

TC. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİ
VE MİMARİ TASARIMLA OLAN ETKİLEŞİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SEVGİ BAYSAL BALCI

Ana Bilim Dalı: Mimarlık
Programı: Mimari Mühendislik

Tez Danışmanı: Yard.Doç.Dr. Esin Kasapoğlu

Eylül 2013

TC. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİ VE MİMARİ TASARIMLA OLAN
ETKİLEŞİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVGİ BAYSAL BALCI

0709331009

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Ağustos 2013

Tezin Savunulduğu Tarih: 18 Eylül 2013

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Esin Kasapoğlu

Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Esra Bostancıoğlu

Yrd. Doç. Dr. Erdal Coşkun

Eylül 2013

ÖNSÖZ

Tez çalışması sürecinde; tecrübesiyle destek olan, çalışmamı yönlendirip bilgisini ve sabrını esirgemeyen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Esin Kasapoğlu'na teşekkürü borç bilirim.

Tez sunumu sırasında yaptıkları eleştiriler ve önerilerle tezime destek olan hocalarım sayın Doç. Dr. Esra Bostancıoğlu ve Yrd. Doç. Dr. Erdal Coşkun'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca; tezim sırasın beni teknik bilgileriyle destekleyen İnşaat Y. Mühendisi Muzaffer Balcı, İnşaat Mühendisi Kıvanç Balkan ve İnşaat Mühendisi Koray Sezer'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca beni destekleyen ve hep yanımda olan sevgili annem Servet Baysal'a ve değerli babam Sedat Baysal'a, kız kardeşim Sevda Baysal'a; tez çalışmaları sürecinde beni destekleyen eşim Mustafa Balcı'ya teşekkürlerimi sunarım.

2013 Eylül

Sevgi BAYSAL BALCI

Enstitü: Fen Bilimleri Enstitüsü

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimari Mühendislik (Tezli)

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Esin Kasapoğlu

Tez Türü ve Tarihi: Yüksek Lisans-Eylül 2013

ÖZET

YÜKSEK YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİ VE MİMARİ TASARIMLA OLAN ETKİLEŞİMİ

Sevgi Baysal Balcı

Yüksek yapı teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ülkeleri her geçen gün daha da yükseğe çıkmaya heveslendirmektedirler. Günümüzde birer prestij ve güç simgesi haline gelen yüksek yapılar; bu süreçte ciddi tasarımsal ve strüktürel gelişmeler yaşamaktadır.

Yüksek yapılar tasarlanırken taşıyıcı sistemlerle olan etkileşimlerinin önemi her geçen gün, özellikle iddialı yüksekliklerde artmaktadır. Bu çalışmada yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri ile mimari tasarımları arasındaki ilişkinin gelişimi ele alınmıştır. Yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri; tarihsel süreçleri ve sınıflandırılmaları ile birlikte ele alınarak oluşturulan, genel bir sınıflandırma çerçevesinde incelenmiştir. Bu taşıyıcı sistemler ayrıntılı olarak ele alınmış, uygulanmış örnekler üzerinden mimari tasarımla olan ilişkileri değerlendirilmiştir.

Mimarlar ile diğer disiplinler arasındaki ilişkinin, özellikle de strüktürel tasarımla olan ilişkisinin, daha gelişmiş bir seviyeye nasıl çıkarılabileceği araştırılmıştır. Bu çerçevede, mevcut lisans düzeyindeki eğitim sisteminden başlayarak disiplinler arası ortak bir dil oluşturulması için ortak çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Bu amaçla hazırlanan çalışma 5 bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde; çalışmanın amacı ve kapsamı anlatılmıştır.

İkinci bölümde; yüksek yapı kavramının ne olduğu belirlenerek yüksek yapıların tarihsel süreçleri ele alınmıştır. Ayrıca, yüksek yapıların istatistiksel olarak verileri toplanarak grafik haline getirilerek sunulmuştur.

Üçüncü bölümde; yüksek yapılardaki taşıyıcı sistemler ele alınmıştır. İlk olarak taşıyıcı sistemlerin tasarımının kısa bir tarihsel süreci ile beraber, ilgili kaynaklarda bu sistemlerin sınıflandırmalarının tarihsel gelişimi ele alınarak incelenmiştir. Daha sonra ise; yüksek yapılara etkiyen yükler ve yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinin çalışma ilkelerinin ayrıntılı bir tanımı yapılmıştır.

Dördüncü bölümde; bir önceki bölümde incelenen taşıyıcı sistemlerin uygulanmış örnekler üzerinden incelenmiş ve bu taşıyıcı sistemler ile bu yapıların mimari tasarımları arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

Sonuçların değerlendirildiği beşinci bölümde ise; incelenen örnekler üzerinden mimarlık ve strüktürel tasarımın doğurduğu olumlu ve olumsuz ilişkiler çerçevesinde öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Yapılar, Taşıyıcı sistemler, Mimari tasarım, Strüktürel tasarım

Institute : Institute of Science and Technology

Department : Architecture

Program : Architectural Engineering (With Thesis)

Supervisor : Assistant Professor Doctor Esin Kasapoğlu

Thesis Type and Date : Master of Science – September 2013

ABSTRACT

STRUCTURAL SYSTEMS OF TALL BUILDINGS AND THE INTERACTION BETWEEN ARCHITECTURAL DESIGN

Sevgi Baysal Balci

Countries are eager to reach the sky in accordance with the rapid continuous development in tall building technologies. Tall buildings which became symbols of prestige and power have made a significant improvement in architectural and structural design in recent years.

Significance of interaction between architectural and structural design come into prominence especially in super tall buildings. In this study the development of the relevance between architectural and structural design in tall buildings is analyzed.

In this study; structural systems of tall buildings are analyzed through the evaluation of their structural systems, historical developments and classifications in a general classification. These systems are analyzed in a detailed review through the examples of built tall buildings. These structural systems are evaluated in detail in accordance with the structural systems of tall buildings and architectural design of these examples.

Hence; this study searches the ways of maximizing the levels of coordination between architects and other disciplines especially structural designers. It is recommended to

create a mutual working environment; beginning with the existing undergraduate education.

The study consists of five sections.

In the first section; the purpose and scope of the study is defined.

In the second section; the meaning of “tall building” is defined and history of the developments in tall buildings are presented. Also; the statistic data of tall buildings are collected and turned into graphic data.

In the third section; structural systems of tall buildings are explained. Beginning with the brief history of developments in high rise structural systems, developments of the classifications of these systems in the literature are presented. Afterwards forces which impact on the tall buildings are defined and the structural systems of tall buildings are analyzed.

In the fourth section; the systems which analyzed in previous sections are evaluated through the examples of tall buildings. Interaction with the architectural design and these structural systems are presented.

In the fifth section; conclusions and solutions of the positive and negative relevance between structural and architectural design of high rise buildings are presented through the analyzed examples.

Keywords: Tall Buildings, High-Rise Buildings, Structural Systems, Architectural Design, Structural Design

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ:	x
RESİM LİSTESİ.....	xii
TABLO LİSTESİ.....	xiv
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı:	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı:	2
1.3 Çalışmanın Yöntemi:	2
2 YÜKSEK YAPILAR	3
2.1 Yüksek Yapı Nedir?	3

2.2	Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi	6
2.2.1	Erken Dönem Örnekleri:.....	10
2.2.2	Modern Gökdelenler:.....	14
2.2.3	En Yüksek Gökdelenlerin Tarihçesi:	15
2.3	Sayılarla Yüksek Yapılar	20
2.3.1	Bölgelere Göre 100 En Yüksek Yapı:	20
2.3.2	En Yüksek 100 Yapının Taşıyıcı Sistem Dağılımı:	20
2.3.3	Tarihsel Olarak En Yüksek Yapıların Yüksekliklerinin Artışı:.....	21
2.3.4	En Yüksek 100 Yapının Tarihsel Olarak Malzeme Ve İşlevlerine Göre Dağılımı ..	22
2.3.5	En Yüksek 100 Yapının Tarihsel Olarak Ortalamaları:	22
2.3.6	İşlevine Göre En Yüksek 100 Yapının Yıllara Dağılımı:	23
3	YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER.....	24
3.1	Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması.....	24
3.2	Taşıyıcı Sistemlere Etkiyen Yükler	32
3.3	Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemlerin İncelenmesi	34
3.3.1	Çaprazlı Çerçeve Sistemler Ve Moment Dayanımlı Çerçeveler:	34
3.3.1.1	Çaprazlı Çerçeveler.....	34
3.3.1.2	Moment Dayanımlı Çerçeveler:.....	37
3.3.1.3	Çerçeve-Kafes Etkileşimli Çerçeveler	41
3.3.2	Perde Duvarlı Sistemler:	43
3.3.3	Çekirdek ve Yatay Perdeli Çerçeve Sistemler	47
3.3.3.1	Yatay Perde Kullanımının Nedenleri	48
3.3.3.2	Yatay Perdelerin Faydaları.....	51

3.3.3.3	Yatay Perdelerin Olumsuz Özellikleri	52
3.3.4	Tübüler sistemler	52
3.3.4.1	Çerçeve Tüp:	53
3.3.4.2	Kafesli Tüp:	55
3.3.4.3	Demet Tüp:	58
3.3.5	Diagrid Sistemler:	60
3.3.6	Hibrid Sistemler:	62
4	TAŞIYICI SİSTEMLERİN ÖRNEKLER ÜZERİNDEN İNCELENMESİ	66
4.1	ACT Tower (Okura ACT City Hotel)	66
4.1.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	67
4.1.2	Taşıyıcı sistem ile mimari tasarım ilişkisi:	68
4.2	Kamogawa Grand Tower	70
4.2.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	71
4.2.2	Taşıyıcı sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi	72
4.3	Seagram Binası :	73
4.3.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	74
4.3.2	Taşıyıcı sistemin mimari tasarıma etkileri	75
4.4	Absolute World Towers (Marilyn Monroe Towers)	76
4.4.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	77
4.4.2	Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:	78
4.5	Burj Khalifa (Burj Dubai)	81
4.5.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	82

4.5.2	Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:	84
4.6	Aon Center (Amoca Building-Standart Oil Building).....	86
4.6.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	86
4.6.2	Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:	88
4.7	John Hancock Binası	90
4.7.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	91
4.7.2	Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:	93
4.8	Rialto Towers (The Rialto).....	95
4.8.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	96
4.8.2	Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:	98
4.9	30 St Mary Axe (Swiss Re Building-The Gherkin)	99
4.9.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	100
4.9.2	Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:	101
4.10	Overseas Union Bank Center (OUB centre)	103
4.10.1	Taşıyıcı Sistem Çözümü:	104
4.10.2	Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:	105
5	SONUÇ	107
5.1	İncelenen Örneklerin Yorumlanması	108
5.2	Değerlendirme ve Öneriler	110
	KAYNAKÇA	113

ŞEKİL LİSTESİ:

Şekil 2.1: Bağlamsal Yükseklik (CTBUH)	3
Şekil 2.2: Yapı Oranları (CTBUH)	4
Şekil 2.3: Yüksek Yapı Teknolojileri (CTBUH)	4
Şekil 2.4:Yüksek ve Süper Yüksek Yapılar (CTBUH)	5
Şekil 3.1:Yüksek yapılar için çelik taşıyıcı sistem sınıfları (Mufti ve Bakht ,241).....	25
Şekil 3.2:Yüksek yapılar için beton taşıyıcı sistem sınıfları (Mufti ve Bakht ,241).....	26
Şekil 3.3:Taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması (Beedle ve Rice ,6).....	26
Şekil 3.4:Dış Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,211)	28
Şekil 3.5: İç Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,211).....	29
Şekil 3.6:Konsantrik (Eş merkezli) Çaprazlı Çerçeve şekilleri (Beedle ve Rice)	36
Şekil 3.7:Eksantrik Çaprazlı Çerçeve Şekilleri (Beedle ve Rice).....	36
Şekil 3.8: Yatay Yük Altında Moment Dayanımlı Çerçeve-Çerçeve deformasyonu (Schierle).....	38
Şekil 3.9:Yatay Yük Altında Moment Dayanımlı Çerçeve-Çerçeve davranışı (Schierle).....	38
Şekil 3.10:Moment Dayanımlı Çerçeve bağlantı tipleri (Beedle ve Rice)	40
Şekil 3.11:Çerçeve-Kafes Etkileşimli Sistemler (Beedle ve Rice)	42
Şekil 3.12:Perde Duvarlı Taşıyıcı Sistem (Smith ve Coull)	43
Şekil 3.13:Perde Duvarlı Sistem Açık ve Kapalı düzenleme örnekleri (Koç, Gültekin ve Durmuş)	44
Şekil 3.14:Perdeli Sistemlerin yatay yük altındaki davranışı (Günel ve İlgin).....	45
Şekil 3.15: Yelkenli bölümleri (Sure Yelken)	47
Şekil 3.16: Yatay Perdeli sistemin organizasyonu (İlgin ve Günel).....	48
Şekil 3.17: Strüktürel Diagramlar: Solda: Yatay Yükler Altında Davranış, Sağda: Yatay yük dağılımını gösteren kesit (CTBUH O.W.G).....	49
Şekil 3.18: Yatay Perdelerin ve Çekirdeklerin Etkileşimi (CTBUH O.W.G)	50
Şekil 3.19:Yatay Perde Sistemi Görünüşü (CTBUH O.W.G)	51
Şekil 3.20: Çerçeve Tüp Davranışı (Beedle ve Rice).....	54
Şekil 3.21:Çerçeve tüpün rijitleştirilmesi: soldaki: çerçevenin yatay yük altında eğilmesi sağdaki: çerçeveye kafesin eklenmesiyle tüpün rijitleştirilmesi	56
Şekil 3.22: Kafesli Tüp Yerçekimi yükleri dağılımı (Beedle ve Rice)	57
Şekil 3.23: Kısmi Tübüler Sistem (Beedle ve Rice).....	58
Şekil 3.24: Tübüler Verimlilik Çalışması (Beedle ve Rice)	59
Şekil 3.25:Kolonlardaki Eksenel Gerilim Dağılımı (Smith ve Coull).....	59
Şekil 3.26: Tüp modülleri (Beedle ve Rice).....	60
Şekil 3.27: Kafes Tüp ile Diagrid Sistem Farkı (Moon , Connor ve Fernandez).....	61
Şekil 3.28: Tipik Diagrid Modülü (K. Moon).....	62
Şekil 4.1: ACT Tower Çerçeve Sistemi Görünüşleri (Beedle ve Rice).....	67
Şekil 4.2: Solda Otel Kat planı; Sağda Ofis Kat planı, ACT Tower	68
Şekil 4.3: Solda Act Tower Kesiti, Sağda ACT Tower Görünüşü	69
Şekil 4.4: Kamogawa Grand Tower Çerçeve görünüşü (Beedle ve Rice).....	71

Şekil 4.5: Tipik Kat Planı (Beedle ve Rice)	72
Şekil 4.6: Petek Şeklinde Sönümlleme Duvarının Biçimi (Beedle ve Rice).....	72
Şekil 4.7: Seagram Binası Kat planı ve perspektifi (Schierle)	75
Şekil 4.8: Absolute Towers Kat planı ve Strüktürel perspektifi	77
Şekil 4.9: Kat planlarının Dönüş biçimleri	80
Şekil 4.10: Kulenin Rüzgâr Davranışı (Baker, Korista ve Novak)	82
Şekil 4.11:Tipik kat planı (Baker, Korista ve Novak)	83
Şekil 4.12: Burj Khalifa Kesiti.....	84
Şekil 4.13: Kat Planı, Aon Center	87
Şekil 4.14: Aon Center Kat planı.....	88
Şekil 4.15: Eski ve yenilenen paneller (Parfitt).....	89
Şekil 4.16: John Hancock Binası Kesiti.....	91
Şekil 4.17: John Hancock Center kat planları	92
Şekil 4.18: Yerçekimi yüklerinin dağılımı	93
Şekil 4.19: Raito Towers Çerçeve Kat Planları (Beedle ve Rice).....	96
Şekil 4.20: Riato Towers Kesit	97
Şekil 4.21: Rialto Building Gerilme Şeması	98
Şekil 4.22: Railto Tower Kat Planları	98
Şekil 4.23: 30 St Mary Axe kat planı ve kesit.....	100
Şekil 4.24: Yapı formunun rüzgarla olan ilişkisi	102
Şekil 4.25: Taşıyıcı sistem ve ışık kuyusu grafiği.....	102
Şekil 4.27: Çerçeve Kat planları (Beedle ve Rice)	104
Şekil 4.28: OUB Center binasının strüktürel şeması	105
Şekil 4.29:Kat Planları	106

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1: Babil kulesi (Wikipedia).....	6
Resim 2.2: Keops Piramidi (Wikipedia).....	7
Resim 2.3:Lincoln katedrali (Wikipedia).....	7
Resim 2.4: Ulm manastırı (Wikipedia)	7
Resim 2.5: Bolonya Kuleleri (Wikipedia).....	8
Resim 2.6: San Gimignano kuleleri (Paradox Place).....	8
Resim 2.7: Şibam Şehri (Wikipedia)	9
Resim 2.8: Edinburg'da bulunan yüksek yapılar (Wikipedia)	10
Resim 2.9: Oriel Chambers Binası (Wikipedia).....	10
Resim 2.10: Randy Mc Nally Binası (Wikipedia)ve Wainwright binası (Wikipedia).....	11
Resim 2.11: Monadnock Binası (Wikipedia) ve Home Insurance Binası (Wikipedia).....	12
Resim 2.12:Rotterdam Het Witte Huis	13
Resim 2.13: American Surety (Office Museum).....	13
Resim 2.14: Seven Sisters Kuleleri (Travel Pod)	14
Resim 2.15: Flat Iron Binası (Wikipedia).....	15
Resim 2.16: Woolworth Binası (Wikipedia).....	15
Resim 2.17: Chrysler Binası (Wikipedia)	16
Resim 2.18: Empire State Binası (Wikipedia)	16
Resim 2.19: World Trade Center (Wikipedia)	17
Resim 2.20: Sears (Willis) Tower (Wikipedia).....	17
Resim 2.21: Petronas Kuleleri (Wikipedia)	18
Resim 2.22: Taipei 101.....	18
Resim 2.23: Burj Khalifa Binası	19
Resim 3.1: Brunswick Binası (Princeton University)	53
Resim 3.2:Solda WTC binaları; Sağda: Two Shell Plaza.....	55
Resim 3.3: Bank Of China Binası	57
Resim 3.4:Overseas Union Bank.....	63
Resim 3.5: First Bank Place (Ayay)	64
Resim 3.6: Solda Dallas Interfirst Plaza Sağda: Colombia Seafirst Center	65
Resim 3.7: Southwest Tower, Houston (Skyscraper Page)	65
Resim 4.1: ACT Tower	66
Resim 4.2: Kamogawa Grand Tower.....	70
Resim 4.3: Kamogawa Grand Tower.....	73
Resim 4.4:Seagram Binası	74
Resim 4.5: Absolute World Towers.....	76
Resim 4.6: Absolute Towers Döşeme Perspektifleri	79
Resim 4.7: Burj Khalifa Binası	81
Resim 4.8: Örümcek Zambağı ve Burj Khalifa Vaziyet Planı	85

Resim 4.9: Aon Center	87
Resim 4.10: Cephe detayı , Aon Center	88
Resim 4.11:John Hancock Binası	90
Resim 4.12: John Hancock Cephe tasarımı ve Taşıyıcıların iç mekandan görünümü	94
Resim 4.13: Riato Towers	95
Resim 4.14: 30 St Mary Axe	99
Resim 4.15: 30 St Mary Axe çevresi ile görünümü	101
Resim 4.16: Overseas Union Bank Centre	103
Resim 5.1: Dubai City Tower	111

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1:Bölgelere Göre 100 En Yüksek Yapı Grafiği	20
Tablo 2.2:En Yüksek 100 Yapının Taşıyıcı Sistem Dağılımı.....	21
Tablo 2.3:Tarihsel Olarak En Yüksek Yapıların Yüksekliklerinin Artışı	21
Tablo 2.4:En yüksek 100 yapının tarihsel olarak malzeme ve işlevlerine göre dağılım grafiği.....	22
Tablo 2.5:En Yüksek 100 yapının tarihsel olarak ortalamaları	23
Tablo 2.6:İşlevine Göre En yüksek 100 yapının yıllara dağılımı	23
Tablo 3.1:Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması (Beedle ve Rice ,7)	27
Tablo 3.2:Yüksek bina taşıyıcı sistemleri ve ulaşabildikleri kat adedi (Günel ve İlgin ,30).....	29
Tablo 3.3: İç Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,209).....	30
Tablo 3.4:Dış Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,210)	31
Tablo 4.1: Absolute Towers Kat Döşemelerinin Dönme Açıları	79

1 GİRİŞ

Endüstri devriminden sonra hızla gelişmeyen başlayan teknolojik olanaklar ve ortaya çıkan yeni yaşam ve çalışma biçimi, yüksek yapılara duyulan gereksinimi ortaya çıkarmıştır. Özellikle güvenilir asansörün icadı ve yapı malzemelerinde ki gelişmeler bu süreci kolaylaştırmıştır. Ancak; zaman içerisinde ortaya çıkan bu yeni “yüksek yapı” kavramı işlevsel bir gereksinim olmanın ötesine geçmiş, kentlerin ve ülkelerin saygınlık ikonları haline gelmiş, o ülkenin maddi, estetik ve mimari gelişmişliği, teknolojik ve mühendislik ilerlemenin sembolü olmuştur. Tüm bu yeni dünyayı şekillendiren teknolojik yapıların; taşıyıcı sistemleri ve mimari tasarımları ise yeni bir uzmanlık alanı doğurmuştur.

Kent merkezlerinin kalabalıklaşması, yeni yapılar için alan kalmaması gibi çeşitli nedenlerle, yüksek yapıların gelecekte de kentlerin vazgeçilmezleri arasında olacağı görülmektedir. Gerek mimarları, gerekse mühendisleri zorlayacak konular olması sebebiyle; özellikle de ülkemizde bu konudaki incelemelerin az olması, bu alanda yeni araştırmaları gerektirmektedir. Taşıyıcı sistemin doğru çözülmesi ve mimari tasarımla bütünleşmesi, özellikle önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çerçevede, daha önce yapılmış çalışmalara katkı sağlamak için, tezin ana konusu yüksek yapılar olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri ve bu sistemlerin mimari tasarımla olan olumlu / olumsuz ilişkilerinin incelenmesi tezin ana çerçevesini oluşturmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı:

Bu çalışmada amaç günümüzde, gerek ihtiyaçlar doğrultusunda gerekse de ikonik yapılar olmaları sebebiyle, yüksek yapılara artan talep doğrultusunda gelişen süreci incelemek ve yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerini detaylıca analiz etmektir. Böylece; bu sistemler ile mimari tasarımın kurduğu ilişkiyi doğru açılardan okumak mümkün olacaktır.

Mimarlar ile diğer disiplinler arasında bulunan ve özellikle strüktürel tasarım arasında kurulan ilişkinin, yapının ortaya çıkmasında nasıl bir etkisi olacağının araştırılması amaçlanmıştır. Bu sürece katkı sağlayabilecek çözümlerin incelenmesi de hedeflenmiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı:

Çalışma kapsamında literatürde yapılan sınıflandırmalar sonucunda genel bir taşıyıcı sistem gruplandırılması yapılmıştır. Bu sistemler detaylıca incelenerek her biri için dünyada ki inşa edilmiş yapılardan birer adet olmak üzere toplam on adet örnek seçilmiştir. İncelenen taşıyıcı sistemlerin belirgin özelliklerini en iyi taşıyan ve mimari tasarım ile ilişkisi gelişmiş örnekler seçilmiştir.

