönetmeliğin olmaması bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. 2018 TBDY içerisinde bu eksiklik giderilmiştir fakat yüksek yapılar özelinde kuralların detaylandırılması gerektiği aşikardır. Kuralların detaylandırılmasının yanı sıra mimari hatalar sonucu hasarların yaşanmaması ya da disiplinlerarası çatışmaların önüne geçilmesi ve sürecin hızlandırılması adına yönetmelik olgusunun mimari bakış açısı ile sunulması önem arz etmektedir. Bu şekilde tasarımların ilk aşamalarında yapılabilecek olan hataların önüne geçilebilir ve daha rijit yüksek yapı tasarımlarının daha pratik bir şekilde oluşturulması sağlanabilir.

Deprem ülkesi olmamıza rağmen özellikle büyük şehirlerimizdeki yüksek yapı stoğunun son yıllarda giderek artması dikkat çekmektedir. Yüksek yapı stoğunun olası bir depremde görebileceği zarar düşünüldüğünde acilen mevcut yapı stoğunun deprem güvenliğinin ölçülmesi gerekliliği karşımıza çıkmaktadır. Özellikle beklenen İstanbul depreminin gerçekleşmesi halinde İstanbul'da yer alan yüksek yapılarda oluşacak hasarlar hem can kaybına yol açacak hem de çevre binaların güvenliğini tehdit edecektir. Bu çalışma kapsamında incelenen yapılar üzerinden bir genelleme yapılacak olursa yüksek yapıların deprem yönetmelikleri kurallarına belirli ölçülerde uyum sağlayabildiği görülmektedir. Ancak bu uyumun olası depremlerde ne kadar iyi bir performans sağlayabileceğini bilmek için gerekli ölçümlerin, testlerin ve analizlerin yapılması gerekmektedir. Mimari açıdan yapılan kısıtlı değerlendirmelerle bile söz konusu yapıların deprem performanslarını negatif yönde etkileyecek durumların söz konusu olduğu saptanmıştır. Bu nedenle vakit kaybetmeden İstanbul'daki yüksek yapıların deprem performanslarının ölçülmesi gerekmektedir. Ayrıca ülkemiz için gerekli olan bir diğer husus ise yüksek yapılar hakkında yönetmeliğin oluşturulmasıdır. Bu çalışma dünyadaki diğer ülkelerdeki mevzuat yaklaşımlarını da değerlendirerek bu konuda bir farkındalık oluşturmaya çalışmıştır. Gelecek çalışmalarda mevzuata yönelik önermeler yapılabilmesi için bir altlık

oluşturmak hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda yüksek yapılarıda kullanılan taşıyıcı sistem türleri, malzemeleri, yüksek yapılarıda etki eden yükleri ve mevcut yönetmelik koşullarını derleyerek literatüre katkı sağlamaya çalışılmıştır.



## BÖLÜM VII

### 7.KAYNAKLAR

- ABD EL-TAWAB, Aya Alsayed (2018), Comparing the structural system of some contemporary high rise building form, Fayoum University Journal of Engineering,C.1,S.2, ss.91-109.
- AKGÜN Tuğçe Duyunç (2010), *Karma İşlevli Yapıların Kentsel Ve Mimari Tasarım Arakesitinde Kamu Yararı Gözetilerek İrdelenmesi; Zincirlikuyu-Levent Aksı Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AKINCITÜRK Nilüfer (2003), Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, C.8,S.1,ss. 189-201.
- ALI Mir M.,MOON Kyoung-Sun (2018), Advances in Structural Systems for Tall Buildings: Emerging Developments for Contemporary Urban Giants, *Buildings*,C.8,S.8,ss.2-34.
- ALTUĞ Abdullah (2019),*Strüktürel Açıdan Yüksek Yapılar Ve Türkiye'deki Uygulamalar Üzerine Bir İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, Toros Üniversitesi Fem Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- ALYAMAÇ Kürşat Esat, ERDOĞAN Ali Sayıl (2005), “Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri Ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları”, *Deprem Sempozyumu*(23-25 Mart 2005), ss.707-715, Kocaeli.
- ARNOLD Christopher (2001), Architectural Considerations(Chapter 6), *İçinde, The Seismic Design Handbook*, Ed. Farzad Naeim, ss.275-326, Springer Science Business Media, New York, [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-1693-4\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-1693-4_6)
- ARNOLD Christopher (2006), Earthquake Effect On Buildings(Chapter 4), FEMA454:Designing for Earthquakes, *İçinde, A Manual for Architects*, ss.4.1-4.25,US Department of Homeland Security, Washington DC.