1.3 Çalışmanın Yöntemi:

Bu çalışma genelinde bilgi toplama, analiz ve sentez yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sırasında kaynak araştırması, internet yoluyla elektronik veri tabanları ve konuyla ilişkili internet sitelerinin taraması, süreli yayınların incelenmesi yapılmıştır. Taşıyıcı sistem sınıflandırmalarının tarihsel süreci araştırılmış ve bu sürece göre genel bir taşıyıcı sistem sınıflandırılması belirlenmiştir. Bu çerçeve takip edilerek çeşitli mühendislik kaynaklarından faydalanarak taşıyıcı sistemler incelenmiş ve bu sistemlere ait örnekler seçilmiştir. Örneklerin seçiminde plan, kesit gibi çeşitli teknik çizimlerine ulaşılabilirliği olan ve ait olduğu sistemin net bir şekilde özelliklerini taşıyan yapılar rol oynamıştır. Bu yapıların taşıyıcı sistemleri incelenirken mimarlarının yorumlarına ulaşmaya çalışılarak; aralarındaki etkileşimin doğru okunulmasına dikkat edilmiştir.

Çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır. Öncelikle yüksek yapı kavramının tanımlanması, antik dönemden günümüze kadar yüksek yapıların gelişiminin incelenmesi ve istatistiklerle yüksek yapıların coğrafi, malzemesel gibi çeşitli açılardan dağılımlarının ortaya konulması çalışmanın ilk bölümünü oluşturmaktadır. Sonraki aşamada, bu yapıların ayakta kalmasını sağlayan mühendislik tasarımsal süreci ele alınmakta ve yeni sistemlerin geliştirilmesi ile dünya literatüründe yer alan sınıflandırması incelenmektedir. Bir sonraki aşamada ise genel bir sınıflandırma yapısı içerisinde, bu taşıyıcı sistemlerin çalışma ilkeleri incelenmektedir. İncelenen taşıyıcı sistemlerin her biri için, uygulanmış örnekler arasından bir örnek yapının belirlenerek, mimari tasarımla ilişkisi çerçevesinde değerlendirilmesi, dördüncü bölümün kapsamını oluşturmaktadır. Bu bölümde mimari tasarım ile mühendislik tasarımlarının birbirlerine olan etkileri ve birbirlerini nasıl etkiledikleri tartışılmaktadır. Son aşamada ise elde edilen bulgular çerçevesinde, mimari disiplinler ile mühendislik disiplinlerinin beraber çalışmasının ya da bağımsız çalışmasının yüksek ve ileri teknolojiye sahip yapılara olan etkileri üzerinde genel değerlendirme yapılarak, ileriye dönük çıkarımlarda bulunulacaktır.

2 YÜKSEK YAPILAR

2.1 Yüksek Yapı Nedir?

Yüksek yapı kavramını tanımlamak için kesin bir ortak fikir bulunmamakla beraber; pek çok tanımlama yapılmıştır. Bunlardan en belirleyici olanlarından biri; Yüksek Yapılar ve Kentsel Yaşam Konseyi (CTBUH) nin yaptığı yüksek yapı sınıflandırmasıdır. Buna göre bir yapının yüksekliği 3 ana kategoriden bir veya birden fazlasına girmesi ile belirlenir. Bunlar; bağlama göre yükseklik, oran ve yüksek yapı teknolojileridir.

a)Bağlama Göre Yükseklik

Bir yüksek yapı sadece kendi yüksekliği ile değil aynı zamanda bulunduğu yerle tanımlanır. (Şekil 2.1) Mesela 14 katlı bir yapı Chicago ya da Hong Kong gibi bir yüksek yapı şehrinde yüksek olarak tanımlanmazken; Orta ölçekli bir Avrupa şehrinde ya da Banliyölerde kent ölçeğinden yukarıda kalacağı için yüksek sayılır.



Şekil 2.1: Bağlamsal Yükseklik (CTBUH)

b)Oran:

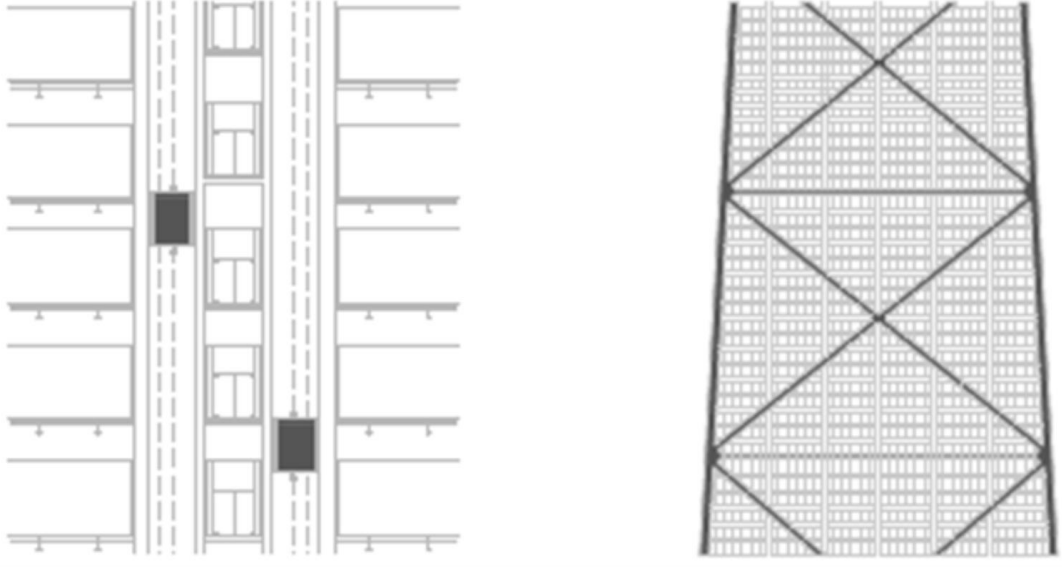
Bir yapının yüksekliği sadece uzunluğuna değil aynı zamanda oranına da bağlıdır. Bazı yapılar çok yüksek olamamasına rağmen ince olmalarında dolayı özellikle düşük yükseklikte siluete sahip kentlerde oldukça yüksek bir yapı imajı vermektedir. Tam tersi bir şekilde, aslında uzunluk olarak çok yüksek olmasına rağmen taban oturumu çok geniş olduğu için yüksek yapı kategorisine giremeyen yapılar bulunmaktadır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2: Yapı Oranları (CTBUH)

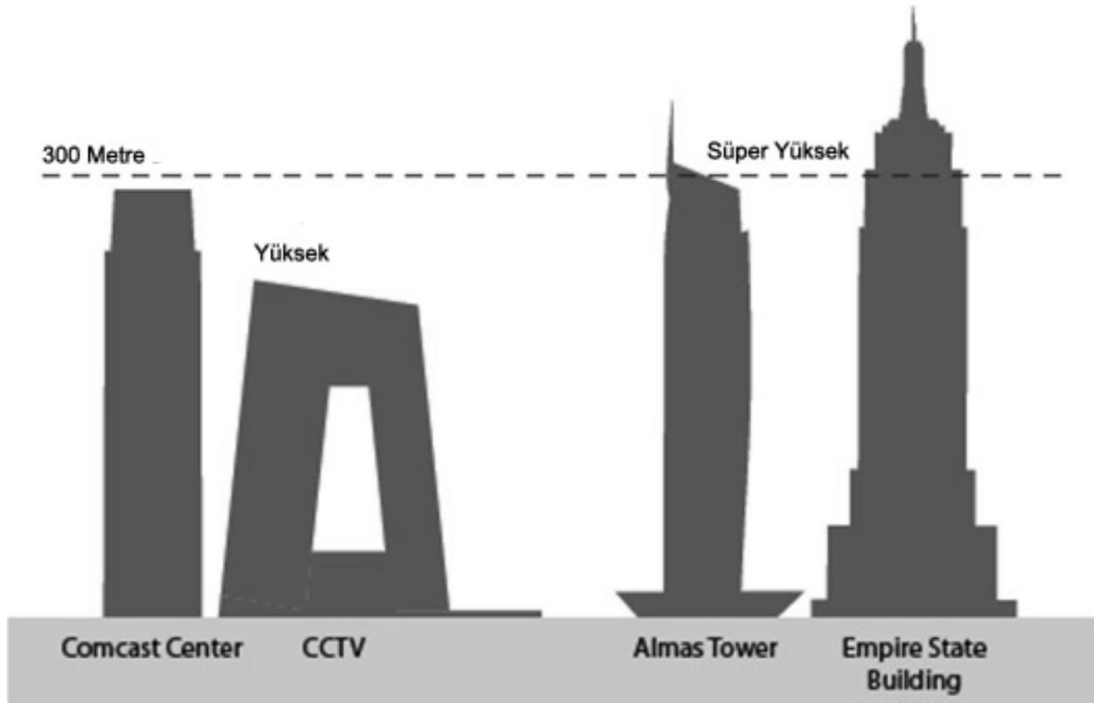
c)Yüksek Yapı Teknolojileri:

Bir yapı eğer; yüksek olarak tanımlanan yapı sistemlerine ait teknolojileri içeriyorsa; bu yapı yüksek yapı olarak sınıflandırılabilir. (örneğin; özel dikey ulaşım teknolojileri, rüzgâr çaprazlamaları vs.(Şekil 2.3)



Şekil 2.3: Yüksek Yapı Teknolojileri (CTBUH)

Bunlarla beraber; CTBUH 300m ve yukarısı yapıları Süper-yüksek yapılar olarak tanımlarken (Şekil 2.4); genel olarak kat sayısı zayıf bir belirleyici olmasına rağmen; 14 ya da daha fazla katlı ya da 50 metre üzeri yapıların yüksek yapı olarak değerlendirmeye alınabileceği sonucuna varmıştır. (CTBUH 1,2)



Şekil 2.4:Yüksek ve Süper Yüksek Yapılar (CTBUH)

Bir yapının Yüksek yapı kavramına uygun olup olmadığı ile ilgili pek çok tanım yapılmıştır. Bunlar bazıları şöyledir;

- Ali ve Armstrong'a göre; Yüksek yapı, sıra dışı yükseklikleri sıradan mekânlarla birleştiren, yüksek hızlı asansörlerin kullanıldığı taşıyıcı çerçeve sistemli ve aynı zamanda kentsel gücün, fiziksel ekonomik ve teknolojik dışavurumu olan yapıdır. (Ali ve Armstrong ,5)
- Emproris'e göre ise; 12 kat veya 35 m üzeri yükseklikteki yapılar yüksek yapılar,100 m üzeri yapılar süper-yüksek yapılardır. (Emporis, Emporis-High Rise Building (ESN 18727))
- Beedle'a göre; Çok katlı bir bina genellikle yüksekliği veya kat adediyle değil sadece binanın yüksekliğinden kaynaklanan bir takım önlemlerin gerekliliğiyle belirlenir. (Beedle ve Rice ,11)
- Almanya'da ise konsey ; yüksek yapıları; özel güvenlik önlemlerinin bulunduğu, en az 1 kullanılan mekânı yerden 22m yükseklikte olan yapılar olarak tanımlamaktadır. (Kloft ,11)

Yapı tipolojisi açısından ise; yükseklik ister yangın için ister veritabanı oluşturmak için olsun kendi başına yeterli bir veri değildir. Bunlar esasen, sadece

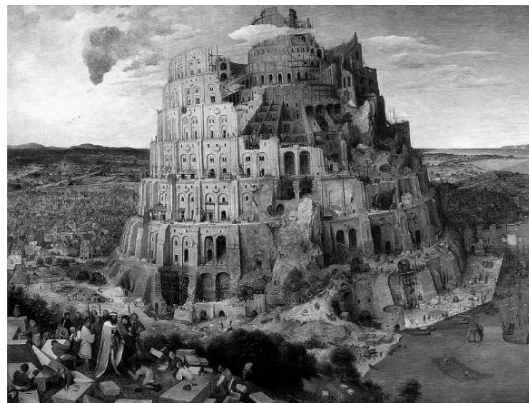
rüzgar ve deprem yatay yüklerine dayanımlı olarak değil aynı zamanda bitmeyen gelişmeye sahip yapı teknolojisi ile birlikte büyük strüktürlerin çevresel ve sosyal uyumluluğunu da etkileyen birincil yük taşıyan strüktürlere bağlıdır. (Kloft)

Özetle; tüm tanımlamalardan çıkacak ortak sonuç, Yüksek yapı; çok katlı, bulunduğu kentsel siluete göre yukarıda kalan, belirli bir taban-yükseklik narinliğine sahip ve yüksek yapı teknolojilerinin ve durumlarına özel nitelikteki strüktürel çözümlere sahip yapılar olarak tanımlanabilir.

Yüksek yapılar için genellikle gökdelen terimi kullanılmaktadır. İlk olarak uzun insanlar; uzun şapkalar, yüksekten uçan kuşlar, uzun boylu atlar için kullanılan bir deyim olan “gökdelen” ; 19. yüzyılın sonlarına doğru, ilk olarak Chicago ile New York arasında ki yüksek yapı yarışında yüksek yapılar için kullanılmış ve daha sonra eski anlamlarını yitirip sadece yüksek yapıların anlatımı için kullanılmıştır (Etymology Dictionary). Thesaurus gökdeleni; çok katlı, çok yüksek yapı olarak tanımlamaktadır (Thesaurus). Emporis ise en az 100m yüksekliğindeki yapılar olarak tanımlamaktadır (Emporis).

2.2 Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi

Modern gökdelenler, çelik veya betonarme ile gelişmiş taşıyıcı sistemlerle cam ya da granit cephe giydirmelerle inşa edilmekteler. Oysa 19.yüzyıla kadar, 6 kat ve üzeri yapılar, gerek su basıncının yetersizliği gerekse asansörün olmaması sebebiyle çok nadirdir. Antik çağlarda en yüksek yapılar arasında M.Ö 600 de yapılmış olan 90m yükseklikteki Babil Kulesi (Resim 2.1) ile MÖ 283’de yapılmış olan 140m yüksekliğindeki İskenderiye Feneri, M.Ö 26.yy’da inşa edilen 146m yükseklikteki Giza piramitleri (Resim 2.2) sayılabilir



Resim 2.1: Babil kulesi (Wikipedia)



Resim 2.2: Keops Piramidi (Wikipedia)

Bu yükseklik binlerce yıl sonra, 1300'lerin başında yapımı biten ve 1549'a kadar en yüksek bina olan sonra 160m yüksekliğinde ki Lincoln Katedraliyle (Resim 2.3) aşılmıştır (Kendrick , 60). Daha sonra ise 1890'da 162m ile halen dünyanın en yüksek katedrali olan Ulm Katedrali (Resim 2.4) yapılmıştır (Emporis, Emporis-Ulmer Münster). 1884'te yapılan Washington anıtı 169m ile bu yükseklikleri aşmayı başarmıştır (Olszewski,12); ancak tüm bu strüktürlerin hiçbirisi gerçek anlamıyla modern "yüksek yapı" sınıfına girmemektedir.



Resim 2.3: Lincoln katedrali (Wikipedia)



Resim 2.4: Ulm manastırı (Wikipedia)

Klasik antik dönemde, yüksek apartman yapıları çoğalmıştır. Antik Roma insanları, çeşitli imparatorluk şehirlerinde 10 kata kadar apartmanlarda (insula) yaşamışlardır (Aldrete 78-80). Augustus' la (MÖ 30–14) başlayarak pek çok imparator, 20–25 katlı yapılar yapmaya çalışmışlardır, ancak sınırlı bir başarı sağlanmıştır (Strabo 5;3,7). Alt katlar ticari işlevlerle ya da zengin ailelere, üst katlar ise alt sınıfa kiralanmıştır (Aldrete 79). Bulunan Oxyrhynchus Papyri yazmaları, Roma Mısırında Hermopolis şehrinde, M.S 3.yy'da 7 katlı yapılar olduğuna işaret etmektedir (Riggs 295).

Pek çok ortaçağ şehrinin silüetinde savunma ve statü için sıkça zenginler ve üst sınıflar tarafından inşa edilen kent kuleleri bulunmaktadır. 12.yy Bolonya'sında en yüksek 97.2 m ile Asinelli Kulesi olan 80 ile 100 tane arasında konut kuleleri vardı. 1251'de çıkan bir Floransa kanunu tüm kentsel yapıların 26 m'den kısa olması gerektiğini bildirmiştir. Hatta dönemin daha küçük şehirlerinde bile San Gimignano'da ki 51 m yüksekliğine varan 72 kule gibi kuleler çoğalmıştır (Müller 350).



Resim 2.5: Bolonya Kuleleri (Wikipedia)



Resim 2.6: San Gimignano kuleleri (Paradox Place)

Ortaçağ Mısırında ve Fustat şehrinde 10. yy 'da ki Al-Mukaddersi'nin minarelere benzettiği, pek çok çok katlı konut yapıları bulunmaktaydı. Erken 11.yy da Nasir Kuşrov bunların bazılarını; 14 kata kadar, en üst katın, öküzlerin çektiği su çarklarıyla sulama yapılan bahçeler olan yapılar olarak tanımlar (Behrens-Abouseif ,6). 16.yüzyıl Kahire'sinde en alt 2 katı ticari ve depolama amacıyla kullanılan, üst atları kiralanan çok katlı apartman yapılarından söz edilmektedir (Mortada ,7).

Tamamen çok katlı konut yapılarından oluşan şehirlerin erken örneklerinden biri 16 yüzyıl şehri olan Yemen'deki Şibam'dır. Şibam her biri 5 ten 11 e kadar olan, her katta tek bir ailenin yaşadığı 500 kadar kule konutun bulunduğu bir şehirdir (Helfirtz). Şehir Bedevi saldırılarından kurtulmak için inşa edilmiştir (UNESCO). Şibam halen pek çoğu 30m üzerinde yüksekliğe sahip olarak, dünyanın en yüksek kerpiç yapılarına sahiptir (Shipman)(Resim 2.7).



Resim 2.7: Şibam Şehri (Wikipedia)

Çok katlı konutların erken modernizmin bir örneği, 17.yüzyılda İskoçya Edinburgh 'da, şehrin sınırlarının, savunma amaçlı duvarları tarafından belirlenen yerde yer almaktadır. Sınırlandırılmış şehir arazisi sebebiyle yapılar yükselmiştir. O günlerin “gökdelenleri” olarak nitelenebilecek 11 katlı yapılar çoğunlukta olmakla beraber 14 katlı yapılarda kaydedilmiştir. Bu taş yapıların pek çoğu halen Edinburgh'da görülebilmektedir (Chambers ,12)(Resim 2.8).



Resim 2.8: Edinburg'da bulunan yüksek yapılar (Wikipedia)

2.2.1 Erken Dönem Örnekleri:

Erken dönemdeki en önemli gelişmelerden birisi, 1852 'de Elisha Otis'in yolcuları üst katlara güvenli ve kullanışlı bir şekilde taşıyan güvenli asansörü tanıtmasıdır. Başka çok önemli bir gelişme ise, yüksek yapılardaki en alt kattaki duvarların kullanışsızlık derecesinde kalınlaşmasından dolayı çelik çerçeve sisteme geçilmesidir. Bu alandaki erken örneklerden birisi Liverpool'da bulunan Oriel Chambers Binasıdır (Resim 2.9). 1864'de yerel bir mimar olan Peter Ellis tarafından tasarlanan, dünyanın ilk demir çerçeveli cam giydirme cephele ofis yapısıdır. Sadece 5 katlıdır (Liverpool Architectural Society).



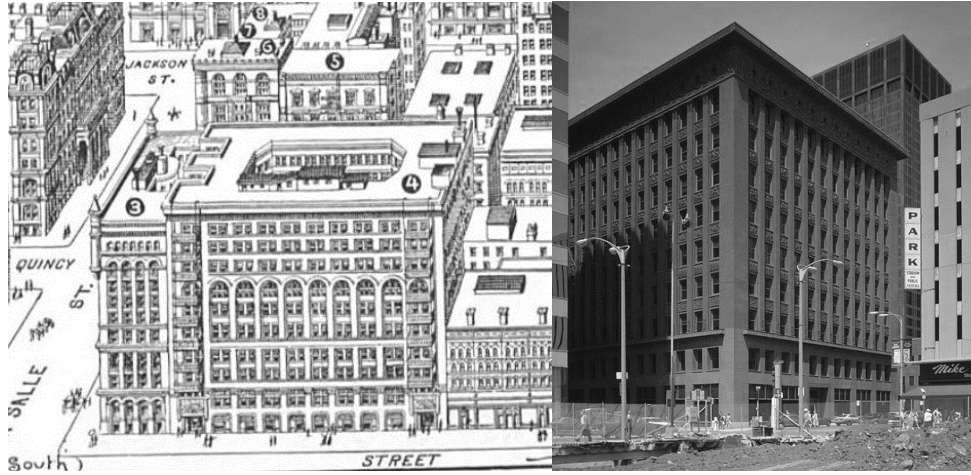
Resim 2.9: Oriel Chambers Binası (Wikipedia)

Yüksek yapıların evrimi; 1871'de Chicago' da çıkan ve yaklaşık 10 km² 'lik bir alanı yok eden yangından sonra; şehrin yeniden hızla inşası için sarf edilen çabalarla ilişkili olarak hızlanmıştır (Bales). Aynı zamanda yüksek yapıların ekonomik büyümenin

simgesi haline gelmesi ve yapı teknolojilerinde ki gelişmeler de bu hızı etkilemiştir. (Grohmann ve Kloft ;77)

1184-1885'te çelik iskelet olarak nitelendirilebilecek sistemi kullanan ilk yapı, Chicago'da bulunan mimarı William Le Baron tarafından tasarlanan ve 55 m yükseklik ile dünyanın ilk gökdeleni olarak kabul edilen Home Insurance Binası'dır. Yapı; İlk defa I profillerin kullanılması, yığma yangın duvarları ile yüksek yangın güvenliği sağlaması ve hızlı ve güvenli dikey ulaşım gibi pek çok yaratıcı yenilikten dolayı ünlenmiştir. 1931 yılında yıkılmıştır. (Grohmann ve Kloft ;77)

1889'da Burnham ve Root'un tasarladığı Chicago'daki Randy McNally Binası ilk tamamen çelikten inşa edilmiş gökdelenken, 1891'de Louis Sullivan'n tasarladığı, Missouri'de yer alan tamamen çelik taşıyıcı sistemli Wainwright Binası' da yüksekliği vurgulayan cephesindeki dikey bantlı tasarımıyla ilk gökdelenlerdendir. (Grohmann ve Kloft ;77)



Resim 2.10: Randy Mc Nally Binası (Wikipedia)ve Wainwright binası (Wikipedia)

Yeni strüktürel sistemlere paralel olarak; geleneksel yapı sistemleri kullanılmaya devam ediliyordu. 1891' de bu geleneksel anlayış kendini Monadnock binasında göstermişti. Burnham ve Root tarafından tasarlanan bu yapı, 16 katlı çelik iskeletli ve yığma duvarlı, boşluklu cephesi olan, 60 metre yüksekliğinde inşa edilmiştir. Giriş katında duvar kalınlığı 1.83 metre kalınlığa ulaşmaktadır. Yığma sistem bu yapı ile teknolojik sınırlarına ulaştığı için; daha sonra devam edilmemiştir. (Grohmann ve Kloft ;77)



Resim 2.11: Monadnock Binası (Wikipedia) ve Home Insurance Binası (Wikipedia)

Çoğu ilk dönem gökdelenleri 19.yy'ın sonlarına doğru, Chicago, New York, Londra gibi arsa sıkıntısı çekilen yerlerde ortaya çıkmıştır. 1881–1891 arasındaki bir arazi canlanmasıyla, Melbourne, Avustralya'da hiçbir çelik güçlendirmesi olmayan ve günümüze çok azı ulaşmış erken dönem gökdelenlerinin yapımında muazzam bir artış olmuştur. Yükseklik limitleri ve yangın önlemleri, daha sonralar gündeme alınmıştır. Londralı yükleniciler, Kraliçe Victoria'nın bir şikâyeti üzerine yükseklik sınırlandırmalarıyla karşılaşmışlardır ki, bu kurallar 1950'lere kadar birkaç istisna dışında devam etmiştir. (London County Council ;33) Estetik ve yangın güvenliği ile ilgili endişeler tüm Avrupa'da, 20. yy'ın ilk yarısı boyunca gökdelenlerle ilgili gelişmeleri engellemiştir. Ancak; 1898'de Rotterdam'da yapılan 45 metre yüksekliğinde ki 11 katlı Witte Haus binası (Resim 2.12); 1911'de Liverpool'daki 17 katlı 90 metrelik Royal Liver yapısı, 1924-1925'de Stockholm'deki 17 katlı Kungstornen binası, 1929'da Madrid'deki 15 katlı Edificio Telefonica binası, 1932 'de Belçika'daki 26 katlı Boerentoren binası ve 1940'ta İtalya'da ki 31 katlı Torre Piacentini binası dikkate değer istisnalardır.



Resim 2.12: Rotterdam Het Witte Huis

Erken dönemde New York ve Chicago arasındaki en yüksek yapıya sahip olma yarışını 1895'de American Surety Binasının tamamlanmasıyla, New York kazanmış ve uzun yıllar dünyanın en yüksek yapıları New York'ta olmuştur. 1920lerde ve 1930ların ilk yarısında, New York şehrindeki yükleniciler dünyanın en yüksek yapısı unvanı için yarışmışlardır. Bu süreç, 1930'da Chrysler Binasının tamamlanması ve 40 yıl boyunca dünyanın en yüksek binası olarak kalan 1931'de tamamlanan Empire State binasıyla doruğa çıkmıştır.



Resim 2.13: American Surety (Office Museum)

2.2.2 Modern Gökdelenler:

1930lardan itibaren Latin Amerika’da ve Asya’da gökdelenler yapılmaya başlamıştır. 2. Dünya savaşıdan sonra Sovyetler Birliği, Moskova’da “Stalin Towers” isimli 8 adet masif gökdelen planlamış ve bunların 7 tanesi yapılmıştır. (Seven Sisters)(Resim 2.14)



Resim 2.14: Seven Sisters Kuleleri (Travel Pod)

Avrupa’nın geri kalanında 1950’lerde Madrid’le başlayarak yavaş yavaş gökdelenlere izin vermeye başlamışlardır. En sonunda Afrika, Ortadoğu ve Okyanusya (ağırlıklı Avustralya) şehirlerinde de 1950’lerden itibaren gökdelen yapılmaya başlanmıştır (W. F. Baker 2).

1960’ların başında Fazlur Khan, rijit çelik çerçeve strüktürün “yüksek yapı tasarımına ve strüktürüne hakim olduğunu ve yüksek yapılar için uygun olan tek bir sistem olmadığını”, “çoklu strüktürel sistemleri yeni bir gökdelen çağının devrimi” olarak vurgulamıştır (Ali ve Moon ,5). Gökdelen tasarımında ve inşasında tübüler taşıyıcı sistemler (çerçeve tüp, kafes tüp, demet tüp) başlıca yenilikçi fikirlerdir. Bu sistemler sadece ekonomik fayda sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda kutu formuna hapsolmuş gökdelen tasarımını da özgürleştirmiştir. Sonraki 15 yıl boyunca Khan ve “İkinci Chicago Okulu” tarafından Sears kulesi dahil olmak üzere pek çok gökdelen inşa edilmiştir (Ali ve Armstrong ,5).

2000’lerden sonra ise; Chicago, Şangay, Dubai, New York ve Toronto gibi şehirler çok büyük gökdelen inşaatlarıyla karşı karşıya kalmışlardır. Chicago, Hong Kong ve New York diğer adlarıyla “3 büyükler”, mimari çevrelerde, özellikle zorlayıcı ve saygı uyandıran silüetleriyle tanımlanmaya başlamışlardır.

2.2.3 En Yüksek Gökdelenlerin Tarihçesi:

20.yy'ın başlarında New York; Hastings, Carrere, Stanford, White gibi mimarları çeken, Beaux-Arts mimari hareketinin merkezi olmuştur. Mühendislik ve İnşaat teknolojileri geliştikçe en yüksek yapıyı yapma yarışında New York ve Chicago odak noktası haline gelmişlerdir. Her şehrin çarpıcı silüetini, bazıları 20 yüzyıl mimarlığının simgeleri haline gelen, çok çeşitli ve sayıda gökdelen oluşturmaktadır.

- The Flatiron binası: Daniel Hudson Burnham tarafından tasarlanan, 1902'de tamamlanan 87 m yüksekliğindeki çelik iskeletli yapı, en yüksek yapılardandır. Çelik çerçeveye inşa edilen dönem yapılardan biridir (Resim 2.15).



Resim 2.15: Flat Iron Binası (Wikipedia)

- Woolworth Binası: 1913'te tamamlanan ve 1930'a kadar dünyanın en yüksek gökdeleni olan (241m) Neo-gotik yapı Cass Gilbert tarafından tasarlanmıştır (Resim 2.16).



Resim 2.16: Woolworth Binası (Wikipedia)

- Chrysler Binası: 1930’da 319 m ile en yüksek yapı unvanını alan Chrysler binası, William Van Allen tarafından, Art deco stilinde tasarlanmış olup, halen New York’ un en önemli yapılarındandır (Resim 2.17).



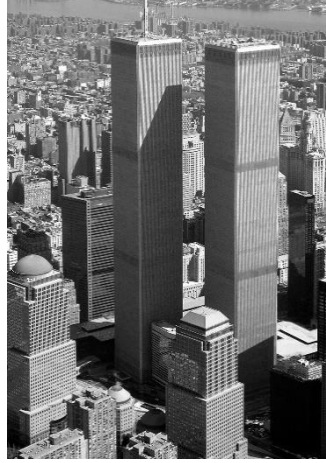
Resim 2.17: Chrysler Binası (Wikipedia)

- Empire State Binası: 1931’de tamamlanan Empire State binası ilk defa 100 kattan fazlasına sahip olan gökdeldendir (102 katlı). Shreve, Lamb ve Harmon tarafından Art-deco olarak tasarlanan yapı 381m yüksekliği ile 1972’ye kadar en yüksek yapı unvanını almıştır. 1951’de anten eklenerek 449m olmuş daha sonra 1984’de 443m’ ye düşürülmüştür (Resim 2.18).



Resim 2.18: Empire State Binası (Wikipedia)

- World Trade Center: Tam yüksekliğine 1972’de ulaşmış, 1973’de tamamlanmış 2 kule ve küçük çeşitli yapılardan oluşan bir karma kullanımlı yapı olarak inşa edilmiştir. Kısa bir süre için ilk kule unvanı elinde tutmuştur. 2001 yılında 11 Eylül saldırılarıyla yıkılmıştır (Resim 2.19).



Resim 2.19: World Trade Center (Wikipedia)

- Sears Tower (Willis Tower): 1974’de WTC’den 1 sene sonra tamamlanmış ve dünyanın en yüksek yapısı olmuştur. Fazlur Khan’ın demet tüp sistemini ilk kullanan yapıdır. 1998’deki Petronas kulelerine kadar geçilememiş, 2010’da Burj Khalifa tüm kategorilerde geçene kadar bazı kategorilerde birinciliği korumuştur (Resim 2.20).



Resim 2.20: Sears (Willis) Tower (Wikipedia)

- Petronas kuleleri: Petronas kulelerinin 1998’de açılmasıyla unvana sahip olma ivmesi, Amerika’dan diğer ülkelere geçmiştir. 451m yüksekliğindeki yapı César Pelli tarafından ikizi kuleler şekilde tasarlanmış, aradaki gökyüzü

köprüsü, 170m yükseklikle dünyanın en yüksek 2 katlı köprüsü unvanını da elde etmiştir (Resim 2.21).



Resim 2.21: Petronas Kuleleri (Wikipedia)

- Taipei 101: Taipei 101'in Tayvan'da açılışıyla 2004'te en yüksek yapı unvanı Asya'da kalmıştır. 509m yüksekliğe sahip yapı C.Y. Lee & partners tarafından, Geleneksel Çin sembolizmine uygun bir şekilde tasarlanmıştır (Resim 2.22).



Resim 2.22: Taipei 101

- Burj Khalifa: Adrian Smith- SOM tarafından tasarlanan 829m yüksekliğe sahip yapı, 2010 yılında açılışıyla, pek çok mimari rekor, dünyanın en yüksek yapısı

ve en yüksek serbest duran strüktürünü de kapsamak üzere Ortadoğu'ya kaymıştır. (Resim 2.23)



Resim 2.23: Burj Khalifa Binası

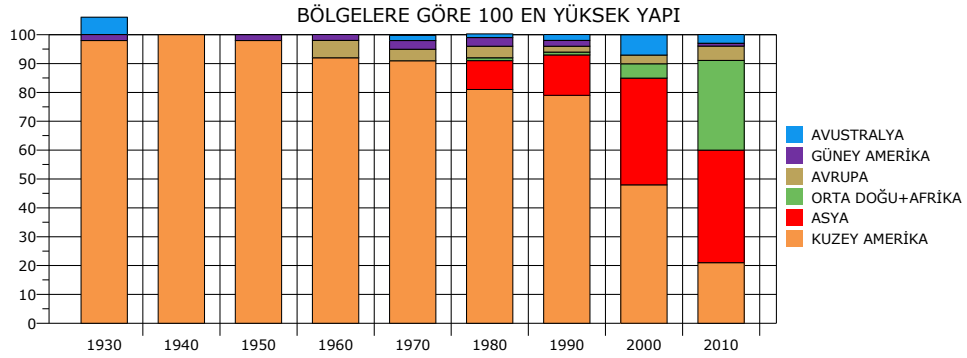
Bu coğrafi geçiş; gökdelen tasarımında yaklaşımları da beraberinde değiştirmiştir. 20 yüzyıl yapılarının çoğu basit geometrik şekillerden oluşmaktadır. Yüzyılın başlarında Bauhus mimarları tarafından şekillendirilen uluslararası üslup fikrinin yansımaları şekllindedirler. Örneğin, 1970'lerin sonunda yapılan Willis tower ve WTC bu felsefeyi tamamen yansıtmaktadır. Daha sonra tasarım anlayışları değişmiş ve Post modern etkiler kendini göstermeye başlamıştır. Bu yaklaşımda tarihi elemanlar, adapte edilip tekrar yorumlanarak modern strüktürlerle bütünleştirilmektedir. Petronas İkiz kuleleri, Asya pagoda mimarisi ile İslami geometrik prensiplerden esinlenerek tasarlanmıştır. Taipei 101'de benzer şekilde pagoda geleneğini, Ruyi simgesi gibi antik motiflerle sentezleyerek yansıtmıştır. Burj Khalifa ise geleneksel İslam sanatından etkilenmiştir.

Sonuç olarak; günümüzde gökdelenler, çoğunlukla arsaların pahalı olduğu, büyük şehir merkezlerine arsa başına kiralanabilir alan oranı çok yüksek olduğu için hızla çoğalmaktadır. Ancak gökdelenler sadece yer ekonomisi için inşa edilmemekte, eski çağlardaki tapınak ve saraylar da olduğu gibi şehrin ekonomik gücünün simgesi olarak görülmektedirler. Sadece şehrin silüetini değil kimliğini de belirlemektedirler.

2.3 Sayılarla Yüksek Yapılar

2.3.1 Bölgelere Göre 100 En Yüksek Yapı:

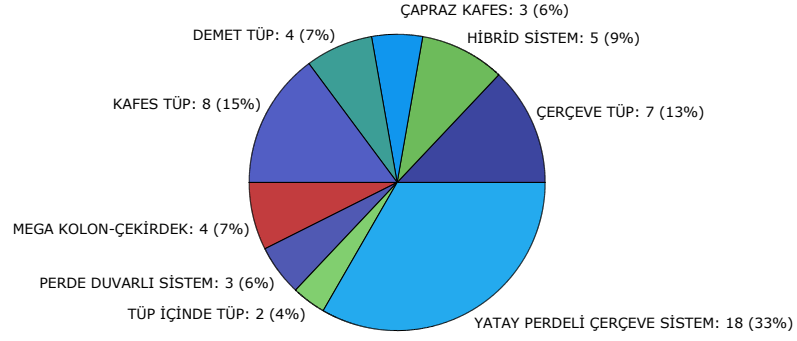
CTBUH verilerine göre en yüksek 100 yapının dağılım grafikleri oluşturulduğunda; 1930'lu yıllarda ilk 100 yapının yoğunlukla Kuzey Amerika bölgesinde bulunduğu görülmektedir. Çok az bir oranda güney Amerika'da da olan yüksek yapılar; 1940'lara gelindiğinde tamamen ilk 100 yapı Kuzey Amerika'da yer almaktadır. 1960'lardan sonra Avrupa'ya da yayılmaya başlayan yüksek yapılar; 1980'lere gelindiğinde Asya'da yansımalarını göstermeye başlamıştır. 2010 Yılına gelindiğinde ise Amerika en yüksek 100 yapı listesinde baskınlığını yitirmiş, ve Ortadoğu-Afrika (çoğunlukla Dubai) ve Asya listeye en fazla sayıda yapıyı sokabilmiştir. Bu verilere göre; günümüzde yüksek yapı teknolojisi Asya özellikle Uzakdoğu ve Ortadoğu-Afrika özellikle Dubai tarafından yön verilmekte ve geliştirilmektedir (Tablo 2.1).



Tablo 2.1:Bölgelere Göre 100 En Yüksek Yapı Grafiği

2.3.2 En Yüksek 100 Yapının Taşıyıcı Sistem Dağılımı:

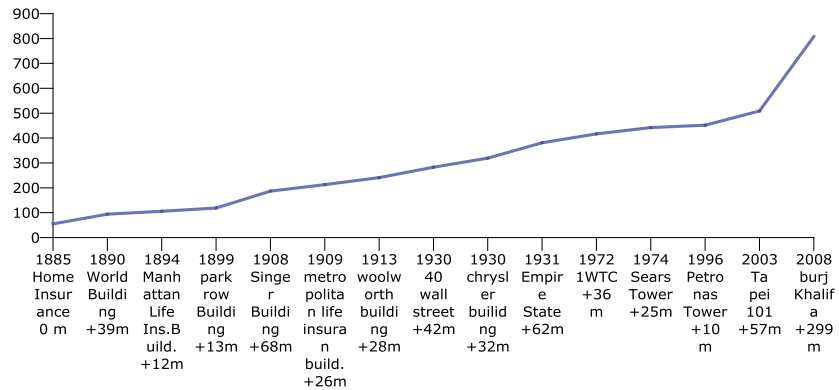
CTBUH verilerine göre En yüksek 100 yapı listesine giren yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri grafik haline getirilmiştir. Buna göre en çok tercih edilen sistem Yatay Perdeli Çerçeve Sistem iken; en az tercih edilen sistem Tüp İçinde Tüp Sistemi olmuştur. Çerçeve Tüp ve Kafes Tüp de yine çok tercih edilen taşıyıcı sistemler arasındadır (Tablo 2.2).



Tablo 2.2:En Yüksek 100 Yapının Taşıyıcı Sistem Dağılımı

2.3.3 Tarihsel Olarak En Yüksek Yapıların Yüksekliklerinin Artışı:

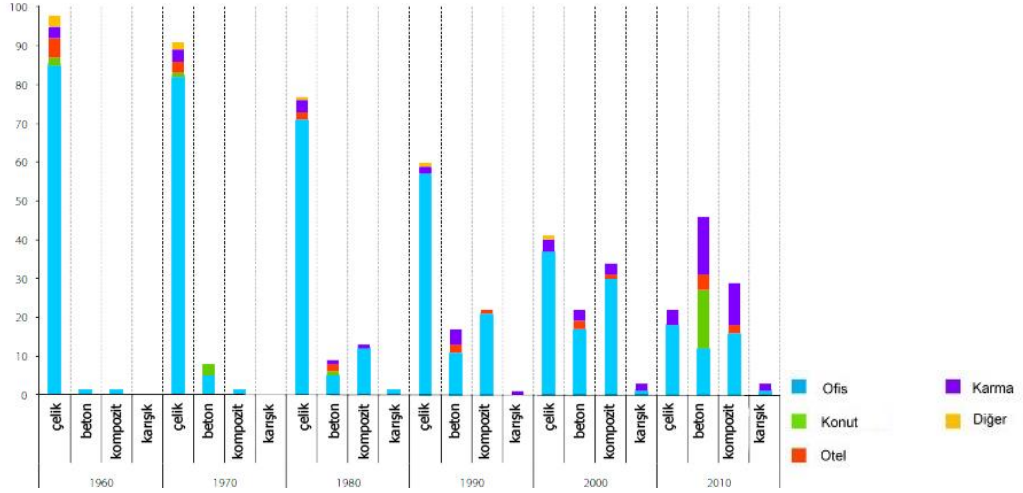
CTBUH verilerine göre, yıllara dayalı yükseklik artışı verileri grafik haline getirilmiştir. 1885 yılında en yüksek bina olan ve yüksek yapıların başlangıcı olarak kabul edilen Home Insurance Binası 0 noktası olarak kabul edilmiştir. 1800'lerden 1900'lerin başına gelindiğinde en yüksek yapı 23 yılda toplam 132m yükselmiştir. 1900'lerin ortalarına gelindiğinde ise; 1931'de Empire State binası ile 23 yılda 190m'lik bir yükseklik artışı olmuştur. 1930'lardan 1972'ye kadar daha yüksek bir yapı yapılamayıp; bu artış, 1972'de Tübüler Sistemlerin bulunmasının etkisiyle inşa edilen, Dünya Ticaret Merkezi ile 42 yılda 36m ile devam etmiştir. 1900'lerin sonuna gelindiğinde ise Petronas Kuleleri ile 24 yılda 35 m daha artmıştır. 2003 yılında 7 yılda 57m yükselerek hızlanan yükseklik ivmesi; 2008 yılında Burj Dubai ile 5 senede 299 m artarak en yüksek ivmeye ulaşmıştır (Tablo 2.3).



Tablo 2.3:Tarihsel Olarak En Yüksek Yapıların Yüksekliklerinin Artışı

2.3.4 En Yüksek 100 Yapının Tarihsel Olarak Malzeme Ve İşlevlerine Göre Dağılımı

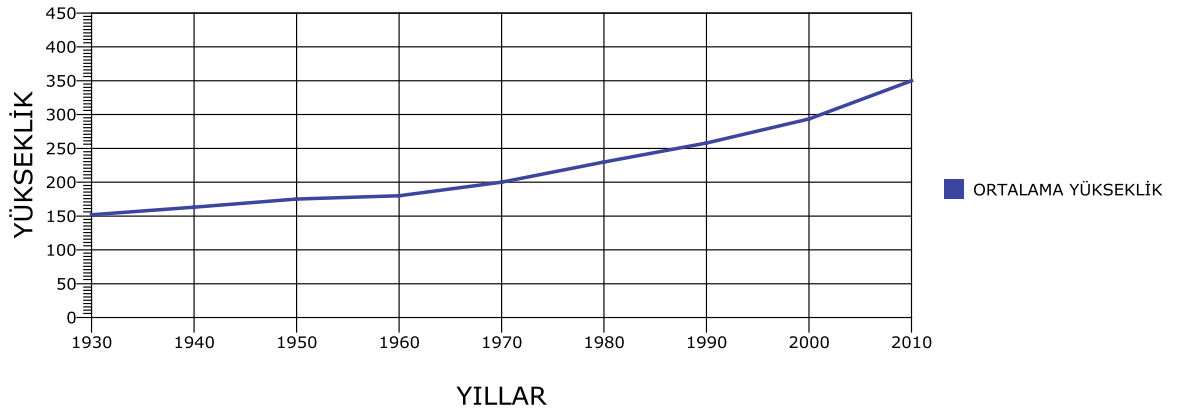
CTBUH verilerine göre; yıllara göre malzeme-işlev ilişkisi grafik haline getirilmiştir. 1960'lerde yüksek yapıların %85'i ofis amaçlı kullanılan, çelik malzeme kullanılmış yapılar; 1980'lere gelindiğinde ofis kullanım oranı halen %85'lerde olmakla beraber artık kompozit ve betonunda malzeme kullanımında artmaya başladığı görülmektedir. 2000'lere gelindiğinde ise, çelik, beton ve kompozit malzemelerin kullanım oranları birbirlerine yaklaşmış, ancak ofis kullanımı halen baskın işlevini sürdürmektedir. Bununla birlikte; karma kullanımlı yapılarda artış gözlenmektedir. 2010 yılında ise; Karma kullanımlı yapılar ile ofis kullanımlı yapılar yoğunlukta; konut kullanımlı yüksek yapıların oranında sığrama olmuştur. Beton malzeme kullanımı artmıştır (Tablo 2.4).



Tablo 2.4:En yüksek 100 yapının tarihsel olarak malzeme ve işlevlerine göre dağılım grafiği

2.3.5 En Yüksek 100 Yapının Tarihsel Olarak Ortalamaları:

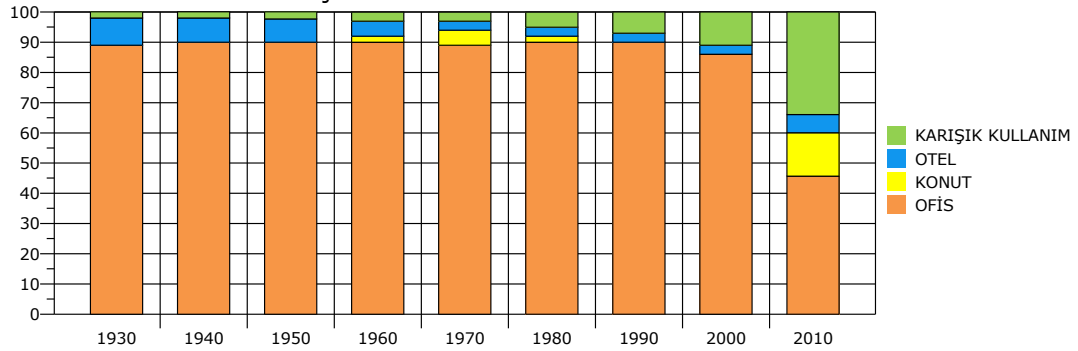
CTBUH verilerine göre; en yüksek ilk 100 yapı listesine giren yapıların ortalama yüksekliklerinin yıllara göre nasıl bir dağılım gösterdiği grafik haline getirilmiştir. 1930'lu yıllarda 150m ile başlayan ortalama yükseklik; 1970'lerde 40 senede 20m artmıştır. 2000'lerde 300m civarına çıkan yükseklik; 40 senede 50m yükselerek ivme kazanmıştır. 2010'a gelindiğinde ise 10 senede 50m artarak, 350 metreye çıkan ortalama yükseklik en yüksek ivmeye ulaşmıştır..



Tablo 2.5:En Yüksek 100 yapının tarihsel olarak ortalamaları

2.3.6 İşlevine Göre En Yüksek 100 Yapının Yıllara Dağılımı:

CTBUH verilerine göre en yüksek 100 yapı listesine giren yapıların, yıllara göre işlevsel olarak dağılımını gösteren veriler grafik haline getirilmiştir. Buna göre; 1930'larda %90'ı ofis kullanıma göre %8'i otel olarak tasarlanmış yapılara 1970'lere gelindiğinde Konut işlevi de yüklendiğini görüyoruz. 2010 yılına kadar işlev baskınlığı ofis kullanımda iken; daha sonraki dönemde karma kullanım artış göstermiştir. 2010 yılına gelindiğinde ise 100 yapı içinde ofis kullanımı %45 lere gerilemiş; %15 konut %5 otel ve geri kalan %35 ise karma kullanımlı yapılara dönüşmüştür. Buna göre günümüze gelindikçe karma yapılara olan ihtiyaç artmıştır (Tablo 2.6).



Tablo 2.6:İşlevine Göre En yüksek 100 yapının yıllara dağılımı

3 YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER

3.1 Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Yüksek yapıların gelişmesinde 3 ana dönem bulunmaktadır.

Birinci aşama 1800'lerin sonunda kentlerin büyümesiyle beraber oluşan olağanüstü ekonomik gelişmeyle başlamıştır. Bu aşamada binalar; çoğunlukla 6 kattan daha yüksek değillerdi. Daha yüksek yapılar dikey taşımacılığın eksikliğinden dolayı yapılamıyordu.