- ATASOY Neşe (2014),*Yüksek Yapılarda Güncel Tasarım Yaklaşımları*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ATEŞ CAN Sevim, TUNCER Hilal (2015), “Mimari Tasarımda Deprem Faktörü”, *International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu*(7-9 Mayıs 2015), ss.435-447, Burdur.
- AYTIS Saadet (2005), “Yüksek Binaların Depreme Dayanımında Uygulanacak Tasarım Kriterleri”, *Deprem Sempozyumu*(23-25 Mart 2005), ss.668-669, Kocaeli.
- AYTIS Saadet (1996), Yüksek Binaların Yapım Kriterleri Ve Bu Kriterlerin İstanbul’dan Dört Örnek Üzerinde Analizi,Yayınlanmamış Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AYTULUN Emre,SOYOZ Serdar (2020), Deprem Öncesi, Sırası ve Sonrasında Bir Yüksek Binanın Yapı Sağlığının İzlenmesi, *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, C.2,S.1,ss.61-75.
- BAL Cem (2003),*Yüksek Bina Yapım Sistemlerinin Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BALCI Sevgi Baysal (2013), *Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistemleri Ve Mimari Tasarımla Olan Etkileşimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BELECEN Rıza (2015),*Eski Çağda Mezopotamya İnanç Sisteminde Tapınakların (Zigguratların) Yeri Ve İşlevi*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- BEYAZOĞLU İ.Türker (1997),*Yüksek Binalarda Tübüler Taşıyıcı Sistemler Ve Uygulama Örnekleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- BOZDAĞ Özgür (2019), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Sunumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mimarlar Odası İzmir Şubesi, [http://izmir.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/2696440dd267e5f\\_ek.pdf](http://izmir.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/2696440dd267e5f_ek.pdf).
- BOZKURT AKTÜRK Senem, AKAVCI GÜVEN S.Seren (2005),1998 Afet Yönetmeliğine Göre Yapı Düzensizlikleri Ve Çözüm Önerilerinin Mimari Açından İncelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, C.20,S.1, ss. 187-201.

- BÜYÜKLÜ Kubilay (1998), *Çok Katlı Yüksek Yapılarda Çekirdekli Sistemler Ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- CELEP Zekai (2018), *Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, İhlas Matbaacılık Gazetecilik Yayıncılık Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul.
- CELEP Zekai, ÖZUYGUR Ali Ruzi (2017), “Yüksek Binaların Yapısal Tasarımı”, *İMO Bursa Bülten*, 70, ss.8-12.
- CHANGWADIYA Manish K.,AGRAWAL Vimlesh A.,DESAI Atul N.(2016), Effect of Mega Column in Outrigger System of High-Rise Building, *International Journal of Advance Research in Engineering, Science & Technology*, C.3,S.4.,ss.310-316.
- COŞKUN Erdal (2006), “Yüksek Binaların Gelişimi Ve Tasarım İlkeleri”(Sunum), *Yüksek Yapılar Semineri*(5 Ağustos 2006), İstanbul, <http://web.iku.edu.tr/~ecoskun/semineryap%C4%B12006.pdf>.
- CHING Francis D.K.,ONOUYE Barry S. ve ZUBERBUHLER Douglas (2017), *Çizimlerle Taşıyıcı Sistemler Şemalar Sistemler Ve Tasarım*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- CHOI Hi Sun, HO Goman, JOSEPH Leonard, MATHIAS Neville(2012), “Introduction to Outrigger Systems”,*İçinde, Outrigger Design for High-Rise Buildings*, Ed. Steven Henry ,ss.12-22, Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH),Chicago.
- CUMHUR Alper (2015), Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ders Notları, <http://web.hitit.edu.tr/dosyalar/materyaller/alpercumhur@hititedutr161120154U1G3P4S.doc>.
- ÇATAL Hikmet Hüseyin, YEŞİLCE Yusuf (2007), Türkiye’deki Deprem Şartnamelerini Tarihsel Süreci, *İMO İzmir Haber Bülteni*, S.134, ss.12-17.
- ÇELEBİ Mehmet (2002), Seismic Instrumentation of Buildings (with Emphasis on Federal Buildings)- Special GSA/USGS Project –USGS Project No-0-7460-68170 GSA Project No: ZCA72434, <https://tdg.com.tr/files/tr/bilgi-merkezi/bilimsel-referanslar/SEISMIC%20INSTRUMENTATION%20OF%20BUILDINGS-M.Celebi.pdf>.

- DEMİRBAŞ Çiğdem (2008),*Deprem Bölgesi Konutları İçin Mekanların Güvenlik Analizi Ve Çözüm Önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- DERRISO Mark M.,MCCURRY Charles D.,SCHUBERT KABAN Christine M.(2016), “Chapter 2-A Novel Approach For Implementing Structural Health Monitoring Systems For Aerospace Structures”,*İçinde, Structural Health Monitoring(SHM) In Aerospace Structures*, Ed. Fuh-Gwo Yuan, ss33-56, Whoodhead Publishing, United Kingdom.
- DİNÇER Sarp, AYDIN Eren (2019),Yapı Sağlığı İzleme Ve Bu Çözümün Yeni Bina Deprem Yönetmeliği’ndeki Yeri, Sunum Erişim: [http://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/2aa832b6d8d888e\\_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=3](http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/2aa832b6d8d888e_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=3)
- DİNÇER Sarp, AYDIN Eren, GENCER Himmet (2015a), “Binalarda Yapısal Sağlık Takibi İçin Enstrümantasyon Yöntemleri”, *Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*(11-15 Mayıs,2015), ss.747-790, İstanbul.
- DİNÇER Sarp,AYDIN Eren,GENCER Himmet (2015b), “Binalarda Sağlık Takibi İçin Cihazlandırma Yöntemleri”, *3.Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı*(14-16 Ekim 2015),.Dokuz Eylül Üniversitesi,İzmir.
- DOĞAN Aslı (2008),*Metropollerde Prestij Göstergesi Olarak Yüksek Yapılar*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ERDOĞDU Büşra Nur (2019), Büyük İstanbul Depremi Üzerinde Bir Çalışma, [https://www.academia.edu/40447931/B%C3%BCy%C3%BCk\\_%C4%B0stanbul\\_Depremi](https://www.academia.edu/40447931/B%C3%BCy%C3%BCk_%C4%B0stanbul_Depremi)
- EREN Çiğdem (2007), Yüksek Binalar Ve İstanbul, *Mimarist*, S.24, ss.51-56.
- EROL Harun (2017),*Yüksek Binalarda Enerji Etkin Mimari Tasarım Yaklaşımları Ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ERSOY Uğur (1999), “Binaların Mimarisinin Ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi”, *İçinde, Deprem Güvenli Konut Sempozyumu*, Ed.Teoman Aktüre, ss.65-77, Boyut Yayıncılık, İstanbul.
- ERTURAN Banı, EREN Özlem (2012), Modüler Yapım Tekniği İle Bina Etkinliğini Ve Verimliliğini Geliştirme Yaklaşımının Değerlendirilmesi, *e-Journal Of New World Sciences Academy*,C.7,S.4,ss.677-695.



- ESİN Tülay, COŞKUN Nilay (2004), “Betonarme Yapım Sistemlerinin Ekolojik Açıdan Değerlendirilmesi”, *II. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi*(6-8 Ekim 2004), TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, ss.353-364, İstanbul.
- EUROCODE 3(1993), Design Of Steel Structures- Part3-1; Towers, Masts And Chimneys- Towers And Masts.
- EUROCODE 8(1998), Design Of Structures For Earthquake Resistance- Part6: Towers, Masts And Chimneys.
- FEMA (2010), “Chapter 5- Design Requirements”, *İçinde, Earthquake-Resistant Design Concepts*, ss.57-89, [https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema\\_earthquake-resistant-design-concepts\\_p-749.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquake-resistant-design-concepts_p-749.pdf).
- GÖKÇE Mehmedi Vehbi (2002),*Yapıların Deprem Etkisi Altında Strüktürel Davranış Biçimleri Ve Depreme Dayanıklı Yapılarda Mimari Tasarım İlkeleri Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- GÜLAKAN Erkan (2014), *Yüksek Yapılarda Uygulanan Yapım Teknolojilerinin İrdelenmesi Ve Sorunların Ortaya Konması*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- GÜNEL M.Halis ve ILGIN H.Emre (2014), *Yüksek Binalar Taşıyıcı Sistem Ve Aerodinamik Form*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliği, Ankara.
- HAMDAN A.,SULTAN Mohamed Thariq bin Haji Hameed,MUSTAPHA Faizal.(2019),“Chapter11-Structural Health Monitoring Of Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites”, *İçinde, Structural Health Monitoring Of Biocomposites, Fibre-reinforced composites, and Hybrid Composite*, Ed. Mohammad Jawaid, Mohamed Thariq ve Naheed Saba, ss227-242, Woodhead Publishing, United Kingdom.
- HASOL Doğan (2007), Yüksek, Daha Yüksek, En Yüksek, *Mimarist*, S.24, ss.44-50.
- HAZIR BETON (2018), “İstanbul Çamlıca Tv-Radyo Kulesi”, Kasım-Aralık, ss.49-53,  
[https://www.thbb.org/media/336182/proje\\_uygulamalari\\_istanbul\\_camlica\\_tv\\_ve\\_radyo\\_kulesi\\_150.pdf](https://www.thbb.org/media/336182/proje_uygulamalari_istanbul_camlica_tv_ve_radyo_kulesi_150.pdf)

- HÜNÜK Tuba Nur (2006), *Betonarme Yapılarda Depreme Dayanıklılığı Sağlayan Mimari Tasarım Ölçütlerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- ILGIN H.Emre (2006), *A Study On Tall Buildings And Aerodynamic Modifications Against Wind Excitation*,Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara.
- IŞIK Melek (2008), *Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İLERİSOY Zeynep Yeşim, BAŞGÜL Merve (2019),Yapılarda Yükselme Ve Başkent Ankara Üzerinden Tarihsel İncelenmesi, *Online Journal Of Art And Design*, C.7,S.2, ss.125-140.
- İSTANBUL DEPREM RAPORU(2017),TMMOB İstanbul İl Koordinasyon Kurulu.
- İSTANBUL İLİ OLASI DEPREM KAYIP TAHMİNLERİNİN GÜNCELLENMESİ PROJESİ.(2020),Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- İŞÇİ Coşkun (2008), Deprem Nedir Ve Nasıl Korunuruz?, *Journal Of Yaşar University*, C.3,S.9, ss.959-983.
- JANI Khushbu, PATEL Pares V.(2013), “Analysis and Design of Diagrid Structural System for High Rise Steel Buildings”, *Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd Nirma University International Conference on Engineering (NUiCONE-2012)*(6-8 Aralık 2013) Editör: Mehta, U., ss.92-100, Elsevier Procedia Engineering, Hindistan, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813000167>.
- JOHN K Jijo, PRADEEP S.(2015), Behaviour Of Steel Staggered Truss System Under Seismic Loading, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*,C.6,S.6,ss.177-186.
- KATIRCIOĞLU Naz (2016), *Yüksek Yapıların Avantajlarının Ve Dezavantajlarının İstanbul Örneği Üzerinden İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KAYNARDAĞ Korkut, SOYÖZ Serdar (2014), “Structural Health Monitoring Of A Tall Building”, *Second European Conference On Earthquake Engineering And Seismology*(25-29 Ağustos 2014), ss.25-29, İstanbul.
- KAZIMOV Tamraz (2018),*Yüksek Yapılar Ve Performatif Mimarlık: Burj Khalifa Ve Shanghai Kulesi Örneklerinin Aerodinamik Tasarımı Üzerine Bir*