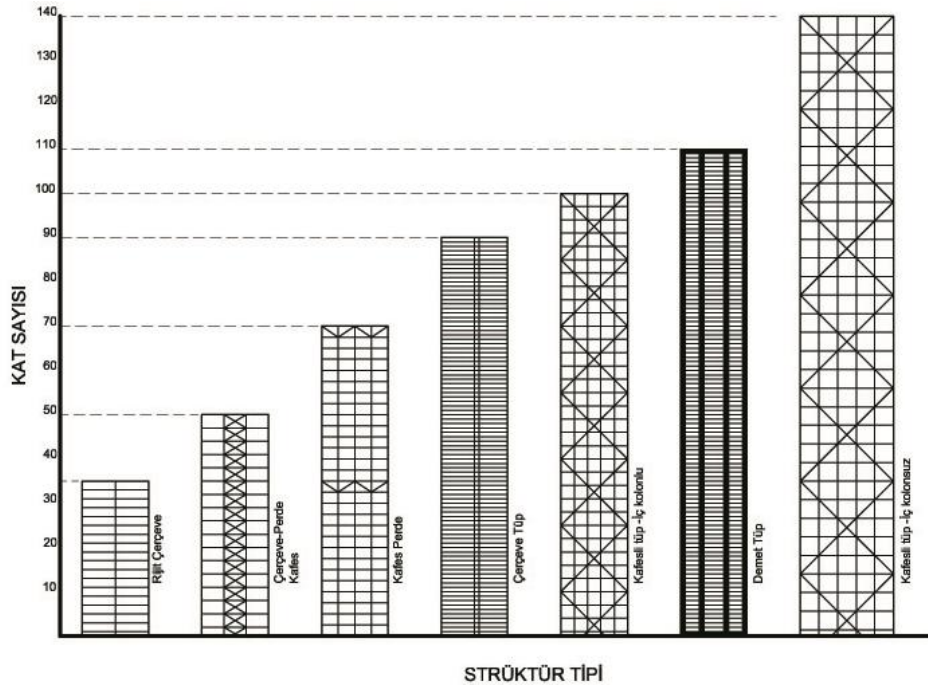
İkinci aşamanın kökleri 1855'te; Otis'in asansör sistemini sunarak; yapıların yüksekliğine sınır koyan dikey ulaşım problemini ortadan kaldırmasıyla atılmıştır. Aynı dönemde; taş, tuğla ve ahşap inşaat malzemesi olarak dökme demirle yer değiştirmiş, bu da daha sonra çelikle yer değiştirmiştir. Yapı malzemelerinde ki değişim; yük taşıyan taş duvarlardan yüksek yapılar yapmayı daha da ekonomik kılan kolon giriş çerçeveli sisteme doğru evrim geçirmiştir. (Mufti ve Bakht ,280)

Yüksek yapıların yapımı için gerekli olan teknoloji olmasına rağmen, yüksek yapıların gerçekleştirilmesi Amerikan iç savaşından sonra olmuştur. Avrupa'dan kopyalanan Amerikan mimarlığı yeni bir kimlik arayışına girmiş ve Sullivan ve Le Baron Jenney gibi mimarlar ve mühendisler First Chicago School of Architecture olarak bilinen okulu kurmuşlardır. Böylece Chicago Okulu akımını başlatmışlardır (Mufti ve Bakht ,280).

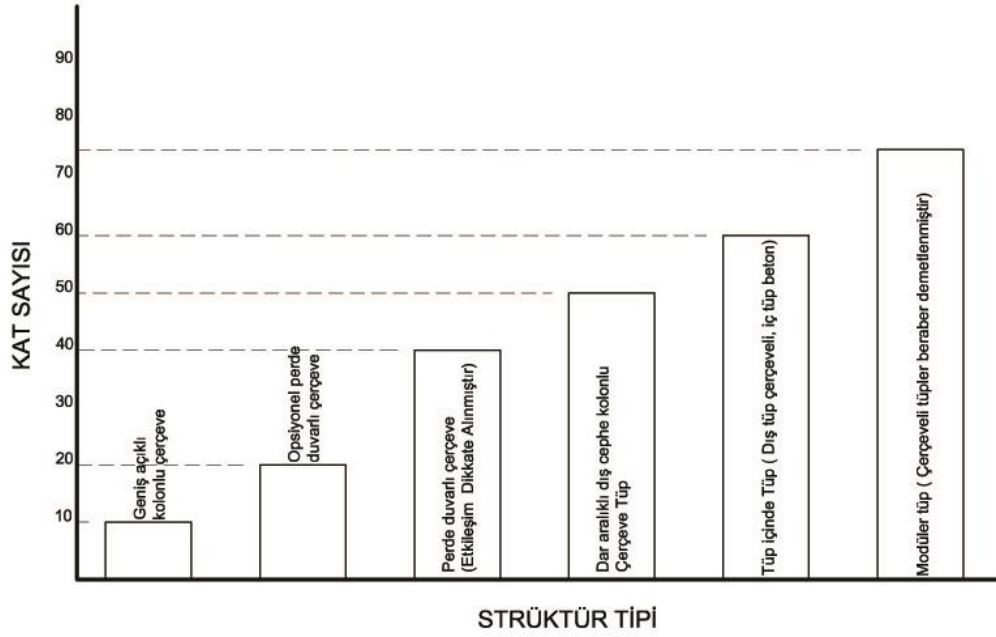
Yüksek yapılarının gelişiminin ikinci aşamasında; 20–30 katlı yapılar Amerikan şehir silüetinin genel bir parçası haline gelmiştir. Estetik anlayışı yapıların işlevleriyle ilişkili olarak ortaya çıkan şekli desteklemeye başlamıştır. Stürüktürel çelik çerçeve yeni ve yaratıcı bir teknoloji olarak görülmüştür ancak bu dönemde eş zamanlı olarak büyük ölçekli monolitik yığma yapılarda yapılmış ve teknolojilerinin sonuna gelmiştir. Bu yapıların yükseklikleri ana caddelerin genişlikleriyle karşılaştırıldıklarında oldukça fazla olup, bu durum daha sonra insan ölçeği-yapı yüksekliği algısının kaybolmasına sebep olmuştur. Bu yüksek yapılar aynı zamanda cadde ölçeğinde güneş ışığı ve hava akımını da kesmiştir.

Kolon-kiriş çerçeve sistem kullanarak günün standartlarından yüksek binalar inşa etmek oldukça pahalı idi. Bu yüzden bu aşamada büyüme 1950'lere kadar genelde 20–30 katlı yapılarla sınırlı kalmışsa da Empire State Binası gibi istisnalarda mevcuttur (Mufti ve Bakht ,2).

Üçüncü aşama; 1960'larda başlamıştır denebilir. Bu aşamada; yatay yüklere dayanımda geleneksel getirilerin yerine yeni kazanımlar sağlamak amacıyla tamamen yeni bir seri taşıyıcı sistem geliştirilmiştir. Strüktürel çelik, betonarme ve geleneksel yığma sistemleri içeren bu yeni sistemler, 100 veya daha fazla katı ekonomik olarak uygun olacak biçimde inşa edebilecek şekilde evrimleşmiştir. Bu üçüncü aşamada; Dr. Fazlur Khan; 6 adet çelik taşıyıcı sistem 4 adet beton taşıyıcı sistem geliştirmiştir (Şekil 3.1,Şekil 3.2). 1965 'te yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri için bir metodolojiye ihtiyaç olduğunu savunmuş ve “kabaca yatay yüklere karşı göreceli etkinliğine göre kategorize” edilmesi gerektiğini söylemiştir. Bu sıralamanın bir ucunda 20–30 kata kadar verimli olan moment dayanımlı çerçeveler olup, diğer ucunda yüksek konsol verimliliği ile yeni nesil tübüler sistemler bulunmaktadır. Ayrıca yapı malzemesine göre de beton ve çelik sistemler olarak, bu sistemleri birbirinden ayırmıştır (Khan ,10-1969).

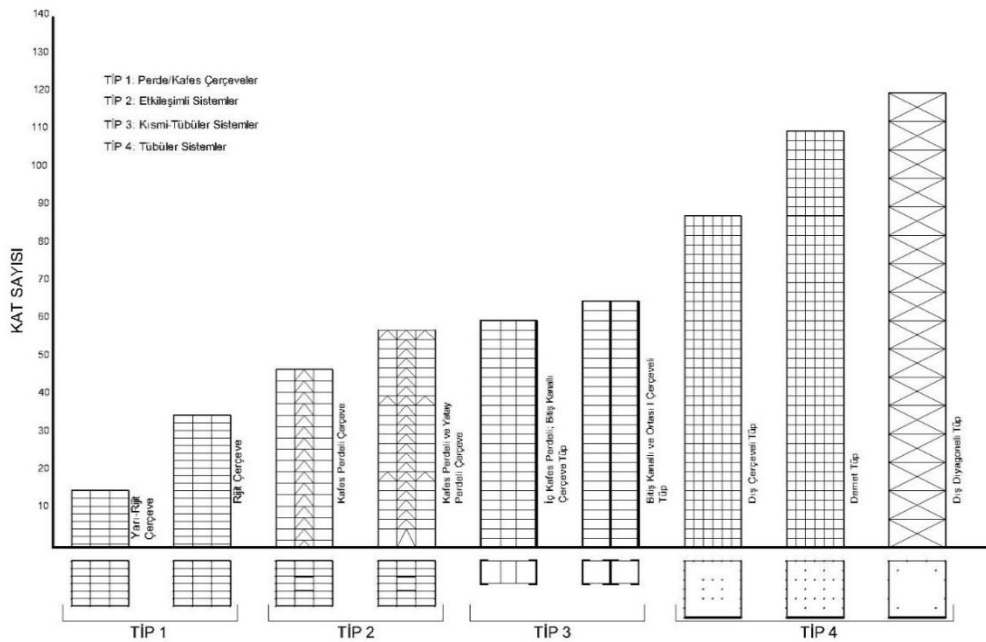


Şekil 3.1:Yüksek yapılar için çelik taşıyıcı sistem sınıfları (Mufti ve Bakht ,241)



Şekil 3.2:Yüksek yapılar için beton taşıyıcı sistem sınıfları (Mufti ve Bakht ,241)

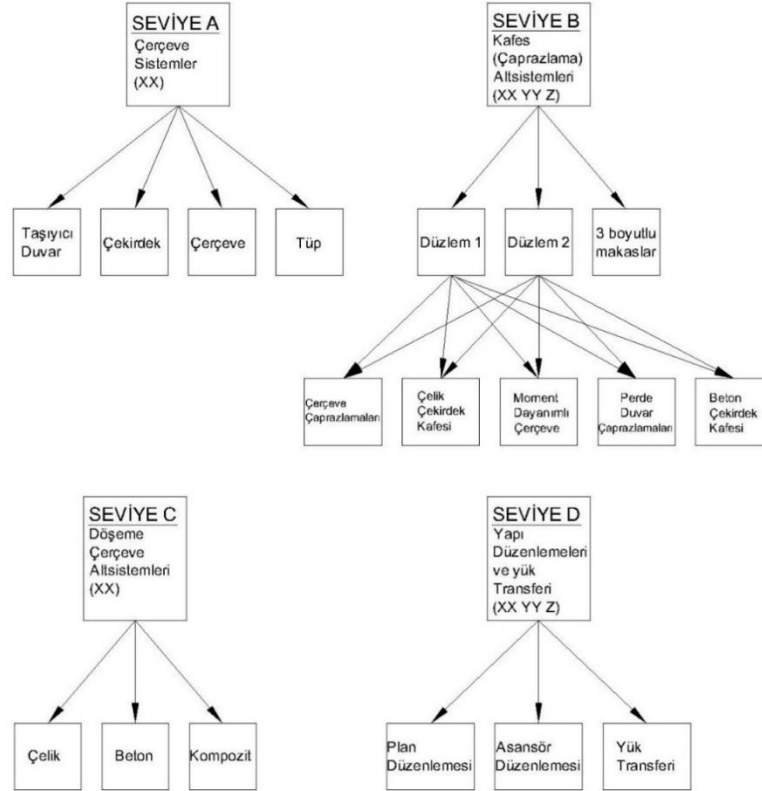
Ancak başı ve sonu belli bu diyagram; yüksek yapılar sadece belli bir yüksekliğe kadar ancak ekonomik olarak verimli olabilir algısı yaratmaya başlayınca; düzenli olarak sınıflandırma başlamış ve yeni sistemler geliştikçe, yeni malzemeler oluşturuldukça güncellenmeye başlamıştır. Fazlur Khan daha sonra bu diyagramları 1972 ve 1973'te güncellemiştir. Bu şemaları beton ve çelik için ayrı ayrı hazırlamıştır (F. R. Khan ,10) (F. R. Khan ,12,1973)(Şekil 3.3).



Şekil 3.3:Taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılması (Beedle ve Rice ,6)

1984 yılında CTBUH (Yüksek yapılar ve kentsel yaşam alanı konseyi) yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerini strüktürel açıdan kataloglamak için yeni bir yöntem geliştirmeye çalışmıştır. Sınıflandırma şeması; çerçeve odaklı 4 farklı seviye bölümlenmesi içermektedir; Birincil çerçeve sistem, Destekleme alt sistemi, döşeme çerçevesi ve yapılandırma ve yük transferi. Bu seviyeler daha sonra alt gruplara bölünmüş ve farklı sistemlere ayrılmıştır. Bu düzenleme yüksek yapıların ve sistemlerinin tutarlı ve özelliklerine göre tanımlanmasına ve belgelenmesine izin vermektedir. Böylece başlıca amaç olan, dünya çapında yüksek yapıların kapsamlı bir performans incelemesinin yapılmasını başarılı kılmıştır. (Beedle ve Rice ,7)(Tablo 3.1).

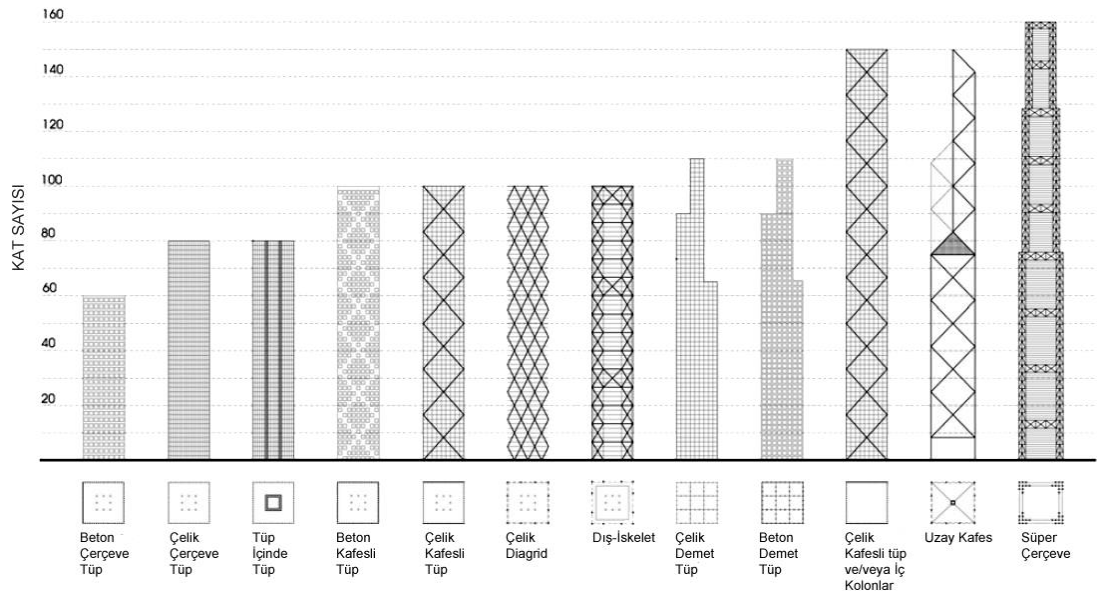
Herhangi bir sınıflandırma şeması, yatay yük dayanımına birincil önemi verirken, yüksek yapıların yük taşıyıcı alt sistemleri nadiren bağımsız olmaktadır. En etkili yüksek yapı sistemleri; yatay yük alt sistemi içindeki dikey yerçekimi yük dayanımı elemanlarını tamamen birleştirerek genel yatay yük dayanımını arttıran sistemlerdir. Belli ölçüdeki bağımsızlık genellikle döşeme çerçeve sistemleri ile yatay yük dayanım sistemleri arasında tanımlansa da, genel strüktürel yapılanma içinde bu alt parçaların bütünleşmesi çok önemlidir. (Beedle ve Rice ,6)



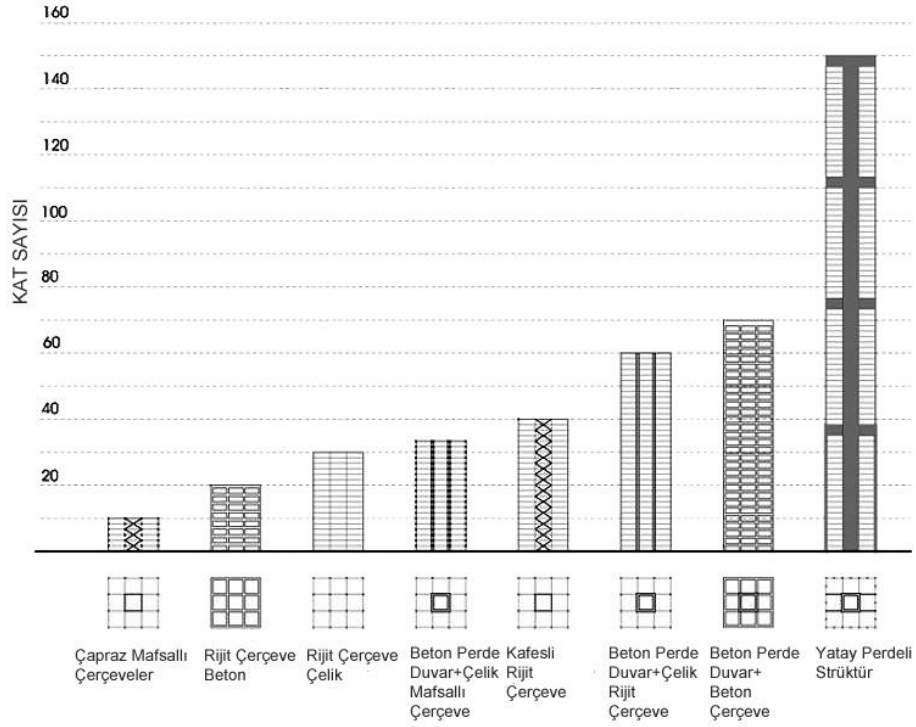
Tablo 3.1:Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması (Beedle ve Rice ,7)

2007 yılında Mir M.Ali ve Kyoung Sun Moon; Fazlur Khan'ın sınıflandırmasına yeni bir öneri getirmişlerdir. Taşıyıcı sistemleri “İç ve Dış” taşıyıcı sistemler olarak iki ana gruba ayırmışlardır. Bu sınıflandırma hem birincil strüktürel sistemleri, hem de yardımcı sönümlerle sistemlerini kapsamaktadır. Yüksek yapılar için en iyi yüksekliğin belirlenmesinin önemini tanımlarken, yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinin sınıflandırılmasının yatay yüklere olan dayanımlara göre olması gerektiği savunulmuştur (Ali ve Moon ,207)(Şekil 3.4,Şekil 3.5).

Taşıyıcı sistemler bu sınıflandırmada iç ve dış taşıyıcı sistemler olarak 2'ye ayrılır. Bu sınıflandırma; birincil yatay yük dayanımlı taşıyıcı sistem elemanlarının bina içindeki dağılımına göre yapılmıştır. Bir sistemde; yatay yük dayanımlı taşıyıcı sistem elemanlarının büyük bir çoğunluğu strüktürün içinde bulunuyorsa iç; taşıyıcı sistemler olarak, yapı dış çevresinde bulunuyorsa dış taşıyıcı sistem olarak tanımlanmıştır. Tabi ki bu sınıflandırmada her hangi bir sistemin azda olsa birkaç elemanı içte veya dışta olabilir; burada sınıflandırmayı etkileyen yoğunluktur (Tablo 3.3,Tablo 3.4). Bu sınıflandırmayla yükseklik bazlı sınıflandırmayı, strüktür bazlı sınıflandırmaya çevirmişlerdir (Ali ve Moon ,211).



Şekil 3.4:Dış Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,211)



Şekil 3.5:: İç Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,211)

Halis Günel ve Emre Ilgın ise 2006 yılında yayınladıkları çalışmada; yeni bir sınıflandırma önerisi getirmişlerdir (Ilgın ve Gunel ,1). Buna göre; taşıyıcı sistemleri malzemeye göre sınıflandırmışlardır. Tüm yüksek yapıların öyle ya da böyle beton ve çelik kullanarak fonksiyonel hale gelmesinin mümkün olduğu, böylece hepsinin aslında kompozit yapılar olduğu söylemini geliştirmişlerdir. Ve buna dayanarak taşıyıcı sistemleri 6 ana başlıkta toplamışlardır. Tüm tipler için aynı ortak 6 tip Rijit Çerçeve Sistemler, Kafes Perdeli Ve Perde Duvarlı Çerçeve Sistemler, Yatay Perdeli Çerçeve Sistemler, Çerçeve Tüp, Kafes Tüp Ve Demet Tüp Sistemlerdir (Ilgın ve Gunel). Daha sonra yazdıkları kitapta bu sınıflandırmaya Mega Çekirdek-Mega Çerçeve Sistemleri eklemiştir (Gunel ve Ilgın)(Tablo 3.2).

Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri ve Ulaşabildikleri Kat adedi	10	20	30	40	>40
Rijit Çerçeve Sistemler					
Kirişsiz Döşemeli Sistemler					
Çekirdek Sistemler					
Perde Duvar Sistemler					
Kafes Perdeli ve Perde Duvarlı Çerçeve Sistemler					
Mega kolon (Mega Çerçeve, Uzay Kafes) ve Mega Çekirdek Sistemler					
Tüp Sistemler					

Tablo 3.2:Yüksek bina taşıyıcı sistemleri ve ulaşabildikleri kat adedi (Gunel ve Ilgın ,30)

İÇ TAŞIYICI SİSTEMLER						
KATEGORİ	ALT KATEGORİ	MALZEME-YAPIM	ETKİLİ YÜKSEKLİK LİMİTİ	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR	BİNA ÖRNEKLER
RÜJİT ÇERÇEVELER	---	ÇELİK	30	PLAN TASARIMINDA ESNEKLİK SAĞLAR . HIZLI İNŞAA EDİLİR.	PAHALI MOMENT BİRLEŞİMLERİ. PAHALI YANGIN YALITIMI	860&880 LAKE SHORE DRIVE APARTMANLARI(CHICAGO,ABD 26 KAT 82m)BUSINESS MEN'S ASSURANCE TOWER (KANSAS CITY ADB 19 KAT)SEAGRAM BİNASI (NEW YORK ABD 38 KAT 157 m)
		BETON	20	PLAN TASARIMINDA ESNEKLİK SAĞLAR . KOLAY ŞEKİL VERİLİR.	PAHALI KALIPÇILIK. YAVAŞ İNŞAA EDİLİR.	INGALLS BİNASI (CINCINATI ABD 16 KAT 65m)
ÇAPRAZ MAFSALLI ÇERÇEVELER	---	ÇELİK KAFES KİRİŞLER+ÇELİK ÇAPRAZ ÇERÇEVELER	10	KAFES KİRİŞTEKİ ELEMANLARIN EKSENEL KUVVETLERLE YANAL YÜKLERE ETKİLİ DAYANIMI.DİYAGONALLERİN OLMADIĞI RÜJİT ÇERÇEVELERE GÖRE DAHA KISA KİRİŞLER YAPILIR.	KAFES KİRİŞLERDEKİ DİYAGONALLER NEDENİYLE İÇ MEKAN PLANLAMA KISITLAMASI. PAHALI DİYAGONAL BAĞLANTILARI	DÜŞÜK KATLI BİNALAR
PERDE DUVAR/MAFSALLI ÇERÇEVELER	---	BETON PERDE DUVAR+ÇELİK MAFSALLI ÇERÇEVE	35	YANAL YÜKLERE BETON PERDE DUVARLARLA ETKİLİ DAYANIM	PERDE DUVARLAR SEBEBİYLE İÇ MEKAN PLANLAMADA KISITLAMA	77 WEST WACKER DRIVE(CHICAGO ABD 50 KAT 203,6m)CASSALDEN PLACE (MELBOURNE AVUSTRALYA 43 KAT 160m)
PERDE DUVAR (VEYA KAFES KİRİŞ) ÇERÇEVE ETKİLEŞİ SİSTEMLER	ÇAPRAZ RÜJİT ÇERÇEVELER	ÇELİK KAFES KİRİŞ+ÇELİK RÜJİT ÇERÇEVE	40	YANAL YÜKLERE KAFES KİRİŞ ETKİLEŞİMLİ ÇERÇEVE SİSTEM ÜRETEREK ETKİLİ BİÇİMDE DAYANMAKTADIR	KAFES KİRİŞLERDEN DOLAYI İÇ MEKAN PLANLAMA KISITLAMALARI	EMPIRE STATEBİNASI (NEW YORK ABD 102 KAT 381 m) SEAGRAM BİNASI 17 DEN 29.KATA KADAR (NEW YORK ABD 38 KAT 157 m)
	PERDE DUVAR /RÜJİT ÇERÇEVELER	BETON PERDE DUVAR+ÇELİK RÜJİT ÇERÇEVE	60	YANAL YÜKLERE PERDE DUVAR ETKİLEŞİMLİ ÇERÇEVE SİSTEM ÜRETEREK ETKİLİ BİÇİMDE DAYANMAKTADIR	PERDE DUVARLARDAN DOLAYI İÇ MEKAN PLANLAMA KISITLAMALARI	SEAGRAM BİNASI 17.KATA KADAR (NEW YORK ABD 38 KAT 157 m)
		BETON PERDE DUVAR+BETON ÇERÇEVE	70			311 SOUTH WACKER DRIVE(CHICAGO ABD 75 KAT 284 m) COOK COUNTY YONETİM BİNASI (CHCAGO ABD
YATAY PERDELİ ÇERÇEVE SİSTEMLER	----	PERDE ÇEKİRDEKLER(ÇELİK KAFESLER VEYA BETON PERDE DUVARLAR)+YATAY PERDELER(ÇELİK KİRİŞLER VEYA BETON DUVARLAR)+(KUŞAK KİRİŞLER)+ÇELİK VEYA BETON KOMPOZİT (SUPER) KOLONLAR	150	ÇEKİRDEKTEN UZAYAN YATAY PERDELERİN DIŞ KOLONLARA BAĞLANMASI İLE EĞİLME KUVVETİNE ETKİLİ BİR BİÇİMDE DAYANIKLIDIR.	YATAY PERDELİ STRÜKTÜRLER KAYMA DİRENCİ GÖSTERMEZLER.	TAIPEI 101(TAIPEI TAYVAN 101 KAT 509 m) JIN MAO BİNASI (ŞANGAY ÇİN 88 KAT 421 m)

Tablo 3.3: İç Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,209)

DIŞ TAŞIYICI SİSTEMLER						
KATEGORİ	ALT KATEGORİ	MALZEME-YAPIM	ETKİLİ YÜKSEKLİK (m)	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR	BİNA ÖRNEKLER
TÜPLER	ÇERÇEVE TÜP	ÇELİK	80	YATAY KUVVETE KARŞI KOYACAK ELAMANLARI CEPHEDE KONUMLANDIRILARAK YATAY GÜÇLERE ETKİLİ BİR BİÇİMDE KARŞI KOYAR.	SHEAR-LAG ETKİSİ GERÇEK TÜBÜLER DAVRANIŞI ENGELLEMEKTEDİR. DİĞER KOLON ARALARI GÖRÜŞÜ BÖLMEKTEDİR.	AON CENTER(CHICAGO, ABD 83 KAT 346m)
		BETON	60			WATER TOWER PLACE(CHICAGO, ABD 74 KAT 262m)
	ÇAPRAZLI TÜP	ÇELİK	100(İÇ KOLONLAR ARALIĞI)-150(İÇ KOLONLAR ARALIĞI) OLMAZ	DİYAGONAL ELEMANLARDAKİ EKSENEL KUVVETLERLE YATAY KESME KUVVETİNE ETKİLİ DİRENÇ GÖSTERİR. ÇERÇEVE TÜPLERİNE GÖRE GENİŞ KOLON ARALIKLARINA SAHİPTİR. AZALMIŞ SHEAR-LAG ETKİSİ.	ÇAPRAZLAMALAR GÖRÜŞÜ BOZMAKTADIR.	JOHN HANCOCK CENTER (CHICAGO 100 KAT 344 m)
		BETON	100			UNITED CENTER(CHICAGO, ABD, 58 KAT 174m) 780 AVENUE (NEW YORK, ABD, 50 KAT 174 m)
	DEMET TÜP	ÇELİK	110	AZALMIŞ SHEAR-LAG ETKİSİ	DEMET TÜP YERLEŞİMİNDEN DOLAYI İÇ MEKAN PLANLAMASINDA SINIRLAMALAR.	SEARS TOWER(CHICAGO, ABD, 108 KAT 442m)
		BETON	110			CARNIGE HALL TOWER (NEW YORK, ABD, 62 KAT 230,7m)
	TÜP İÇİNDE TÜP	DIŞ ÇERÇEVE TÜP(ÇELİK VEYA BETON)+İÇ ÇEKİRDEK TÜP (ÇELİK VEYA BETON)	80	İÇ ÇEKİRDEK VE DIŞ ÇERÇEVENİN BİRBİRLİĞİ OLAN ETKİLEŞİMİ OLDUKÇE ETKİLİ BİR ŞEKİLDE YATAY KUVVETLERE DİRENÇ GÖSTERİR.	TAŞIYICI ÇEKİRDEKTEN DOLAYI İÇ MEKAN PLANLAMALARINDA SINIRLAMALAR	181 WES MADISON STR.(CHICAGO, ABD, 50 KAT 207m)
DİYAGRİD(ÇAPRAZLI ÇERÇEVE)	---	ÇELİK	100	DİYAGONAL ELEMANLARDAKİ EKSENEL KUVVETLERLE YATAY KESME KUVVETİNE ETKİLİ DİRENÇ GÖSTERİR.	KARMAŞIK BİRLEŞİMLER.	HEARST BİNASI(NEW YORK ,ABD, 42 KAT 182 m) 30ST MARY AXE BİNASI (LONDRA, İNGİLTERE, 41 KAT 181m)
		BETON	80		PAHALI KALIPÇILIK. YAVAŞ İNŞA A EDİLME	O-14 BİNASI (DUBAİ , BEA,
UZAY KAFES STRÜKTÜRLER	---	ÇELİK	150	UZAY KAFES ELEMANLARDAKİ EKSENEL KUVVETLERLE YATAY KESME KUVVETİNE ETKİLİ DİRENÇ GÖSTERİR.	GÖRÜŞÜ ENGELER.	BANK OF CHINA(HONG KONG, ÇİN 72 KAT 367 m)
SUPER ÇERÇEVELER	---	ÇELİK	160	SUPER-YÜKSEK BİNALAR OLUŞTURABİLME	BİNALARIN FORMU TAŞIYICI SİSTEMDEKİ ÖNEMLİ DERECELENDİRMEYE BAĞIMLIDIR.	CHICAGO WORLD TRADE CENTER(CHICAGO, ABD, 168 KAT ,İNŞA A EDİLMEDİ)
		BETON	100			PARQUE CENTRAL TOWER(CARACAS, VENEZUELLA 56 KAT 221 m)
DIŞ-İSKELET	---	ÇELİK	100	İÇ MEKAN ÇEVRE KOLONLARIYLA BÖLÜNMEZ.	TERMAL GENLEŞME-BÜZÜLME SİSTEMİ İÇİ KÖPRÜLERİ	HOTEL DE LAS ARTES(BARCELONA, İSPANYA, 43 KAT 137 m)

Tablo 3.4:Diş Taşıyıcı Sistemler (Ali ve Moon ,210)

Bu sınıflandırmalara ek olarak; taşıyıcı sistemlerin sınıflandırması şu gibi konuları da temel alabilir; (Beedle ve Rice ,5)

- 1) Malzeme
 - a) Çelik
 - b) Beton
 - c) Kompozit
- 2) Yerçekimi yükü dayanımlı sistemler
 - a) Döşeme çerçevesi (kiriş, plak gibi)

- b) Kolonlar
 - c) Makaslar
 - d) Temeller
- 3) Yatay Yük dayanımlı sistemler
- a) Duvarlar
 - b) Çerçeveler
 - c) Makaslar
 - d) Diyaframlar
- 4) Yatay yüklerin tipi ve gücü
- a) Rüzgâr
 - b) Sismik
- 5) Dayanım ve kullanılşılık gereksinimleri
- a) Sapma
 - b) Hızlanma
 - c) Süneklik

3.2 Taşıyıcı Sistemlere Etkiyen Yükler

Yüksek yapıları etkileyen yükler; düşük katlı yapıları etkileyen yüklerden farklıdır; strüktüre binen kuvvet birikimi daha fazla olup, dinamik etkilerin yarattığı etki daha fazla olup, etkiyen rüzgar yüklerde ciddi biçimde artışa neden olur. Yüksek yapılardaki çok fazla sayıdaki katın; düşük katlardakilere oranla çok daha fazla yerçekimi yükü etkisi altında kalan kolon yükleri bulunmaktadır. Yüksek yapılardaki rüzgâr yükleri sadece çok büyük bir yapı yüzeyinde etki göstermekle kalmaz, aynı zamanda büyük yüksekliklerde daha büyük yoğunlukla etki eder ve düşük katlı yapılara göre yapı tabanında daha büyük moment kolu oluşturur. Düşük katlı yapılarda genellikle rüzgâr yüklerinin taşıyıcı sistemin tasarımına önemli bir etkisi varken; yüksek yapılarda rüzgâr yüklerinin; yapının taşıyıcı sistem düzenlemesi ve tasarımına son derece baskın bir etkisi bulunur. Son derece narin ya da esnek yapılar gibi uç örneklerde; yapının rüzgâr altındaki hareketi; rüzgâr tarafından uygulanan yükün detaylıca değerlendirilmesi ve hesaplanmasının göz önünde bulundurulması gerekir.

Deprem bölgelerinde yerin sarsılması sebebiyle oluşan herhangi bir atalet yükü; rüzgâr yükünden daha güçlü olabilir ve bu yüzden yapının taşıyıcı sistem tasarımı, biçimi ve maliyetinde baskın rol oynayabilir. Bir atalet problemi olarak, yapının dinamik tepkisi; taşıyıcı sistemin üzerindeki etkili yükleri etkilemede ve hesaplamada çok önemli bir rol oynar (Smith ve Coull ,18).

Ölü yükleri devre dışı bırakarak, yapıya etkiyen yükleri tam olarak hesaplamak mümkün değildir. Maksimum yerçekimi yükleri; önceki saha gözlemlerinden faydalanarak yaklaşık olarak öngörülebilen, rüzgâr ve deprem yükleri doğada rastgeledir ve geçmiş olaylara dayanarak ölçmek çok daha zor ve kesinlikle tahmin etmek zordur. Olasılık teorisinin kullanımı her vakada olmasa da tahmini rüzgâr ve deprem yüklerini hesaplamasını basitleştirir ve rasyonelleştirir (Smith ve Coull ,19).

Yüksek yapıları etkileyen çeşitli yükler ve kuvvetler bulunmaktadır. Bunlar;

—Dikey Yükler

- Yapı konstrüksiyon elemanlarının ağırlığından kaynaklanan ölü yükler ve bitiş yükleridir
- Kat sayısına bağlı olarak değişen hareketli yükler; yük transferi ve yatay yük taşıyan elemanların ölçülendirilmesiyle azaltılabilir. Ancak; toplam hareketli yükün bir yapı elemanı üzerindeki etkisi %40 ı geçemez.

—Yatay Yükler

- Yatay yüklerin dikkatlice incelenip hesaplanması gereklidir
- Genellikler; beklenmedik saptmalardan; rüzgâr ve deprem yüklerinden ortaya çıkar

—Beklenmedik Saptmalar

- Genelde büyük elemanların ve yapı elamanlarını üretimindeki tutarsızlıklardan ortaya çıkar.
- Başka bir nedense; Engibeli arazideki temelin düzgün yerleşmemesidir.
- Herhangi bir sapma yatay kuvvetlere ek getirir

—Rüzgâr Yükleri

- Yüksek yapılar Salınıma elverişlidir. Statik olarak eşdeğer yük olarak görülmemelidir ama yatay hareket davranışı açısından ele alınmalıdır.
- Rüzgâr tüneli deneyleri; rüzgâr etkisinde yüksek bir yapının davranışını gözlemlemek için kullanılırlar. (Rüzgâr yükü altında yapı biçiminin etkilenmesini görmek için kullanılırlar)
- Rüzgâr yüklerinin yapıyı yatayda hareket ettirici etkisi aklıda tutulmalıdır. Bu salınım; Kullanıcılar için kabul edilebilir bir yatay ivmeye ve maksimum yatay sehime yol açar.

—Deprem Yükleri:

- Farklı tipte Sismik dalgalar oluşturur.
- Yeryüzü içinde ilerler ve yeryüzünün derinine inmiş strüktürleri ve kaynakları görüntülemek için etkili bir yoldur. (Mishra)

3.3 Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemlerin İncelenmesi

3.3.1 Çaprazlı Çerçeve Sistemler Ve Moment Dayanımlı Çerçeveler:

İki temel, yatay kuvvet dirençli sistem; çaprazlı çerçeveler (aynı zamanda kafes perdeli ve dikey kafes olarak da bilinir) ve moment dayanımlı çerçevelerdir(aynı zamanda moment çerçeveler ya da rijit çerçeveler olarak da bilinir).Bu sistemler 20.yy başlarından itibaren yüksek yapı inşaatları süresince gelişti. Çaprazlı çerçeveler ya da moment dayanımlı çerçeveler; normalde tüp sistem ya da düzlemsel çerçeve oluşturmak için dikey doğrultuda düzlemsel düzenlemeler olarak planlanır. Her iki sistemde; tamamen interaktif bir sistem olarak da kullanılabilir böylece yüksek yapılara birbirinden ayrı uygulamalarına devam edilir. Genellikle her iki sistemde bugün etkin olarak 40/50 katlı yüksek yapılarda kullanılmaktadırlar. (Smith ve Coull ,107)

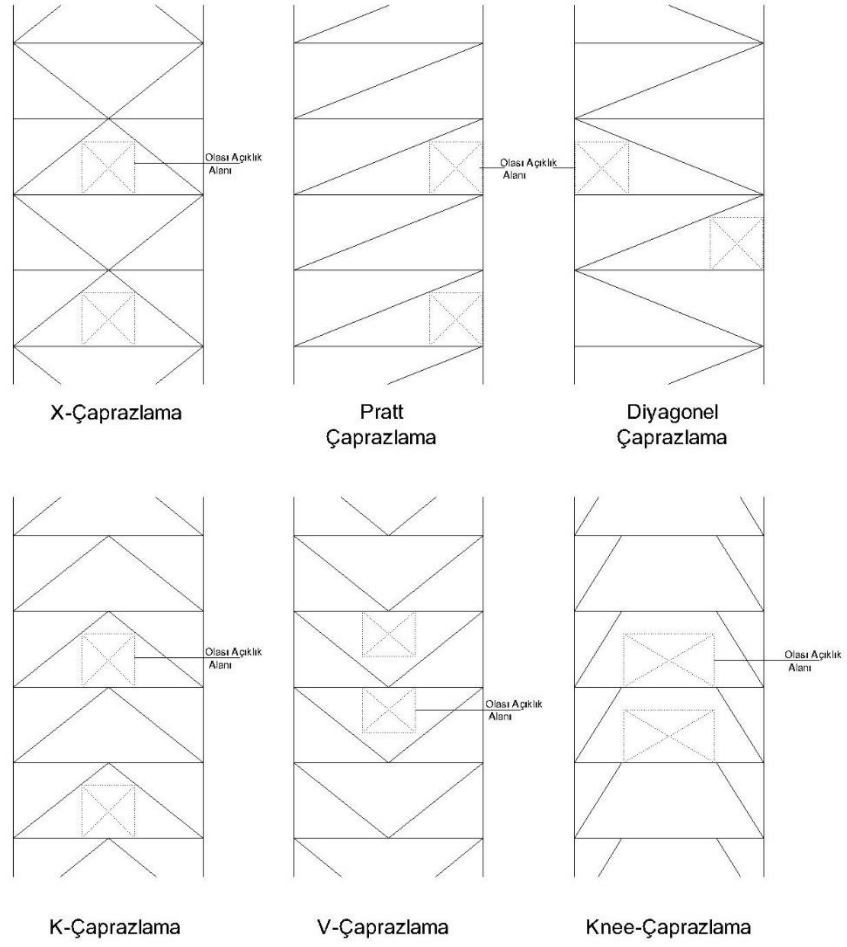
3.3.1.1 Çaprazlı Çerçeveler

Çaprazlı Çerçeveler; yatay yüklere esas olarak; çerçeve elemanlarının eksenel rijitliği ile direnç gösteren konsol dikey kirişlerdir. Narin Kafes kiriş sistemleri için, yatay yük altındaki kolon elemanlarının eksenel kısalma ve uzaması, tüm sistem deformasyonunun %80-90'ına denk gelir. Malzeme niceliğinin yüksek oranıyla

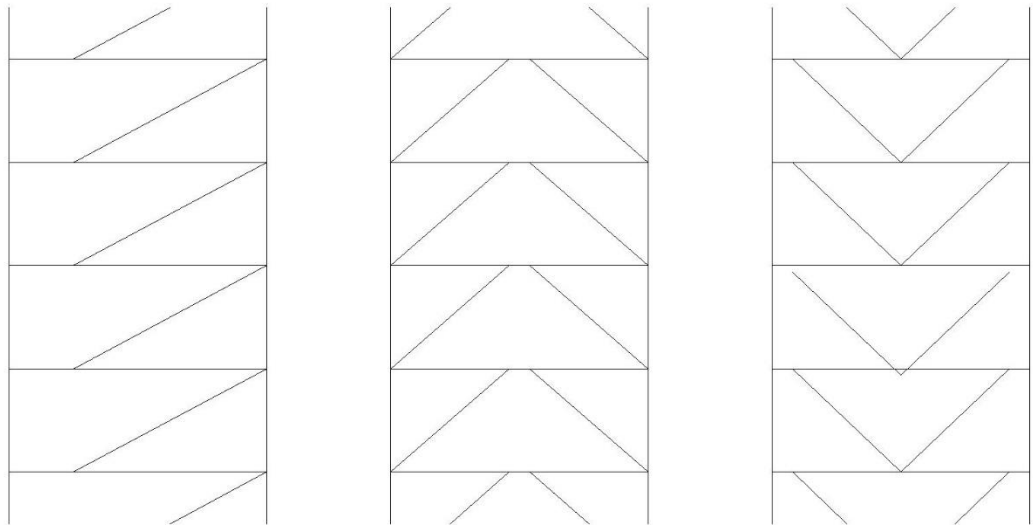
karakterize edilen sistemin etkililiği, çok katlı yapılarda düşük ve orta yüksekliklere denk gelmektedir.

Çaprazlı çerçeveler; sünekliklerine göre konsantrik (eş merkezli/merkezi) çaprazlı çerçeveler (CBF) ya da eksantrik (dış merkezli) çaprazlı çerçeveler (EBF) olarak gruplandırılır. CBF'ler de; tüm elemanların aksları; tüm eleman kuvvetleri ekseninde olacak biçimde bir nokta kesişirler. CBF'lerin rijitlikleri yüksek olmasına rağmen süneklikleri azdır. Bu yüzden; fazla süneklik gerektirmeyen düşük sismik aktivite alanlarında yatay yük dayanımından dolayı CBF'ler mühendislerin ilk tercihidir. Diğer taraftan EBF'ler aks ötelemelerinden; çerçeveye, sünekliği arttıran ama rijitlik-ağırlık oranını düşüren kesme ve eğilme sokacak şekilde yararlanır. CBF' ler (Şekil 3.6)'da gösterildiği gibi X, Pratt, diyagonal, K veya V şekillerinde olabilir. X çaprazlama; K veya V çaprazlamalara kıyasla daha yüksek rijitlik-ağırlık oranı sergilemektedir. Bununla beraber X çaprazlamalar; rijitlikleri oranında kolon yükünün bir kısmını karşılayarak; kolon yerçekimi yük transfer yolunda bir kısa devre gerçekleştirmektedir. Bu X çaprazlamanın hem yatay hem de dikey elemanlarında mutlaka hesaba dâhil edilmesi gereken ekstra yükler oluşturmaktadır (Beedle ve Rice).

Kapı ve Pencereleri rahatlıkla yerleştirmek için Şekil 3.7'de görüldüğü üzere sıklıkla EBF'ler kullanılmaktadır. Aks ötelenmesiyle; bağlantı kirişindeki eğilme ve kesmenin artması sünekliği artırır. Bağlantı kirişinin esnek olmayan kesme veya eğilme hareketiyle sağlanan yüksek süneklik; bu sistemi yüksek sismik aktiviteli alanlarda tercih edilen yatay sistem haline getirmektedir. Süneklik; iyi hesaplanmış bir histerezis (gecikme) çevirimi ile ölçülebilir ve sünekliğe; tüm kararsızlıkların ve gevrekliğin giderildiği ve doğru çözülmüş bağlantı noktalarına sahip eleman tasarımlarıyla ulaşılabilir.



Şekil 3.6:Konsantrik (Eş merkezli) Çaprazlı Çerçeve şekilleri (Beedle ve Rice)



Şekil 3.7:Eksantrik Çaprazlı Çerçeve Şekilleri (Beedle ve Rice)

Çapraz çerçeveler inşa kolaylığı sebebiyle genellikle çelikten yapılırlar. Yatay kuvvete, uzunluğa, gerekli sertliğe ve açıklığa bağlı olarak; strüktürel çelikteki

diyagonal elemanlar; çift açılı, kanallı, T şeklinde, tüpler halinde veya geniş flanşlı (çelik profil başlığı, oturma yüzeyi) şekilde olabilir.

Dikey kirişler; yüksek yapılarda çerçeve diyagonallerinin kalıcı duvarlarla kapanabileceği, genellikle asansör ve servis çekirdeği alanlarında yerleştirilir. Çapraz çerçeveler; birlikte, burulmaya direnç gösterecek kapalı bir form oluşturacak şekilde bağlanabilirler. Bu hücreler; ekstra rijitlik sağlamak ve yatay yüklerin arttığı yüksek yapının üst katlarında, hücreleri devre dışı bırakacak bir sistem sağlayacak şekilde bir araya getirilebilirler. Kafes sistemin sağlamlık ve rijitliği; planda asansörlerin yerleşimi ve çekirdek bölgesinin konulacağı yere hassasiyetle bağlıdır.

Bir çekirdek kafesinin narinlik oranı arttığında; devrilme etkisinin tamamı kendini; artan eksenel deformasyonda ve grid kolonlarının kaldırma kuvvetinde ortaya çıkarır. Kafes grid elemanları gerilme kuvvetine dayanacak şekilde tasarlanırlar da; kesintisiz temel kaldırma kuvveti genellikle arzu edilmez. Bir tasarımın hedefi; toplam gerilme kuvvetinin artmasını engellemek için, yerçekimi yüklerini dağıtmak amacıyla, bağlama kirişlerini mümkün olduğunca birbirinden ayırmak olmalıdır.