- Değerlendirme*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- KHANORKAR Akshay, SUKHDEVE Shruti, DENG S.V., RAUT S.P.(2016), Outrigger and Belt Truss System for Tall Building to Control Deflection: A Review, *GRD Journals- Global Research and Development Journal for Engineering*, C.1, S.6, ss.6-15.
- KIM Jinkoo, LEE Joon-Ho, KIM Young-Moon (2007), Inelastic Behavior Of Staggered Truss Systems, *The Structural Design Of Tall And Special Buildings*, C.16, ss.85-105.
- KIRKAN H.Selena (2005), *Çok Katlı Yüksek Yapıların Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- KUNDAK Seda, TÜRKÖĞLU Handan (2007), İstanbul’da Deprem Riski Analizi, *İtü Dergisi*, C.6, S.2, ss.37-46.
- KUYUCUKLU Ajda (2001), *Betonarme Ve Karma Yüksek Yapılar*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KÜÇÜK Mustafa, ARSLAN Halil İbrahim (2020), “Investigation of Diagrid Structures Over Gherkin Tower”, *3rd International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA-2020)* (6-8 May 2020), Alanya, Turkey, <https://www.iccaua.com/PDFs/2020Conference%20full%20bool%20proceedings/N12020ICCAUA316291.pdf>.
- LAN Tien T.(1999), “Space Frame Structures”, *İçinde, Structural Engineering Handbook*, Ed. Chen Wai-Fah, CRC Press LLC, ABD.
- MARULYALI Yaşar (2001), Çelik Ve Mimarlık, *Ege Mimarlık*, S.37, ss.22-25.
- MOON Kyoung Sun.(2009), Design and Construction of Steel Diagrid Structures.
- MOON Kyoung-Sun, CONNOR Jerome J., FERNANDEZ John E.(2007), Diagrid Structural System For Tall Buildings: Characteristics And Methodology For Preliminary Design, *The Structural Design Of Tall And Special Buildings*, C.16, ss.205-230.
- OU Jinping, LI Hui (2009), “Chapter 15-Structural Health Monitoring Research In China: Trends And Applications”, *İçinde, Structural Health Monitoring Of*

- Civil Infrastructure Systems*, Ed.Vistasp M. Karbhari ve Farhad Ansari,ss.463-515, Whoodhead Publishing, United Kingdom.
- ÖZATA Şerife, LİMONCU Sevgül (2014),16. Ve 20.yy. Arası İstanbul Ve Yakın Çevresinde Meydana Gelen Deprem Sonrası Barınma Uygulamalarının İncelenmesi, *Megaron*, C.9,S.3,ss. 217-227.
- ÖZEN Rabia Safa (2018),*Mimari Tasarımda Betonarme Yapıların Türk Deprem Yönetmeliği Açısından Taşıyıcı Sistem Düzensizliğinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- ÖZER Ekin, FENG Maria Q.(2020), “Chapter 13-Structural Health Monitoring”, *İçinde, Start-Up Creation: The Smart Eco-efficient Built Environment(Second Edition)*, Ed. Fernando Pacheco-Torgal, Erik Ramussen, Claes-Goran Granqvist, Volodymyr Ivanov, Arturas Kaklauskas ve Stephen Makonin, ss345-367, Whoodhead Publishing, United Kingdom.
- ÖZGEN Aydan ve SEV Aysin (2000), *Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- ÖZMEN M.Tamer (2007), *Deprem Ve Antalya'nın Depremselliği*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, Antalya.
- ÖZTÜRK Halil İbrahim (2010), *İstanbul'da Residans Kullanımının Pazar Ekonomisi Ve Yer Seçimi Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÖZTÜRK Şenay (2000),*Depreme Dayanıklı Bina Tasarım Sorunlarının Tanıtılması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÖZYILDIRAN Güler (2007), *The Effects Of Turkish Disaster Regulations On Architectural Design*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- PREMDAS S.,SİRAJUDDİN M.(2019), Diagrid Structural System for Tall Buildings: State of the Art Review, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*,C.6,S.6,ss.3406-3410.
- SAĞLAM M.Rifat (2016), *Yüksek Yapılar İstanbul'dan Örnekler*, Nobel Akademik Yayıncılık, İstanbul.
- SARI Tuba, DÜLGEROĞLU YÜKSEL Yurdanur (2017),İstanbul: The Characteristics Of Vertical Dense Structuring And Image Making In High-Rise

- Housing Architecture, *A/Z ITU Journal Of The Faculty Of Architecture*, C.14,S.3,ss.113-126,14.
- SAYDAM Çağdaş (2007), *Yüksek Yapıların Kentsel Gelişme Bağlamında İrdelenmesi Ve Yüksek Yapı Politikaları*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- SEV Ayşin (2001),*Türkiye Ve Dünya'daki Yüksek Binaların Mimari Tasarım Ve Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi*, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ŞAFAK Erdal (2007), “Yapı Titreşimlerinin İzlenmesi: Nedir, Neden Yapılır, Nasıl Yapılır, Ve Ne Elde Edilir?”, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*(16-20 Ekim 2007), ss. 285-293, İstanbul.
- ŞAFAK Erdal, ÇAKTI Eser, KAYA Yavuz (2010), Recent Developments on Structural Health Monitoring And Data Analyses, İçinde, Earthquake Engineering in Europe. Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering, Vol. 17, pp.7137-7143, Ed. Garevski Mihail, Ansal Atilla, [https://www.researchgate.net/publication/226288494\\_Recent\\_Developments\\_on\\_Structural\\_Health\\_Monitoring\\_and\\_Data\\_Analyses](https://www.researchgate.net/publication/226288494_Recent_Developments_on_Structural_Health_Monitoring_and_Data_Analyses)
- ŞAFAK Erdal, HUDNUT Kenneth (2006), “Real-Time Structural Monitoring And Damage Detection By Acceleration And Gps Sensors”, *8th US National Conference on Earthquake Engineering*(18-22 Nisan 2006),ss.7137-7143, San Francisco, California.
- TANSEL Mustafa (2010), *Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz Ve Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- TARANATH Bungale S (2016), *Tall Building Design Steel, Concrete, and Composite Systems*, CRC Press, United States.
- TEKİN İlke (2013), *Türkiye’de İkinci Dünya Savaşı Sonrası Betonarmenin İnşası*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TEMUR Eray (2019),*Evaluation Of Seismic Health Monitoring System Of Golden Horn Metro Bridge*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- THE SAN FRANCISCO BUILDING CODE (2019), Building Code 2019 Edition.
- TOPÇU Ahmet (2017),*Betonarme Taşıyıcı Sistem Dün-Bugün- İyi-Kötü-Doğrular-Yanlışlar-Hasarlar Sunumu*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat

Mühendisliği Bölümü, Bursa İnşaat Mühendisleri Odası,  
<https://cdn.bartın.edu.tr/insaat/f0524f5c-98df-4ccf-8f50-40fb70f6b6dc/depren-hasar-sunu.pdf>.

TOZAN Samet (2013),*Yüksek Binalarda Rüzgar Etkisi Ve Konfor Şartlarının Çeşitli Yönetmeliklere Göre incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TUĞRUL Fazilet (2014), *Yüksek Yapıların Tasarımında Biçim-Taşıyıcı Sistem İlişkisinin İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ(TBDY), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.

url-1 DEMİRÖREN HABER AJANSI (2018), ‘‘AFAD’ın korkutan deprem senaryosu’’, 15 Ağustos 2018, erişim adresi; <<https://www.dha.com.tr/istanbul/afadin-korkutan-deprem-senaryosu/haber-1594363>>, erişim tarihi 12.04.2020.

url-2 NEWYORK Giant:1908 high-resolution photo, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tr.pinterest.com/pin/312929874090333782/>>, erişim tarihi 07.05.2020

url-3 GILL N.S (2020), What is a Ziggurat?, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.thoughtco.com/ziggurat-ancient-towering-temples-or-zigurats-116908>>, erişim tarihi 07.05.2020

url-4 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://holeinthedonut.com/2017/12/14/photo-parthenon-acropolis-athens-greece/>>, erişim tarihi 07.05.2020

url-5 BBC NEWS (2017), Asansör yaşadığımız şehirleri nasıl değiştirdi?, 30 Mayıs 2017, erişim adresi; <<https://www.bbc.com/turkce/haberler-40086397>>, erişim tarihi 07.05.2020

url-6 [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://zh.treearth.com/gallery/photo1415188.htm>>, erişim tarihi 07.05.2020

url-7 Monadnock building (burnham & root - 1889); last of the pure masonry towers, chicago, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tr.pinterest.com/pin/377598749985727994/>>, erişim tarihi 07.05.2020

url-8 [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://www.reddit.com/r/Lost\\_Architecture/comments/6fuyh5/the\\_masonic\\_temple\\_building\\_was\\_built\\_in\\_1891\\_in/](https://www.reddit.com/r/Lost_Architecture/comments/6fuyh5/the_masonic_temple_building_was_built_in_1891_in/)>, erişim tarihi 07.05.2020

- url-9 Home Insurance Building, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://en.wikiarquitectura.com/building/home-insurance-building/home-insurance-building-wikiarchitecture-4/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-10 FIG-2 , [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://www.researchgate.net/figure/The-Reliance-Building-State-and-Washington-streets-Chicago-D-H-Burnham-Co-1895\\_fig1\\_236723904](https://www.researchgate.net/figure/The-Reliance-Building-State-and-Washington-streets-Chicago-D-H-Burnham-Co-1895_fig1_236723904)>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-11 Equitable Life Building, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.nyc-architecture.com/GON/GON079.htm>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-12 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://m.yeniakit.com.tr/foto-galeri/dunyanin-en-yuksek-binası-unvanını-almış-14-bina-3969/5>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-13 New York'ta Art Deco(2017), [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.icmimarlikdergisi.com/2017/01/11/new-yorkta-art-deco/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-14 Empire State Binası(2020), [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.arkitektuel.com/empire-state-binası/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-15 The Timber Tower Research Project: Re-imagining the Skycraper(2013), [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.archdaily.com/384032/the-timber-tower-research-project-re-imagining-the-skyscraper/51b0c401b3fc4b225b000225-the-timber-tower-research-project-re-imagining-the-skyscraper-image>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-16 860-880 Lake Shore Drive(2020), [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.arkitektuel.com/lake-shore-drive/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-17 Water Tower Place, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://megaconstrucciones.net/?construccion=water-tower-place>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-18 Chicago's 100-story Hancock building getting new name, <<https://www.dailyherald.com/article/20180213/business/302139930>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-19 Archive of Affinities(2016), [Fotoğraf], erişim adresi;<<https://archiveofaffinities.tumblr.com/post/140254688270/skidmore-owings-merrill-brunswick-building>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-20 Willis Kulesi, [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://tr.wikipedia.org/wiki/Willis\\_Kulesi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Willis_Kulesi)>, erişim tarihi 07.05.2020