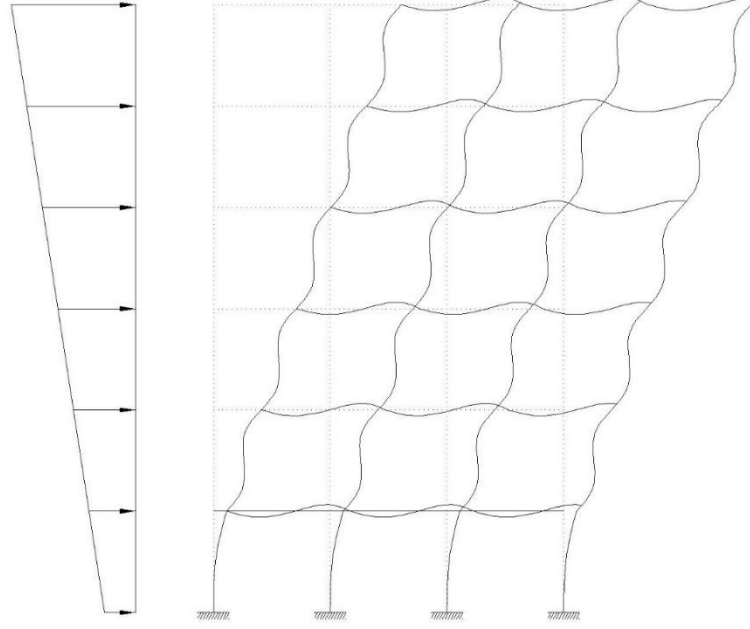
Narinlik arttıkça; kafes sistemdeki kolonların eksenel deformasyonu; strüktürün sallanmasını kontrol etmede daha da kritik bir hal almaktadır. Bu elemanların narinlik ve dayanıklılık oranlarının artırılması; sallanmayı en aza indirecek bir etki sağlayacaktır. Kolonlar arasındaki çaprazlama sistemi; herhangi bir ortalama kolonun yerçekimi yükünü kenar kolonlara aktarmasını sağlayacak şekilde tasarlanabilir. Bunun sonucunda da ortalama kolonların kaldırılması ya da boyut olarak minimize edilmesi gereklidir ve kenar kolonların verimliliğinin maksimize edilmesi gereklidir.

Daha da ileri seviyede çelik tonajını ve strüktürün maliyetini düşürmek için; kompozit çelik ve beton kolonlar düşünülebilir. Bu kolonlarda beton kullanmak büyük ihtimalle dayanıklılık ve eksenel dayanım için düşük birim maliyet sağlayacaktır (Beedle ve Rice ,53).

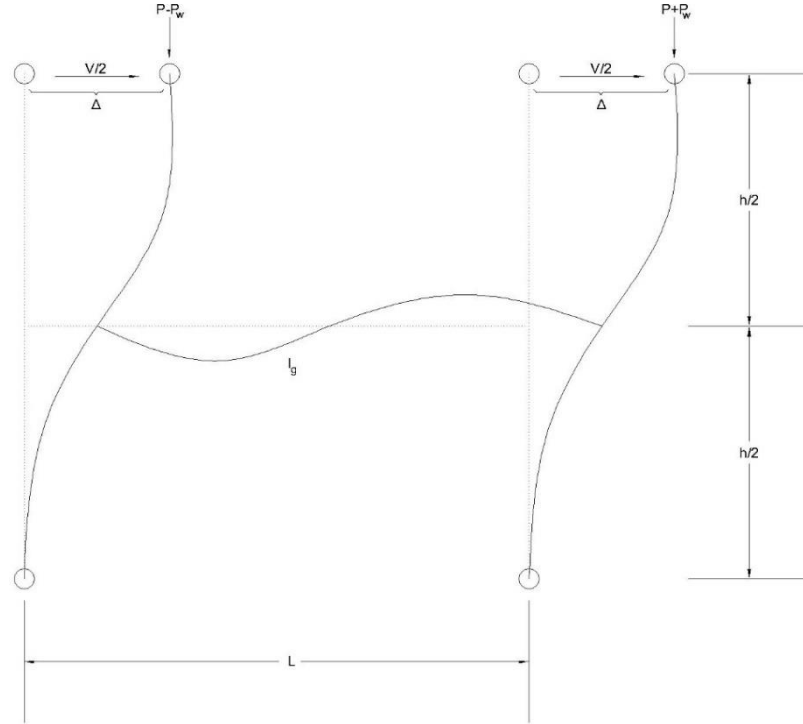
3.3.1.2 Moment Dayanımlı Çerçeveler:

Moment dayanımlı çerçeveler; yatay yüklere birincil olarak elemanlarının eğilme dayanımı ile direnç gösteren, plan düzleminde izgara bir sistemde birbirine rijit bir şekilde bağlanmış, dikey ve yatay elamanlardan oluşur. Moment dayanımlı çerçeve sistemin yatay yük altındaki tipik deformasyonu Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Karşı sehim noktası genellikle kolon yüksekliği ile kiriş açıklığının ortasında yer alır.

Çerçevenin yatay deformasyonu kesme etkisi de denebilecek kısmen çerçeve gerilmesi kısmen de kolon kısalmasıyla oluşur. Kesme etkisi elemanı tüm yatay deformasyonun yaklaşık %80–90 ı civarında içerir. Geri kalan deformasyon kolon kısalmasından olur (konsol eleman).



Şekil 3.8:: Yatay Yük Altında Moment Dayanımlı Çerçeve-Çerçeve deformasyonu (Schierle)



Şekil 3.9::Yatay Yük Altında Moment Dayanımlı Çerçeve-Çerçeve davranışı (Schierle)

Moment dayanımlı çerçeveler esnekliklerinden dolayı mimari planlamada üstünlüklere sahiptir. Bir moment dayanımlı çerçeve; planlama modülünde minimum sınırlamayla; çekirdeğin içine ya da çevresine; dış ya da iç mekân boyunca yerleştirilebilir. Çerçeve; strüktürün ızgara oluşturan doğası sebebiyle mimari olarak dışavurumcu bir şekilde yorumlanadabilir. Bir moment dayanımlı çerçevenin kolon aralıkları, yerçekimi çerçevesi için gerekli özellikleri taşıyabilir. Aslında çerçevenin üzerinde yer çekimi yükü arttıkça; çelik ağırlığının getirileri için yatay çerçevenin direnci azalır.

Moment dayanımlı çerçevelerdeki elemanların boyutları çoğunlukla; yatay yükler altındaki kabul edilebilir sapma geliştirmek için genellikle dayanımdan ziyade, rijitlikle kontrol edilirler. Yatay sapma hem kolon rijitliği hemde kiriş rijitliğinin bir işlevidir. Etkili bir moment dayanımlı çerçeve için; kiriş açıklığının kat yüksekliğine oranı açısından, kiriş açıklıkları genellikle kat yüksekliğinden fazla olduğu için, kiriş ataletinin kolon ataletinden büyük olması gereklidir. Verimli döşeme çerçevesi yerçekimi yükünü yerçekimi çerçevesi, ebatları dayanım için gerekli eleman ebatlarına eşitlenene kadar, moment dayanımlı çerçeveye dağıtır. Moment dayanımlı çerçeve elemanları; yatay savrulma kontrolü için etkin biçimde ölçülendirilirler, yatay kesme için oransal olarak yukarıdan aşağıya boyutsal ve rijitlik olarak artarlar. Yerçekimi yükleri için; kolon boyutları aynen moment dayanımlı çerçevede olduğu gibi yukardan aşağıya doğru artar ancak; kiriş boyutları aynı kalır. Bu değerlendirmeler göz önünde tutulduğunda; hem yatay yüklere hem de yerçekimi yüklerine uygun bir kiriş boyutu yapmak mümkün değildir. En iyi ihtimalle; aradaki fark azaltılabilir. (Beedle ve Rice ,56)

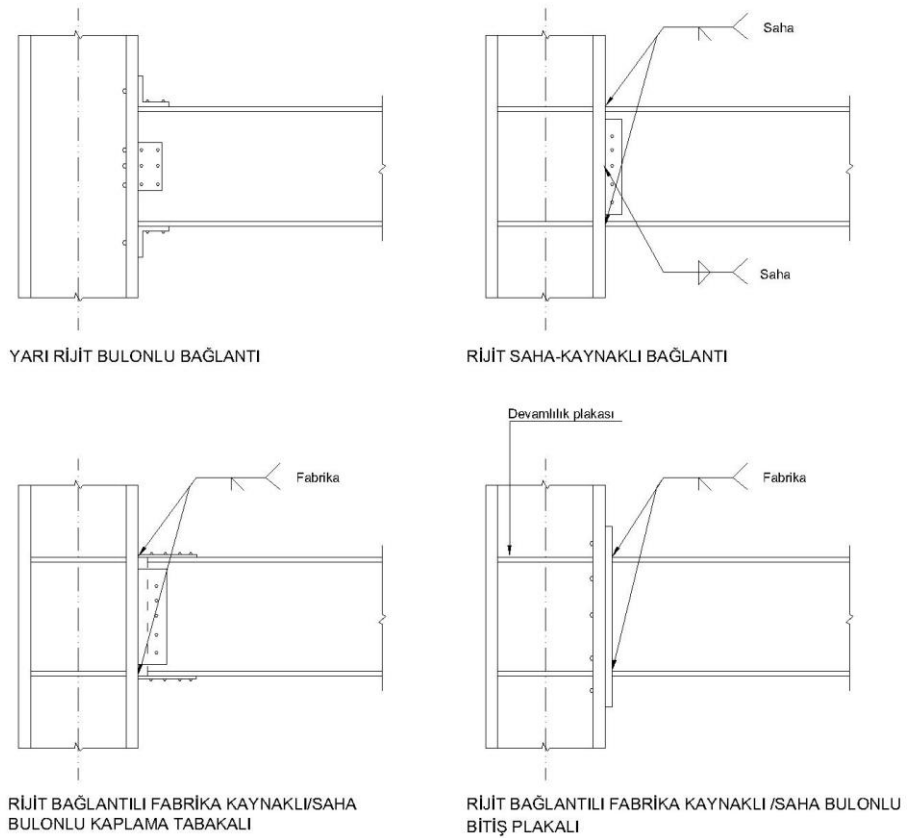
Moment dayanımlı çerçeveler normalde; 20–30 kattan fazla yüksekliği olamayan binalar için verimlidir. Daha yüksek yapılarda verimli olmamasının sebebi; moment dayanımlı çerçevenin yatay yük dayanımını; birincil olarak elemanlarının eğilme dayanımıyla elde etmesidir. Eleman oranları ve malzeme maliyetleri; çelik miktarı/yapı yüksekliği 20/30 kattan sonra verimli olmaya başlamaktadır.

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler; yüksek belirsizlikler gösteren moment dayanımlı çerçevelerin hazır analizlerini sağladı. Verimli kılavuzlar ve analiz prosedürleri moment dayanımlı çerçeve elemanlarının ön seçimi için geliştirildi. Bir moment dayanımlı çerçevede; belirli bir deformasyon limit analizinde, en etkili malzeme dağılımını belirleyen iyileştirme teknikleri mevcuttur.

Strüktürel çelik moment dayanımlı çerçevedeki bağlantılar, önemli tasarım elemanlarıdır. Birleşim noktası dönmesi; yatay savrulmanın kayda değer bir oranını

oluşturur. Birleşimlerin dayanım ve sünekliği; özellikle sismik yüklere dayanması için tasarlanmış çerçevelerde; hem inşa sırasında hem de tasarımda önemli hususlardır. Yerel piyasanın pratiğini ve kaynaklarını anlamak; performans beklentilerini karşılayan ve inşa etmesi ekonomik olan bir bağlantı tasarlamak için önemlidir (Smith ve Coull ,117).

Çelik moment dayanımlı çerçeveler cıvatalı(bulonlu) ya da tamamen kaynak yapılmış bağlantılardan oluşabilir. Tamamen rijit kaynak yapılmış bir bağlantıyı; gereken sağlamlık, süneklik, dayanıklılık ve güvenilirlikle inşa etmek kolayca yapılabilmektedir. Genelde bulonlu birleşimler ise sahada kaynak yapmak kullanışsız olduğu hallerde kullanılmaktadır. Yarı-rijit bağlantılar; birleşim-moment –dönme özelliklerinin analize dahil edildiği durumlarda kullanılmaktadır. Rijit bağlantılarla karşılaştırıldığında; yarı-rijit bağlantılar; daha kolay monte edilebilen, daha maliyet-etkindir ama performans özellikleri kullanımlarını az katlı yapılarla sınırlar. Rijit ve yarı rijit birleşimler Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10: Moment Dayanımlı Çerçeve bağlantı tipleri (Beedle ve Rice)

Betonarme çerçeveler; monolitik inşa edilmiş bağlantıların moment dayanımlı çerçeveye ideal olarak uyması üstünlüğüne sahiptir. Beton moment dayanımlı

çerçevelerdeki güncel gelişmeler; beton özelliklerinin gelişmesi, süneklik için donatı detaylandırması ve çerçeve şekillendirme teknolojilerini içerir.

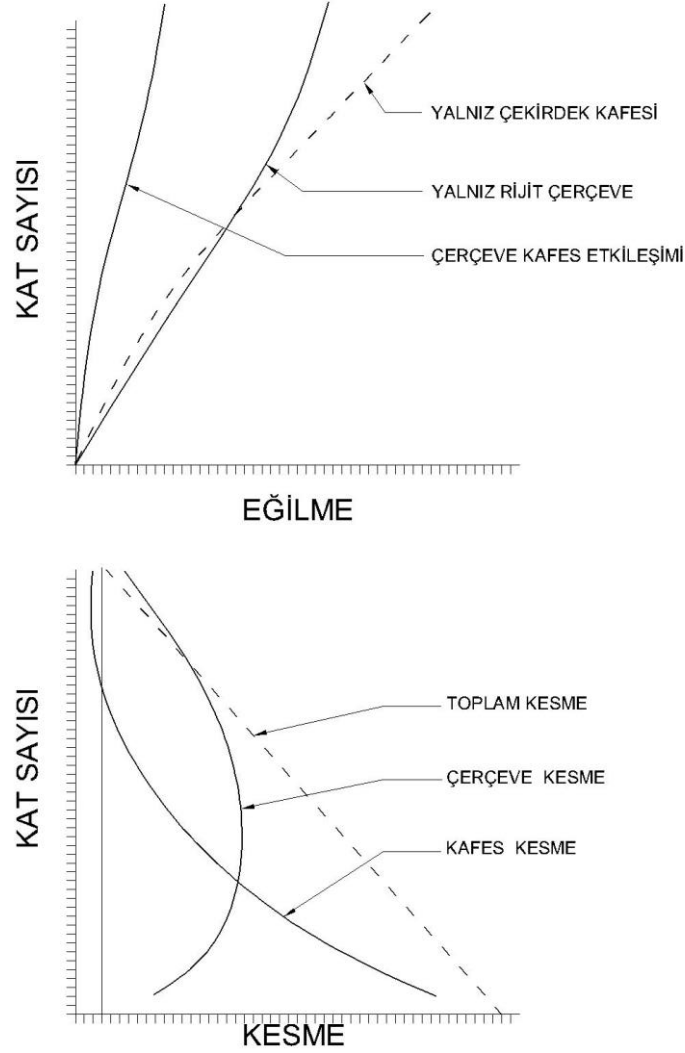
En yeni ilerlemeler, beton-çelik kompozit örgütlenmelerde ortaya çıkmıştır. Çelik ve betonu karıştırmak pek çok fırsat oluşturmıştır. Tipik sistem düzenlemesi; hafif çelik elemanların hızlı bir biçimde çerçeveyi oluşturacak şekilde birleştirilmesi; daha sonra rijitliği ve dayanımı sağlayacak beton ile güçlendirilmesi şeklindedir. Çelik ve betonun avantajları daha üstün bir sistem için bir araya getirilmiştir. Sönümleme ve eksenel dayanım çelik çerçeveye beton eklenerek; dayanıklılık ve süneklik, beton çerçeveye çelik profiller eklenerek geliştirilebilmektedir. Bir kompozit moment dayanımlı çerçevede; çeliğin hızlı kurulma avantajlarından ödün vermeden betonun yararlı özellikleri korunur.

Japonya’da; moment dayanımlı çerçeve ilk defa 1960’larda kullanılmıştır. O zamana kadar sismik teknoloji, moment dayanımlı çerçevelerin kullanımına izin verecek kadar gelişmemiştir. Sismik yüke maruz kalan çerçevelerin, etkili düğüm noktası dayanımı ve süneklikle beraber elastik şartların ötesinde yüklendiğinde eleman dayanıklılığına da ihtiyacı vardır. Moment dayanımlı çerçeveler, hareketli yükler altında esneme ötesinde de özelliklerini koruyabilmelidirler. Diğer yatay yük dayanımlı sistemlerle karşılaştırıldığında, inelastik aralığındaki performansları sebebiyle sismik alanlarda kullanılmaya çok uygundurlar. Dahası Moment dayanımlı çerçeveler yüksek seviye yedekli olduğu için; bir ya da daha fazla elemanı işlevsizleştğinde dahi yerinde durmaya devam ederler. Moment dayanımlı çerçeveler sismik yükler için tasarlandığında kolonların kirişlerden daha güçlü olması gerekir. Bu “ güçlü kolon zayıf kiriş” olarak adlandırılan teori plastik sismik yük yüklemede sağlamlığı sağlar (Beedle ve Rice ,57).

3.3.1.3 Çerçeve-Kafes Etkileşimli Çerçeveler

Yatay kafesler tek başlarına yükseklik- ağırlık oranına bağlı olarak 20 kata kadar ki yapılarda dayanım sağlayabilir. Kafes perdeler; moment dayanımlı çerçeveler birleştğinde çerçeve-kafes etkileşimli sistemleri oluştururlar. Moment Çerçevenin lineer rüzgâr salınımı; kafes kirişin konsol parabolik salınımıyla birleştğinde gelişmiş yatay rijitlik ortaya çıkar. Yapının yüksek katlarında kafes, çerçeveyi bağlarken; alt katlarda çerçeve kafesi bağlar. Bu yapının üstünden altına doğru kesme kuvvetlerinin aktarılmasını da içerir (Şekil 3.11). Eğer her biri tamamen rüzgâr kesme kuvvetine karşı koysaydı, bu durumda oluşacak olan kafes ve çerçeve eğilmesini (deflection) göstermektedir. Çerçeve ve kafes arasında rüzgâr kesmesinin dağılımı da göz önüne

alınmalıdır. Kafes-çerçeve etkileşimli sistemlerin 40 kata kadarki yapılarda oldukça geniş bir uygulama alanı vardır.



Şekil 3.11:Çerçeve-Kafes Etkileşimli Sistemler (Beedle ve Rice)

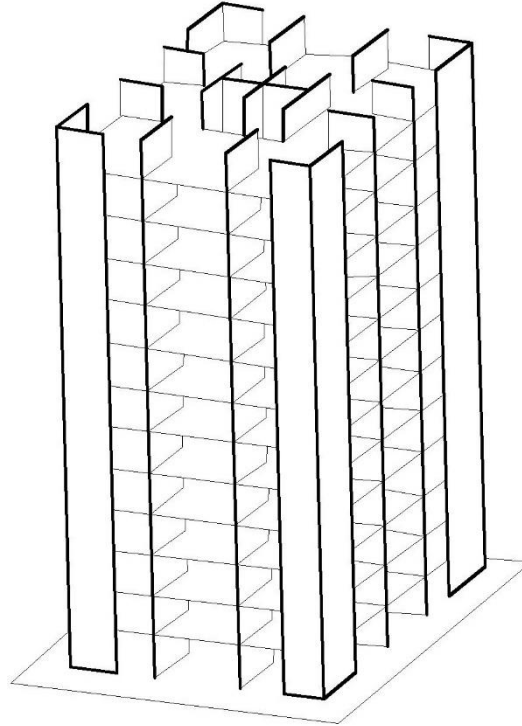
Genellikle; çekirdek kafesleri; çerçevenin kolon aralıkları ve eleman oranları, uygun bir şekilde düzenlenebilecek; dış çerçevelerle birleştirilir. Optimum verim; yerçekimi-tasarımlı kolonların rüzgâr yükleri için arttırılmadığı, kafesin dikmeleri olarak kullanıldığı durumlarda olur. Bunlar daha sonra yerçekimi-tasarımlı dış kolonlarla ve rijit bağlantılı döşeme kirişleri ile birleştirilir. Eğer yatay rijitlik yeterli ise; o zaman bu optimum tasarımı oluşturur. Eğer ek rijitlik gereklyse; çekirdek ya da çerçeve elemanlarını mı arttırılacağı kararı iki elemanın göreceli verimine bağlıdır. Çerçeve kiriş açıklıkları, kat yükseklikleri ve çekirdek kafeslerinin derinliği ana parametrelerdir.

Gerilim ya da kaldırma şartları dikme kolonlarının arttırma ihtimalini sınırlandırabilir (Beedle ve Rice ,58).

3.3.2 Perde Duvarlı Sistemler:

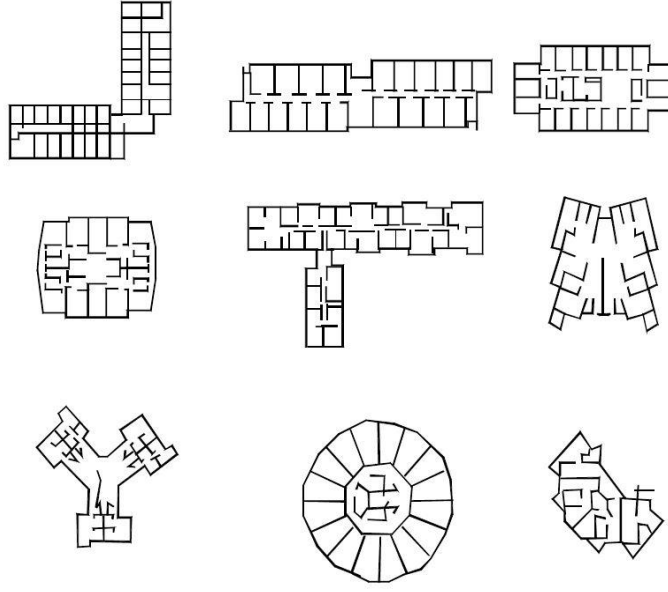
Perde duvarlar geçmişte, rüzgar ve depremlerin oluşturduğu yatay yüklere karşı koymak için strüktürü stabilize etmede en çok kullanılan sistemlerdir. Betonarmede ki gelişmelerle; perde duvarlı sistemler en yüksek yapılarda bile kullanılmaktadır (Şekil 3.12).

Ofis yapıları için yaygın olarak kullanılan perde duvarlı sistem; perde duvarları; servis çekirdeklerinde asansör shaftlarında ve merdiven boşluklarında; katı bir kapalı tip (kutu) strüktür oluşturacak şekilde gruplandırılmaktadır.



Şekil 3.12:Perde Duvarlı Taşıyıcı Sistem (Smith ve Coull)

Ofis binalarının tersine; yüksek konut yapılarının asansörler, lobiler ve servislere daha az ihtiyacı vardır. Bu yüzden; yatay yüklere direnç için gerekli sistem genelde büyük kapalı beton duvarlardan oluşmaz. Daha yaygın olarak uygulananı; daha az sayıdaki asansör ve merdiven boşluklarını etrafında yer alan küçük kapalı tip bir düzenlemeyle; daireler arasında düzenli ve dikkatli bir dağıtımla planlanmış perdeleri içerir (Şekil 3.13).