- url-21 Architecture Tour Guide to Houston-Houston Tour Ideas, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.pinterest.es/pin/56083957839865218/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-22 Deutsche Bank Twin Towers, [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://en.wikipedia.org/wiki/Deutsche\\_Bank\\_Twin\\_Towers](https://en.wikipedia.org/wiki/Deutsche_Bank_Twin_Towers)>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-23 Europe's Ten Tallest Buildings-London,Moscow, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.pinterest.cl/pin/506303183092774984/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-24 LECLERC Pierre(2010), *Tall Montparnasse tower Paris*, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://fineartamerica.com/featured/tall-montparnasse-tower-paris-pierre-leclerc.html>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-25 Tower42, [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Tower\\_42](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Tower_42)>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-26 Lloyds Building in London given protected status, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.pinterest.co.uk/pin/310889180498356817/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-27 Tatlin's Tower:The Monument to the Future that Never Was, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tr.pinterest.com/pin/239887117631719991/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-28 Yedi Kız Kardeş, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://v3.arkitera.com/g151-diktatorluk-ve-mimarlik.html?year=&aID=2725&o=2718>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-29 Federation Tower, [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://en.wikipedia.org/wiki/Federation\\_Tower](https://en.wikipedia.org/wiki/Federation_Tower)>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-30 Bank Of China Tower,Hong Kong,China,1985-1990, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.jmhdezhdez.com/2013/07/bank-of-china-tower-hong-kong-drawings.html?m=1>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-31 Norman Foster-Someone Has Built it Before, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tr.pinterest.com/pin/28288303884587918/>>, erişim tarihi 06.05.2020
- url-32 Toshiba Building,Minato,Tokyo,Japan, [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://www.wikidata.org/wiki/Q11528236#/media/File:TOSHIBA\\_Building.jpg](https://www.wikidata.org/wiki/Q11528236#/media/File:TOSHIBA_Building.jpg)>, erişim tarihi 05.05.2020



- url-33 Tokyo Metropolitan Government Building, [Fotoğraf], erişim adresi; <  
[http://www.skyscrapercenter.com/building/tokyo-metropolitan-government-  
building/945](http://www.skyscrapercenter.com/building/tokyo-metropolitan-government-building/945)>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-34 Jin Mao Tower, [Fotoğraf], erişim adresi; <  
<https://www.britannica.com/topic/Jin-Mao-Tower>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-35 Ready To Use Singapore Malaysia Itinerary For Up To 12 Days!Zip Up And  
Go!, [Fotoğraf], erişim adresi; <  
<https://tr.pinterest.com/pin/832814156081473049/>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-36 Taipei 101, [Fotoğraf], erişim adresi; <  
<https://www.britannica.com/place/Taipei-101>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-37 SABAH(2018), “1 kilometrelik gökdelenden yeni görüntüler”, 24 Şubat 2018,  
erişim adresi; <[https://www.sabah.com.tr/galeri/teknoloji/1-kilometrelik-  
gokdelenden-yeni-goruntuler](https://www.sabah.com.tr/galeri/teknoloji/1-kilometrelik-gokdelenden-yeni-goruntuler)>, erişim tarihi 02.04.2020
- url-38 Dancing Tower, [Fotoğraf], erişim adresi;  
<<https://bengalsfan1220.wordpress.com/dancing-towers/>>, erişim tarihi  
02.04.2020
- url-39 Burj Khalifa, [Fotoğraf], erişim adresi; <  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Burj\\_Khalifa](https://en.wikipedia.org/wiki/Burj_Khalifa)>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-40 [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://www.webtekno.com/suudi-arabistan-  
dunyanin-en-yukse-gokdeleni-cidde-kulesi-h41360.html](https://www.webtekno.com/suudi-arabistan-dunyanin-en-yukse-gokdeleni-cidde-kulesi-h41360.html)>, erişim tarihi  
07.05.2020
- url-41 Hangi Denizin Çapası?Kavaklıdere-Kızılay Ankara Edebiyat Turu(2017),  
[Fotoğraf], erişim adresi; <[https://saltonline.org/tr/1712/hangi-denizin-capasi-  
kavaklidere-kizilay-ankara-edebiyati-turu](https://saltonline.org/tr/1712/hangi-denizin-capasi-kavaklidere-kizilay-ankara-edebiyati-turu) >, erişim tarihi 06.04.2020
- url-42 YILDIZ Derya(2019), *Odakule*, [Fotoğraf], erişim adresi;  
<<https://mimaritasarimvelestiri.wordpress.com/2019/03/25/odakule/>>, erişim  
tarihi 07.05.2020
- url-43 Sabancı Center, [Fotoğraf], erişim adresi;  
<<http://www.arkiv.com.tr/proje/sabanci-center/6512>>, erişim tarihi  
08.05.2020
- url-44 [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://www.ustay.com/projectdetail.aspx?id=59>>,  
erişim tarihi 10.05.2020

- url-45 Maya-Akar-Center, [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://www.mayagayrimenkul.com.tr/projeler/maya-akar-center/>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-46 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tr.pinterest.com/sheratonadana/sheratonadana-hotel/>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-47 Akmerkez Residence, [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://www.libertas.com.tr/tr/akmerkez-residence-7475>>, erişim tarihi 11.05.2020
- url-48 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.architectureoflife.net/iki-design-group-mipimde-spine-tower-ile-odul-kazandi/>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-49 550 Madison Avenue, [Fotoğraf], erişim adresi; <[https://en.wikipedia.org/wiki/550\\_Madison\\_Avenue](https://en.wikipedia.org/wiki/550_Madison_Avenue)>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-50 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://untappedcities.com/2019/05/01/join-a-40th-anniversary-tour-of-battery-park-city-with-its-urban-designer/>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-51 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.duanestreethotel.com/blog/guide-battery-park-city/>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-52 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://v3.arkitera.com/s105-planlamada-yuksekyapi-politikasini-olustururken-esneklik-onemlidir.html>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-53 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.gettyimages.com/photos/la-defense?mediatype=photography&phrase=la%20defense&sort=mostpopular>>, erişim tarihi 10.05.2020
- url-54 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.flickr.com/photos/teomorabito/6106947711>>, erişim tarihi 10.05.2020
- url-55 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://parisladefense.com/en/discover/buildings/cnit-centre-des-nouvelles-industries-et-technologies>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-56 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://v3.arkitera.com/v1/haberler/2004/11/30/munih.htm>>, erişim tarihi 11.04.2020

- url-57 Frauenkirche, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://gezimanya.com/munih/gezilecek-yerler/frauenkirche>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-58 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://pixabay.com/photos/bmw-museum-munich-germany-825571/>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-59 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.afad.gov.tr/turkiye-bina-deprem-yonetmeliği>>, erişim tarihi 07.05.2020
- url-60 TDY 2007 ile TBDY 2018 Arasındaki Farklar(2018), erişim adresi; <<https://insapedia.com/tdy-2007-ile-tbdy-2018-arasindaki-farklar/#comments>>, erişim tarihi 15.04.2020
- url-61 Santiago Calatrava's Turning Torso Wins CTBUH's 10 Year Award(2015), [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.archdaily.com/771471/santiago-calatras-turning-torso-wins-ctbuhs-10-year-award>>erişim tarihi 03.04.2021
- url-62 Nakagin Kapsül Kulesi, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.arkitektuel.com/nakagin-kapsul-kulesi/>>, erişim tarihi 07.05.2021
- url-63 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://architecturecompetitions.com/skyhive2019/>>, erişim tarihi 09.04.2021
- url-64 International Architectural Competition-Hong Kong Pixel Homes, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://architecturecompetitions.com/hongkongpixelhomes/>>, erişim tarihi 12.06.2021
- url-65 Metabolism 2.0: Nakagin Kapsül Kulesi'nin Üzerine Yükselen Ekoloji(2017), erişim adresi; <<http://kot0.com/metabolism-2-0-nakagin-kapsul-kulesinin-uzerinde-yukselen-ekoloji/>>, erişim tarihi 12.06.2021
- url-66 International Architectural Competition-Hong Kong Pixel Homes, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://architecturecompetitions.com/hongkongpixelhomes/>>, erişim tarihi 12.06.2021
- url-67 International Architectural Competition-Skyhive 2019 Skyscraoe Challenge, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://architecturecompetitions.com/skyhive2019/>>. erişim tarihi 12.06.2021

- url-68 HABERTÜRK(2017), “Deprem Uzmanı Prof.Dr. Naci Görür: Kentsel dönüşüm deprem odaklı olmadı”, 18 Ağustos 2017, erişim adresi; <<https://www.haberturk.com/gundem/haber/1602204-deprem-uzmani-prof-dr-naci-gorur-kentsel-donusum-deprem-odakli-olmadi>>, erişim tarihi 15.04.2020
- url-69 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tr.pinterest.com/pin/302796774927041384/>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-70 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.arkitera.com/proje/istanbul-sapphire/>>, erişim tarihi 01.05.2020
- url-71 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>>, erişim tarihi 20.04.2020
- url-72 İstanbul Sapphire, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.arkitera.com/proje/istanbul-sapphire/>>, erişim tarihi 15.03.2021
- url-73 Sapphire Tower, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.skyscrapercenter.com/building/sapphire-tower/748>>, erişim tarihi 15.03.2021
- url-74 İstanbul Sapphire, [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://mimdap.org/2012/02/ystanbul-sapphire/>>, erişim tarihi 05.04.2021
- url-75 Metrocity Avm, [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://yükselyapielemanlari.com/tr/projeler/gayrimenkul-projeleri?p=MetrocityAVM>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-76 Metrocity, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tr.wikipedia.org/wiki/Metrocity>>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-77 Metrocity-Konut Ve Alışveriş Merkezi, , [Fotoğraf], erişim adresi; <[http://www.yapi.com.tr/Haberler/metrocitykonut-ve-alisveris-merkezi\\_61103.html](http://www.yapi.com.tr/Haberler/metrocitykonut-ve-alisveris-merkezi_61103.html)>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-78 [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://edukayapi.com/www.edukayapi.com/project/metrocity-avm/index.htm>>, erişim tarihi 09.05.2020
- url-79 [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://www.toplukonutum.com/koray-elit-residence/>>, erişim tarihi 10.05.2020
- url-80 [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://demta.com/images/pictures/elit/links/elit11.jpg>>, erişim tarihi 10.05.2020