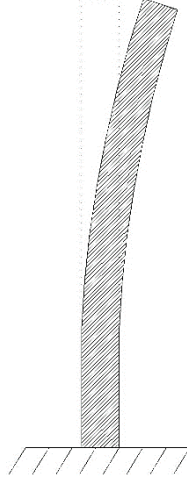
Şekil 3.13:Perde Duvarlı Sistem Açık ve Kapalı düzenleme örnekleri (Koç, Gültekin ve Durmuş)

Her iki perde sistemde dikkate alındığında; duvarlar temel seviyesinde konsol olacak şekilde tasarlanmıştır. Servis çekirdeklerinin etrafında perde duvarlar tasarlamak için; yerçekimi yüklerinden kaynaklanan gerilmelerle, rüzgâr ve depremlerden kaynaklanan eğilme, büzülme ve kesme gerilmeleri birleştirilmiştir. Daha sonra; kapalı sistemde bağımsız duvarlar; birim uzunluk olarak duvar açıklıkları kattan kata ya da yan duvarların arasında tasarlanır. Güçlendirme aşağıdaki gibi oranlanır:

1. Minimum çekme(büzülme-rötre) ; perde duvarın önemli bir oranı boyunca duvar gerilmelerinin düşük olduğu hallerde güçlendirmeyi sınırlar.
2. Rüzgârın kaldırma kuvvetinin, yerçekimi kuvvetini aştığı durumlarda duvarlarda gerilim oluşan alanlarda çekme donatısı gereklidir.
3. Yüksek basınç kuvvetlerinin; duvarların kolon olarak tasarlanmasını gerektirdiği durumlarda; kısırtma etriyeli basınç donatıları gerekir. Bağımsız perde duvarlar; örneğin yüksek yapının kenarlarındakiler; ihtiyaca göre kesmeye ya da eğilmeye dirençli kesme duvarlar olarak ya da kolonlar olarak tasarlanır.

Çoklu perde duvarlar; ek çerçeve hareketi için ve buna bağlı olarak tüm yapının rijitliğinin artması için; tüm yapı boyunca bağlanabilir. Bağlantılama; görece daha az derin başlıkla ya da her katta tavan boşluklu bağlantı kirişleriyle ya da 1 ya da 2 kat yüksekliğinde perde bağlantı duvarlarıyla sağlanabilir. Kütledeki artış minimal olurken; binanın doğal frekansında artış olacaktır. Bu; kullanıcı konforunu sağlayacak kabul edilebilir rüzgâr kaynaklı ivme tepkisine ulaşması bakımından istenen etki olabilir.

Aynı zamanda merkezi çekirdek kutuları; rijit kirişler ve kafeslerle ayrı katlarda; dış cephe perde duvarları veya kolonlarına belirtilen benzer etkiye ulaşmak için bağlanabilir. Bu yüzden; beton kesme duvarı; çekirdek ve yatay perdeli sistemlerde ana eleman haline gelir (Şekil 3.14) .



Şekil 3.14:Perdeli Sistemlerin yatay yük altındaki davranışı (Gunel ve Ilgın)

Kapalı Perde duvar sistemler; burulma kuvvetine etkili direnç gösterirler. Burulmaya hem düzgün hem de dağınık kesme kuvvetiyle direnç gösterilir. Kapalı perde duvar sistemlerin bilgisayar modellemesi yapılırken; asansör ve merdiven kapılarının olduğu boşlukların yansıtılmasına ayrıca özen gösterilmelidir. Perde duvar boşluklarının sayısına bağlı olarak azaltılmış duvar kalınlığına dayalı atalet hesaplaması yapılır. Tipik ofis planları için kapalı perde duvar sistemleri son derece uygundur. Perde duvarların yapısal üstünlükleri şu şekildedir:

1. Kayar-kalıp ya da tırmanır kalıp teknikleri ile merkezi servis çekirdeği perde duvarları etkili bir şekilde inşa edilebilir.
2. Yüksek dayanımlı beton; kiralabilir kat alanını maksimum seviyeye çıkaracak kadar duvar kalınlıklarının azalmasını sağlamıştır.
3. Yüksek katlara beton pompalayacak ve yerleştirecek teknoloji mevcuttur.
4. Yolcu ve servis asansörlerinin yangın korunumuna ulaşması; kolayca belirli kalınlıkta beton kullanarak sağlanmaktadır.
5. Çelik sistemlerin karmaşık düğüm noktaları ya da kaynaklı birleşimlerinden uzak durulmaktadır.
6. İyi detaylandırılmış bir betonarme sistem strüktürel çelikten 2 kat daha iyi sönümleme sağlayabilir. Bu; ivmelenme elverişliliğinin kritik sınırdan olduğu ya

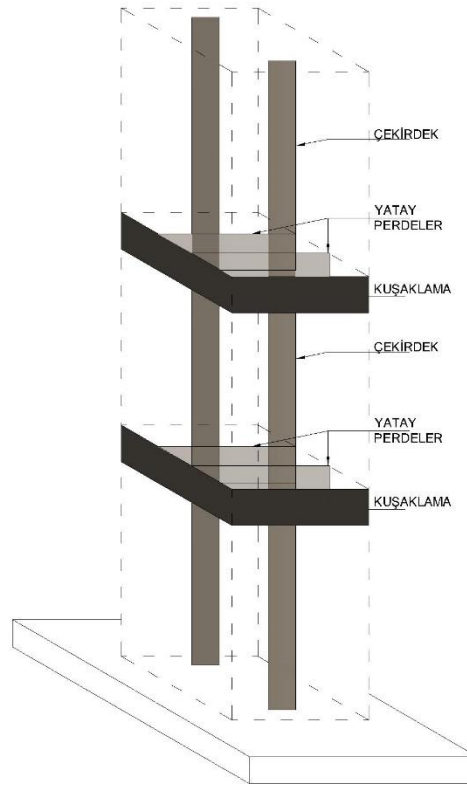
da deprem riskli bölgelerdeki en yüksek limit durumu tasarımı gereken yerlerde bir üstünlüktür (Beedle ve Rice ,110).

Tüm bunlar betonarme perde sistemleri rekabetçi kılıyorsa da; şunlar mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

1. Asansörlerin ve servis merdivenlerinin etrafındaki perde duvarlar en çok gerilmenin olduğu zemin katta en büyük delinmelere (açıklıklar) sahiptirler.
2. Yapının yüksekliğiyle bağlantılı olarak burulma ve eğilme dayanımı perde duvar açıklıklarının sayısı ve büyüklüğünden ciddi ölçüde etkilenir.
3. 1. ve 2. maddelerin; uzun zaman alan sonlu elemanlar analizi yapılmadan açıklıkların kesin olarak etkisinin ayarlanması zordur.
4. Perde duvar dikey hareketleri yapı ömrü boyunca devam eder; bunun tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması gereklidir.
5. Çelik çerçeveli bir yapıya göre daha yavaş inşa edilir.
6. Çeliğe kıyasla dikey beton elemanların ek ağırlığı temeller için fazladan bir maliyete sebep olur.
7. Kütledeki artış doğal frekansın azalmasına sebep olur; Bu nedenle büyük ihtimalle; yapının frekans aralığına bağlı olarak ivmelenme tepkisine ters bir etki yapacaktır. Ancak perde duvarlı sistemler genellikle bükülmezdir ve doğal frekansta dengeleme artışına sebep olur.
8. Hareketli kalıp sistemler ile ilgili çeşitli problemler olacaktır; bunlar
 1. Hareketli kalıpların yerinde üretimi ve montajı sebebiyle temel konstrüksiyonu ile duvar konstrüksiyonu arasında ciddi bir gecikme yaşanacaktır.
 2. Duvarların sonlandığı ya da kalınlıklarının azaldığı noktalarda zaman kaybı yaşanacaktır.
 3. Düzenli teftişlerle; perde duvarların dikey ve burulma merkezlerinin tolerans aralığında olduğuna emin olunmalıdır.
 4. Genel olarak kayar kalıp sistemlerle güzel ve net bir bitiş sağlamak zordur ve bu yüzden başka tip bir malzemeye bitiş sağlanmalıdır.

direğinin omurga kirişine bastığı yerdeki kritik bağlantıyı da artırır. Yüksek yapılarda aynı fayda; temel çekirdek dönme(devrilme) momentlerinin azalması ve bununla bağlantılı olarak olası çekirdek kaldırma kuvvetinin de azalmasıyla görülür. Rüzgâr yönündeki ıstralye ile gemi direği arasındaki bağlantıdan alınıp yelkenlilerde ön gerilmeli bağlantılara aktarılan aynı devrilme momenti; yüksek yapılarda; yerçekimi yüklü ön basınçlı kolonlara aktarılır.

Yatay perdeler yüksek yapıların verimli (etkili) ve ekonomik tasarımının ana unsuru haline gelmiştir.

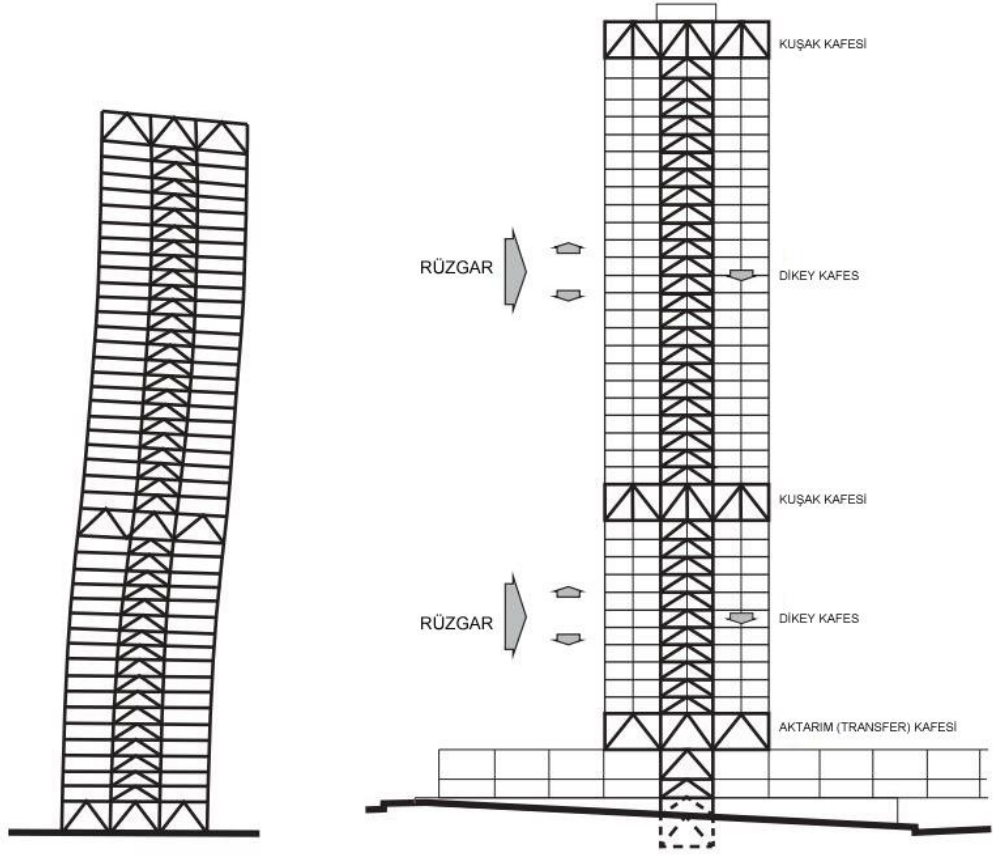


Şekil 3.16: Yatay Perdeli sistemin organizasyonu (İlgın ve Günel)

3.3.3.1 Yatay Perde Kullanımının Nedenleri

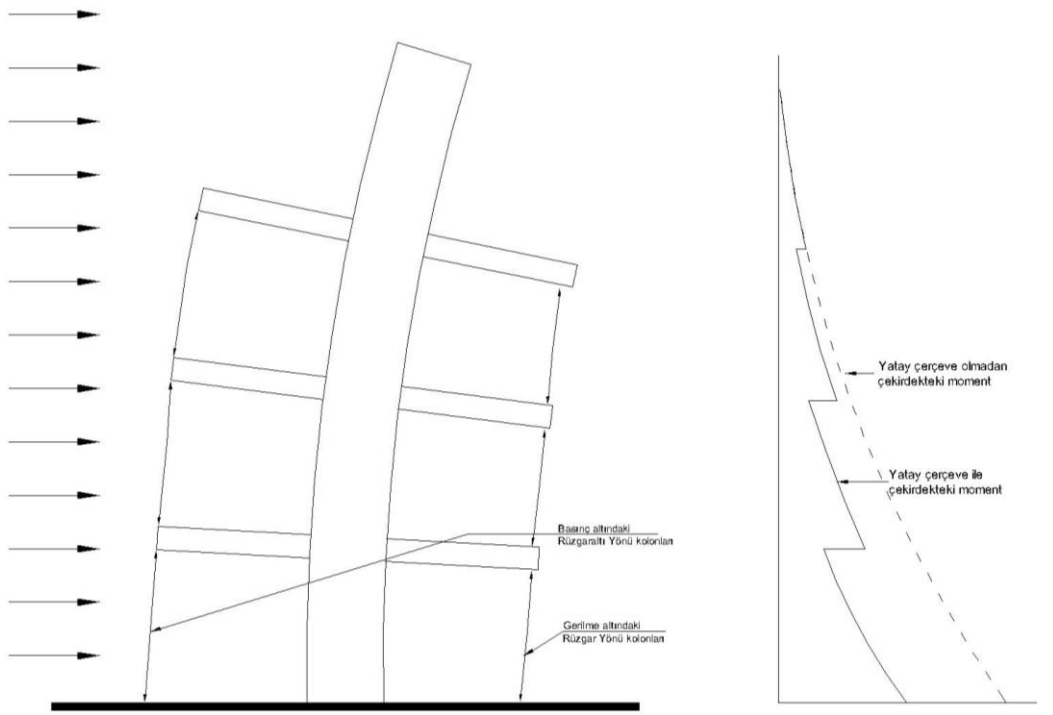
Modern yatay perdeler; Sıklıkla, merkezi asansör çekirdekleri ile cömert kolonsuz kat alanını, çekirdek ve dış destek kolonları arasında birleştirir. Bu; işlev olarak son derece etkili bir sonuç yaratırken; aynı zamanda; bir yüksek yapı da mevcut olan kritik dönme (devirme) kuvvetine direnç gösterebilecek iki ana strüktürel elemanını birbirinden etkili bir şekilde ayırmaktadır. İç çekirdek ile çevre çerçevenin birbirinden bu şekildeki ayrılması her bir eleman üzerindeki bağımsız direncin toplamına etki eden, devirme kuvvetine olan toplam strüktürel direnci azaltmaktadır. Aynı sisteme yatay perdelerin

eklenmesiyle; bu iki sistem birleştirilir ve sistemin devirme kuvvetine karşı olan direnci son derece yükselir (Şekil 3.17) (CTBUH O.W.G ,5).



Şekil 3.17: Strüktürel Diagramlar: Solda: Yatay Yükler Altında Davranış, Sağda: Yatay yük dağılımını gösteren kesit (CTBUH O.W.G)

30–40 katlı yapılar için betonarme perde duvarlı ya da çelik çaprazlı çekirdeklerden etkili tek sistem olarak faydalanılmaktadır. Bu sistemler kuvvetlere direnç göstermede son derece etkilidir ve yapı yüksekliği boyunca değişen yaklaşık lineer olan direnç sebebiyle kesme gecikmesinden kaynaklanan deformasyonlarla ilgilidir. Bununla beraber; çekirdek sistemlerinin tek başına sapma elemanına karşı sağladığı direnç, yüksekliğin küpü ile azalmakta, bu yüzden bu tarz çekirdek sistemler yapının yüksekliği arttıkça daha etkisiz hale gelmektedirler. Rijitlik sınırlamalarına ek olarak aynı zamanda bir çekirdek sistem tek başına yapının temelinde aşırı derecede yüksek devrilme kuvvetleri ile birlikte çekirdek strüktürlerin de aşırı kaldırma kuvvetleri oluşturabilir. Sistemin tüm yapı derinliğinin avantajlarından faydalanma yetersizliğine rağmen kaldırma kuvvetlerine göre tasarım yapmakta sorunlu olabilir (Şekil 3.18).



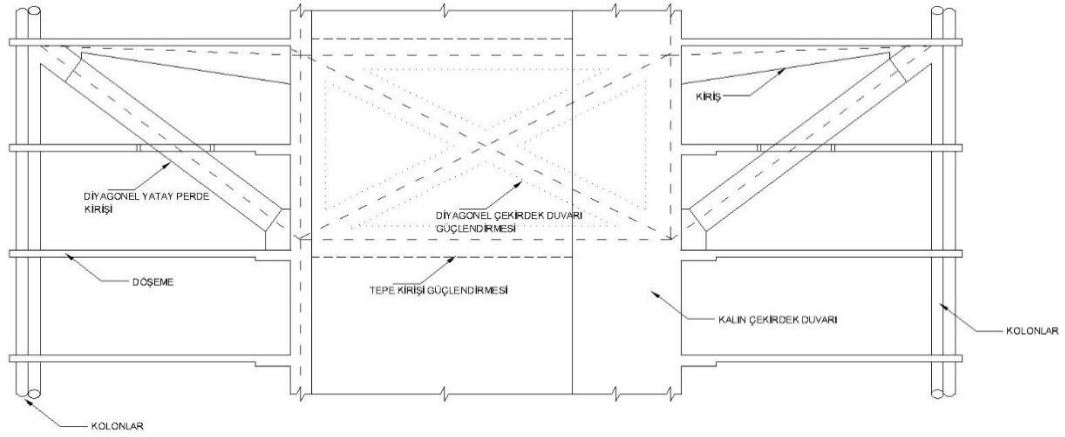
Şekil 3.18: Yatay Perdelerin ve Çekirdeklerin Etkileşimi (CTBUH O.W.G)

Betonarme çekirdeklerde, büyük net gerilim kuvvetlerinin olduğu yerlerdeki aşırı ya da kullanışsız duvar elemanları basınç dayanımındaki beton verimliliğinin doğasını olumsuz etkileyebilir. Çelik çekirdeklerde büyük ve pahalı yerinde bulonlu veya kaynaklı gerilim bağlantı yerleri, büyük oranda çelik verimliliğini; kolay fabrikasyon ve birleştirme kolaylığını ciddi anlamda azaltır. Temel sistemlerde kaldırma kuvvetleri aşağıdakilere sebep olabilir.

- Radyetemel gibi basit temel alternatifleri yerine pahalı ve işçi gücü yoğunluklu kaya ankrajlarının eklenmesine.
- Sadece dönme kuvvetlerine dayanım için aşırı derecede büyümüş hasır ölçü ve derinliklerine.
- Tüm keson derinliği boyunca ihtiyaç duyulan desteklemeyi geliştirme ihtiyacı ile birlikte, keson sistemler için zaman alıcı ve pahalı kaya soketler.
- Çekirdek ve temel ara yüzünde pahalı ve yoğun yerinde yapım bağlantıları. Bu bağlantılar, temel ve çekirdek strüktürü arasındaki yapım tolerans farkları düşünüldüğünde özellikle zahmetli olabilir.
- Sadece ciddi düzeydeki kaldırmaya dayanımlarının az olması sebebiyle kazıklar gibi daha ucuz olabilecek temel sistemlerinin dikkate alınmaması.

3.3.3.2 Yatay Perdelerin Faydaları

Pek çok yapı için, çeşitli problemlerin ve sadece çekirdek kaynaklı ya da tübüler strüktürlerden kaynaklanan sınırlamaların çözümü, bir ya da daha fazla katta yatay perdelerin kullanılarak birleştirilmesidir. Tipik yatay perde organizasyonu yüksek bir yapının çekirdeğinin bir ya da daha fazla kafes ya da duvar elemanlı cephesindeki dış kolonlarla bağlantısını içermektedir.



Şekil 3.19: Yatay Perde Sistemi Görünüşü (CTBUH O.W.G)

Yatay perde sistemler; çelik beton ya da kompozit konstrüksiyonun herhangi bir kombinasyonuyla şekillendirilebilirler. Doğru ve verimli bir şekilde düzenlendiği zaman yatay perdeler bir yapının bütün tasarımına aşağıdaki fonksiyonel ve strüktürel yararları sağlayabilirler.

- Çekirdek dönme momentleri ve indüklenmiş deformasyonları her yatay perde birleşiminde çekirdeğe tersine moment uygulatılarak azaltılabilir. Bu yöntem çekirdeğin her yatay perde kesişiminde uygulanabilir. Bu moment yatay perdelerin bağlı olduğu dış kolonlarda kuvvet bağlanmasıyla oluşturulur. Böylece; strüktürel sistemin tüm etkili derinliğini, çekirdekten hemen hemen tüm yapıya doğru artırması mümkündür.
- Kolonlarda ve temel sistemlerindeki net gerilim kuvvetlerinin ve kaldırma kuvvetlerinin ciddi ölçüde azaltılmasını ve hatta tamamen kaldırılmasını sağlayabilir.
- Dış kolon aralıkları sadece strüktürel kaygılarla belirlenmez ve kolaylıkla estetik ve fonksiyonel kaygılarla birleşebilir.
- Dış çerçeve rijit çerçeve tipi bağlantıları olmadan basit kiriş ve kolon çerçevesinden oluşur ve ekonomik olarak sonuç verir.

- Dikdörtgen yapılar için daha kritik yönde, rüzgâr yükleri altında olan yapının, uzun cephesindeki orta kolonlarla yatay perdeler bağlanabilir. Çekirdek ve tübüler sistemdeki bu kolonlar birleştirilmemiş ya da kullanışsız yer çekimi yükü taşırlar. Bazı durumlarda yatay perdeli sistemler hemen hemen her yer çekimi kolonunu yatay yük dayanım sistemine etkili bir şekilde bağlar. Bu da ciddi bir ekonomikliğe sebep olur.

3.3.3.3 Yatay Perdelerin Olumsuz Özellikleri

Yatay Perdelerin kullanımının en önemli kusuru; plan düzleminde kiralabilir ve kullanılabilir mekânlarla olan olumsuz ilişkisidir. Bu engel; aşağıdaki yöntemlerle azaltılabilir hatta bazı durumlarda engellenebilir:

- Yatay perdeleri mekanik katlara veya ara katlara yerleştirmek
- Yatay perdeleri; yapı profilinin, doğal eğim çizgilerine yerleştirmek.
- Herhangi bir tek kat düzleminde eleman müdahalesini en aza indirmek için; çok kat düzleminde tek diyagonal yatay perdelerin birleşimi
- İşlevsel yerleşim planıyla uyumu olması için yatay perdelerin ötelemesi ve değiştirilmesi

Diğer bir muhtemel kusur ise inşa sürecinde yatay perdelerin kurulmasının etkisi denebilir. Tipik bir yapı inşa edilirken, strüktürel çerçevenin tekrarlayan doğası ve yapı elemanlarının gittikçe küçülen boyutları süreci hızlandıran bir öğrenme eğrisi oluşturur. Yatay perdelerin orta ya da üst katlarda eklenmesiyle; eğer doğru ele alınmazsa; inşa sürecine negatif etki oluşturur (Beedle ve Rice ,143).

3.3.4 Tübüler sistemler

Tüp sistemler İnşaat Mühendisi Fazlur Rahman Khan tarafından 1960'lı yılların başında geliştirilmiştir. Yerden konsol olarak yükselen bir kolon prensibinde çalışır. Tüp sistemde bina kabuğu yatay yüklere karşı üç boyutlu bir taşıyıcı sistem oluşturarak tübüler davranış sergiler. Dışta oluşan tüp yanal yüklerin tamamını karşılayacak şekilde tasarlanırken, iç taşıyıcıların düşey yükleri karşıladığı kabul edilir. Bu sistemler 40 kat ve üzeri yüksek yapılarda verimli olarak kullanılabilirler. Tüp sistemler üçe ayrılır; Çerçeve tüp, Kafes Tüp ve Demet Tüp Sistemler (İlgin ve Gunel ,76).