- url-81 Şişli Elit Residence, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.emporis.com/buildings/107403/sisli-elit-residence-istanbul-turkey>>, erişim tarihi 12.05.2020
- url-82 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://izgayrimenkul.com/emlak/vitrin/elit-residence-satilik-daire-340-m2/>> , erişim tarihi 12.05.2020
- url-83 [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://www.buildingbutler.com/bd/BSB-London-Architects/Istanbul/Sisli-Elit-Residence/3346>>, erişim tarihi 12.05.2020
- url-84 [Fotoğraf], erişim adresi; <<http://www.yks.com.tr/tr/haberdetay/74/yks-elit-residence-yonetim-ve-isletim-hizmetlerini-ustlendi>> erişim tarihi 12.05.2020
- url-85 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://earth.google.com/web/search/19+May%2C>>, erişim tarihi 15.05.2020
- url-86 [Fotoğraf], erişim adresi; <[http://www.vestelinvestorrelations.com/en/\\_assets/pdf/annual\\_report\\_2009.pdf](http://www.vestelinvestorrelations.com/en/_assets/pdf/annual_report_2009.pdf)>, erişim tarihi 08.05.2020
- url-87 [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>>, erişim tarihi 10.05.2020
- url-88 [Fotoğraf], erişim adresi; <[http://hbt teknik.com.tr/portfolio\\_page/zorlu-holding-head-quarter-building/](http://hbt teknik.com.tr/portfolio_page/zorlu-holding-head-quarter-building/)>, erişim tarihi 15.04.2021
- url-89 İstanbul Gelişim Üniversitesi, [Fotoğraf], erişim adresi; <<https://www.cefayapi.com/project/istanbul-gelisim-universitesi/>>, erişim tarihi 15.04.2021
- url-90 3.Ödül, Çamlıca Tepesi Tv Radyo Kulesi Fikir Projesi Yarışması, erişim adresi; <<https://www.arkitera.com/proje/3-odul-camllica-tepesi-tv-radyo-kulesi-fikir-projesi-yarismasi/>> , erişim tarihi 06.05.2021
- url-91 İstanbul Tv ve Radyo Kulesi(Küçük Çamlıca Televizyon Kulesi), erişim adresi; <<https://www.arkitera.com/proje/istanbul-tv-ve-radyo-kulesi/>>, erişim tarihi 07.05.2021
- ÜDÜRGÜCÜ Abdullah (2010),*Yüksek Yapılar İçin Karar Verme Rehberinin Oluşturulması*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- VARDANEGA Paul J, WEBB Graham T., FIDLER Paul R. A., MIDDLETON Chambell R.,(2016), “ Chapter29- Bridge Monitoring” *İçinde, Innovative Bridge Design Handbook: Construction, Rehabilitation And Maintenance*, Ed.Alessio Pipinato, ss.759-775, Butterworth-Heinemann, United Kingdom.

- YAMANTÜRK F.Emel ve ÖZŞEN E.Görün (1993),*Yüksek Yapı Taşıyıcı Sistemleri*, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul.
- YANIK Alper (2007), *Yüksek Yapılarda Alt Sistemlerinin Entegrasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- YONEMOTO Takashi (2015),*Building Shape and Earthquake Resistant Performance*, *İçinde, Earthquake-resistant Building Design for Architects*, Revised Edition, Ed.Jaso, ss.92-93, Jaso, Japonya, <https://www.jaso.jp/>.
- YOSHİKAWA Hirofumi (2015),*A Story With Low Rigidity In Any Part Of A Building Should Be Avoided*, *İçinde, Earthquake-resistant Building Design for Architects*, , Revised Edition, Ed. Jaso, ss.96-97, Jaso, Japonya, <https://www.jaso.jp/>.
- YSİSUY (2020),*Yapı Sağlığı İzleme Sistemi Uygulama Yönergesi*.
- YÜKSEL İsa (2017), Rüzgar Ve Deprem Yükleri İle Bina Formu Yönünden Yüksek Yapılara Kısa Bir Bakış, *İMO Bursa Bülten*, S.70,ss. 14-21.
- WONG Kenneth KY, NI Yi Qing (2009), “Chapter 12-Structural Health Monitoring Of Cable-Supported Bridges In Hong Kong”,*İçinde, Structural Health Monitoring Of Civil Infrastructure Systems*, Ed. Vistasp M. Karbhari ve Farhad Ansari, ss.371-411, Whoodhead Publishing, United Kingdom.