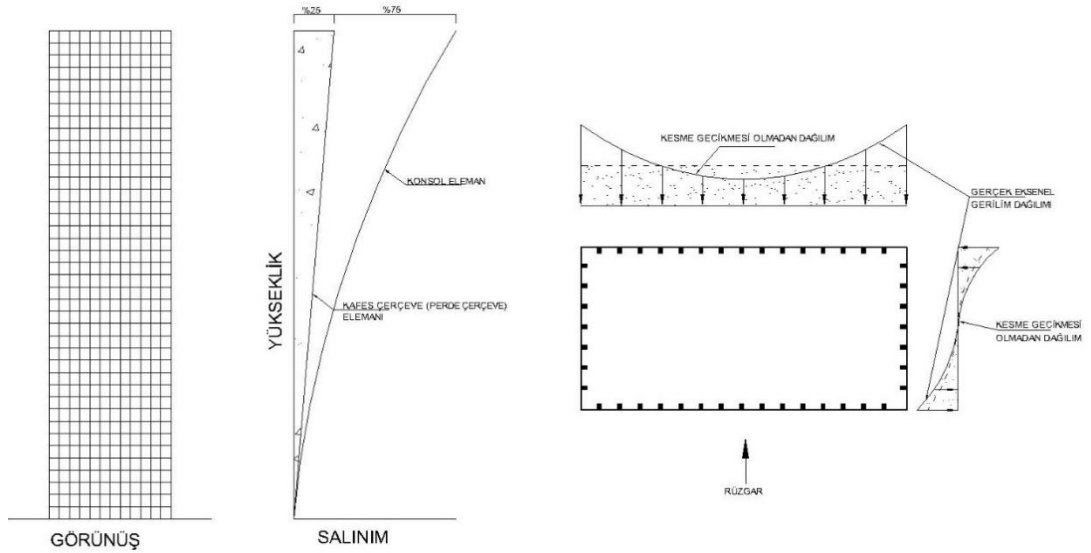
3.3.4.1 Çerçeve Tüp:

Çerçeve tüp sistemler, genellikle az aralıklı dış cephe kolonları ile derin, açıklık kirişlerinin birbirine rijit olarak bağlanarak, tüm yapı cephesi ve köşeleri boyunca devam ederek oluşur. Öyle ki; sistem, kiriş ve kolon rijitliği, net açıklık ölçüleri ve eleman derinlikleriyle ciddi biçimde artırılmış olan bir moment dayanımlı çerçevenin mantıksal bir uzantısıdır. Betonarme inşaatın monolitik (tekil) yapısı, çerçeve elemanlarının aralıksız devam eden iç bağlantı elemanları ile bu sistem için idealdir. Yapı yüksekliğine ve ölçülerine bağlı olarak, dış kolon aralıklarının merkezde yaklaşık 1,5 m den 4,5 m ye kadar olur. Açıklık kirişlerinin, normal ofis ve konut kullanım uygulamalarında tipik derinliği 60 cm'den 120 cm'ye kadar olur. Sonuç düzenlemesi, zeminden konsol olarak yükselen ve tübüler duvarlarda açılmış delikleri ile çalışan bir sistem olur. Az aralıklı ve derin dış cephe elemanlarının, dış cephe maliyetini azaltmak gibi ikinci bir faydası da vardır. Dış kolonlar, perde duvar ihtiyacını, dikme olarak tamamen ya da kısmen ortadan kaldırılabirler. Tüm tübüler dış cephe elemanlarının ortaya çıkması dışarıdan yapısalıcı bir ifade biçimi olmakla beraber, mimari açıdan da bir pencere düzeni olarak kabul edilebilir. Kolon ve açıklık kirişlerin arasındaki duvar-pencere sistemleri, kaplama maliyetlerini düşürmeye sebep olur. Betonarme tübüler sistem erken örneği Brunswick Binası'dır (Resim 3.1).



Resim 3.1: Brunswick Binası (Princeton University)

Çerçeve tüplerin yatay kuvvetler altındaki davranışları, dış kolonlarda ki eksenel kuvvetlerin dağılımını gösterecek şekilde belirtilmiştir. Dağılım; temeldeki konsol çalışan tamamen rijit kutuya benzedikçe; sistem daha verimli olacaktır. Perde-duvar tüp örneği için, eksenel kuvvet dağılımının rüzgâr ve rüzgaraltı yönündeki duvarlarda eş dağılımlı, yan duvarlarda lineer olması beklenir. Tübüler duvarlar delindikçe; kolon-kiriş çerçevesi oluşturularak, düğüm noktalarının dönmesiyle beraber tübüler elemanlardaki kesme ve eğilme sebebiyle kesme çerçeve deformasyonları ortaya çıkar. Bu sistemin bir konsol olarak verimliliğini düşürür. Tübüler kolonlardaki mevcut eksenel yük dağılımının idealden ayrılması kapsamına “kayma (kesme) gecikmesi” denir. Davranışsal olarak anlatırsak; flanş çerçevesinin ortalarına doğru kolonlardaki kuvvetler; köşelerdekilerden geride kalmakta ve böylece faydasız hale gelmektedir. Kayma gecikmesini sınırlandırmak, tübüler sistemin optimal düzenlenişi için mecburidir. Makul hedef olarak; rüzgâr yükü altında; konsol elemanın tüm sistem deplasmanında en az %5 verim sağlamak olmalıdır (Beedle ve Rice ,195)(Şekil 3.20).

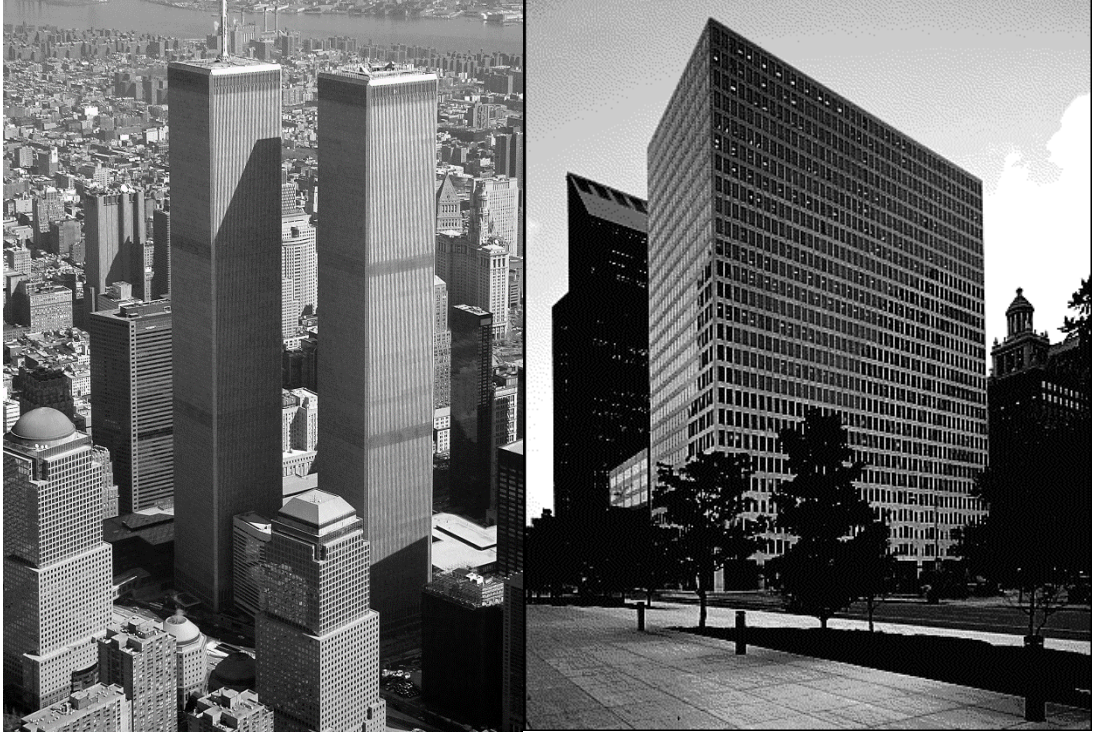


Şekil 3.20: Çerçeve Tüp Davranışı (Beedle ve Rice)

Strüktürel çelikle yapılan çerçeve tüpte; kolon-kirişi düğümlerinde, rijitliği ve devamlılığı sağlama için kaynak yapılması gereklidir. Tüm kaynak işlemlerinin yatay pozisyonda üretim yerinde yapıldığı fabrikasyon elemanların oluşturulması çelik çerçeve tübüler sistemi daha verimli ve pratik yapmaktadır. Bu sistem daha sonra, sehimin oluşacağı noktaya yakın, açıklığın ortalarında; açıklık kirişlerinin birbirine bulonlanmasıyla elde edilir.

Çelik çerçeve tübüler yapılardaki kolon aralıkları; daha yüksek konsol çalışma verimliliği için daha kapalı açıklıklar ile artan fabrikasyon maliyetlerini dengeleyecek

şekilde hesaplanmalıdır. Derin, çok parçalı kesitlerin yerine haddelenmiş elemanların kullanımı da maliyet-etkinliğin bir alanıdır. Yapı aralığı 40 kattan 110 kata kadar; kolon aralıkları genelde merkezde 3 metreden 4,5 metreye kadar değişmektedir ve 100 katlı New York WTC ikiz kuleler örneğinde olduğu gibi aralıklar en az 1 metredir. Bu kuleler; yüksek bir yapının dikeyliğini mimari dışavurumculuk olarak vurgulamak için; aşırı yakın cephe kolonlarıyla; delinmiş bir tübüler duvardan oluşan bir strüktürel tasarıma sahiptir (Resim 3.2).

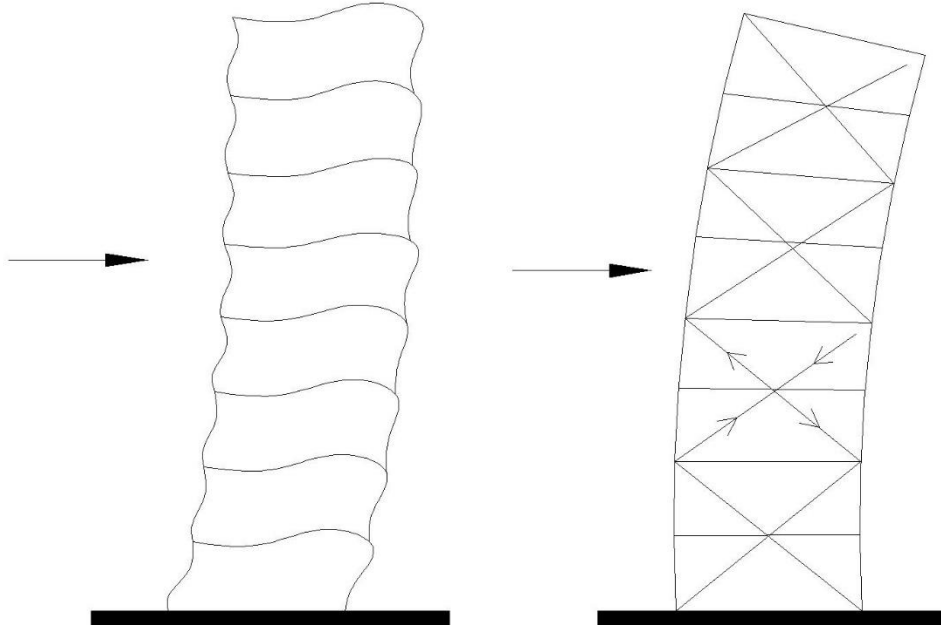


Resim 3.2: Solda WTC binaları; Sağda: Two Shell Plaza

3.3.4.2 Kafesli Tüp:

1960'larda tübüler kavramlar ilerledikçe; çerçeve tüpün etkili olabileceği bir yapı yükseklik aralığı olduğu ortaya çıktı. Çok yüksek yapılar için, kolon-kiriş gridinin yoğunluğunun, cephe tasarımında ciddi belirli etkileri vardı. Kesme gecikmesini kontrol altında tutma ve sistem verimliliğini geliştirme ihtiyacının sadece, tübüler duvarlardaki görece küçük deliklerle olabileceğinin farkına varıldı. Problem özellikle yapı tabanında; mimari planlamanın tipik olarak yapı cephe işçiliğini mümkün olan en az engellemeyle, dış yapısalıktan içeriye girişi vermeyi talep ettiği durumlarda çok önemli hale gelmektedir. Yük transferini ve yapı tabanında (bazasında) dış kolonları kaldırmayı da içeren iyi bir çözüm üretilmiştir (Resim 3.1 ve Resim 3.2) ama karakteristik olarak malzeme getirilerini de içerir.

Kafesli tübüler sistem; strüktürel çeliğin yapısı ve niteliğine bir t p için en uygun olan sistemi temsil eder. İdeal tübüler sistem; dış kolonları yatay kesmeye eğilmeden ziyade elemanlarındaki eksenel kuvvetlerle direnen, rijit bir kutuyla birleştiren sistemdir. Buna; her cephede minimum sayıda çaprazlama kullanılarak ve çaprazlamaların köşe kolonlarla aynı yerde kesiştirilerek ulaşılır. Sistem t b lerdir; şöyle ki; cephe çaprazlamaları; sadece düzlemde kafes oluşturmayıp aynı zamanda birbirine dik cephelerdeki  aprazlamalarla; tübüler davranışı etkilemek için etkileşime girerler. Bu da her bir cephede; köşe kolonlar arasında bir X oluşmasına sebep olur (şekil 3.21).



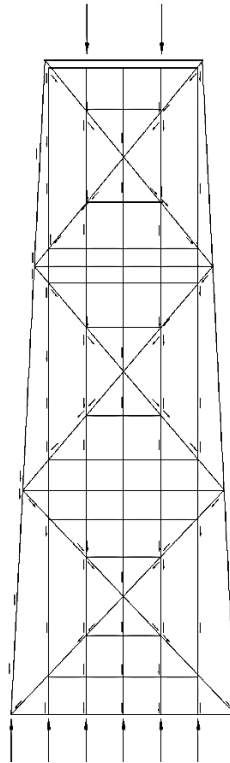
şekil 3.21:çerçeveli tüpün rijitleştirilmesi: soldaki:  er evenin yatay yük altında eğilmesi sağdaki:  er eveye kafesin eklenmesiyle tüpün rijitleştirilmesi

Bu tarz yapılar için açıktır ki; strüktürel disiplin tüm yapı mimari dış cephe için temel dayanağı ortaya koyar (Resim 3.3). Kafesli tübüler sistemin en önemli avantajlarından biride,  er eve tübüler sistemin aksine, görece geniş kolon aralıklarıdır. Sonuçta;  elik yapıların belirgin bir özelliği olan pencereler için temiz bölünmemiş açıklıklar oluşur (Beedle ve Rice).

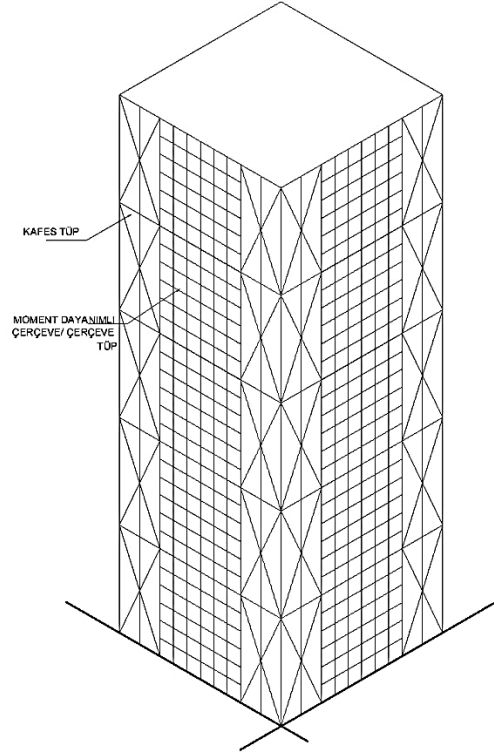


Resim 3.3: Bank Of China Binası

Kafesli tübüler sistemin kavramını, betonarme yapı sisteminde de devam ettirmek için; pencere deliklerinin diyagonal deseni; farklı bir şekilde  er eve tübüler sistemde, bitişik kolonlarla ve ızgaralarla araları doldurulur. Sonuçta; sistemin rüzgâr yükleri altındaki kesme gecikmesi azaltılır.  elik  er eve kafesli tüple beraber sistemle gelen ek bir fayda ise; cephe  aprazlamasının, dış kolonlardaki yerçekimi yüklerinin e itlenmesine hizmet etmesidir ( ekil 3.22). Bunun temel tasarım ve eleman oranları üzerinde çok ciddi bir etkisi olmaktadır.



Şekil 3.22: Kafesli T p Yerçekimi yükleri dağılımı (Beedle ve Rice)



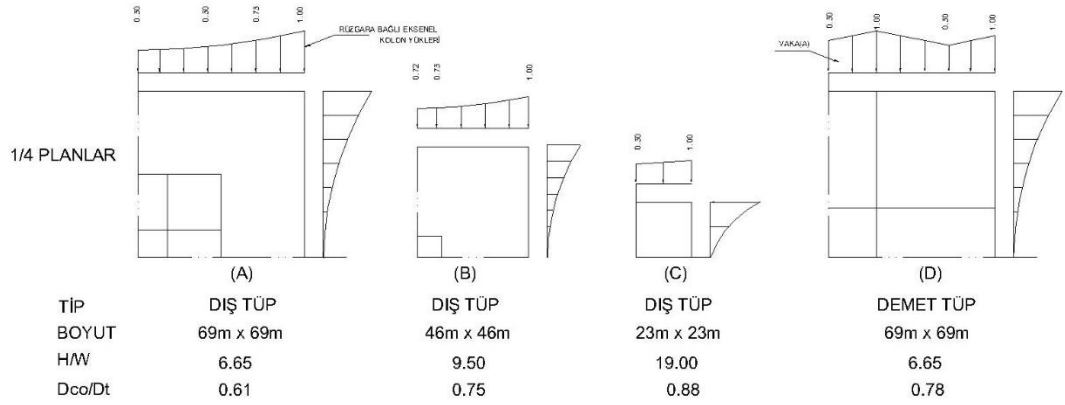
Şekil 3.23: Kısmi Tübüler Sistem (Beedle ve Rice)

Cephe çaprazlamalarının prensibi; kısmi-tübüler sistemlerde de uygulanabilir. Örneğin; uzun dikdörtgen yapılarda; kısa cephedeki bitiş çerçeveleri çaprazlanabilirken, uzun cephede çerçeve moment dayanımlı çerçeve kullanılabilir (Şekil 3.23). Bitiş çaprazlamaları her iki yönde rüzgâr dayanımı sağlamak için kanal şeklinde ya da C şeklinde olabilir. Çaprazlama tam cephe diyagonallerinden, küçük X'lere kadar değişebilir, böylece her bir cepheyi çaprazlanmış kafes çerçeve formuna dönüştürebilir. Her biri dış cephe mimarisine etki eden pek çok çeşitte yapılabilir (Smith ve Coull).

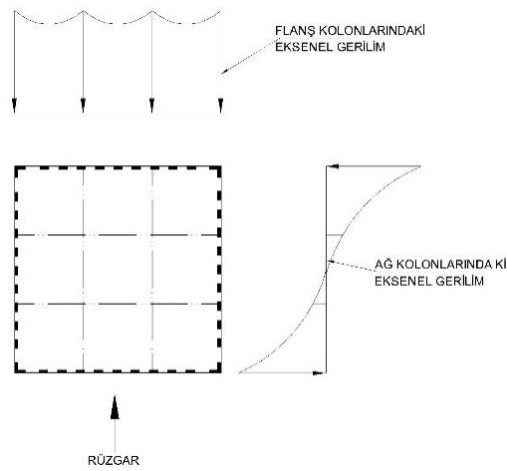
3.3.4.3 Demet Tüp:

En saf formlarında, tübüler sistemler; genellikle dikey prizmatik profillere uygulanabilirler. Çeşitli profiller ve ciddi dikey cephe dallanmaları olan yapılarda; forma uymak için tübüler çerçevenin devamsızlığı ciddi verimsizlikler içerir. Bununla beraber; sistem; üçgen, altıgen, dairesel ya da çeşitli çokgen şekilleri de içermek üzere; pek çok çeşitli, dikdörtgen olmayan, kapalı plan şekillerine uyarlanabilir. En etkin şekil kare iken, en az doğal etkinliği olan üçgendir. Dış tübüler sistemin yüksek burulma rijitliği özellikleri asimetrik formları strüktürün oluşturulmasında üstünlük sağlar.

Yüksek yapılar için; dikey planlama modülasyonu ve kesme gecikmesinin kontrol edilmesi ihtiyacı, demet ya da modüler tüp kavramının gelişmesine yönlendirmiştir (Şekil 3.24). Konsol etkinliğinde tüp boyutlarını gösteren bir çalışmayı anlatmaktadır. Her yapı aynı eleman oranları ve kolon aralıklarıyla tasarlanmıştır. Konsol etkinliği; gerçek tepe deplasmanının; kesme gecikmesi olmayan, tüm konsol atalet momenti kullanılarak hesaplanmış tepe deplasmanına oranı ile hesaplanmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki; yüksekliğine göre tüp boyutları azaldıkça ; (daha yüksek en/boy oranı) ciddi anlamda yüksek en boy oranları elde edilmektedir. Bu da, şu kavrama ulaştırmıştır; eğer tüm tübüler şekil, iç mekan tübüler çizgiler dahil edilerek küçük hücrelere bölünürse; o zaman tüm strüktürün, tüm hücrenin yüksek en boy oranıyla ilişkili olarak konsol etkinliği olur. Demetlendirmenin, tübüler kolonlardaki, eksenel kuvvetlerin dağılımında ki etkisi (Şekil 3.25)'de gösterilmiştir. İç mekân tübüler ağ çizgileri, rüzgâr ve rüzgaraltı yönündeki flanş çerçevesinin ortasındaki kolonun kesme gecikmesini azaltmaya yardımcı olmaktadır (Beedle ve Rice ,201).

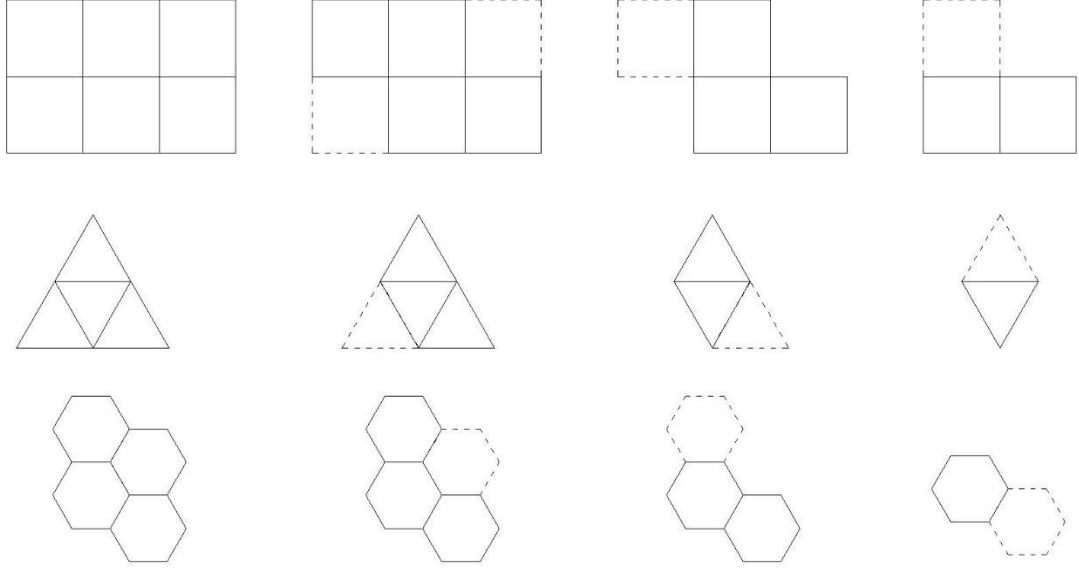


Şekil 3.24: Tübüler Verimlilik Çalışması (Beedle ve Rice)



Şekil 3.25:Kolonlardaki Eksenel Gerilim Dağılımı (Smith ve Coull)

Demet t p kavramı, tübüler duvarlarda sadece dış çerçeveli tübüler formu mümkün olacak, daha geniş kolon açıklıklarına izin vermektedir. İ  mekân planlamasını ciddi anlamda bozmadan, i   er eve çizgilerini yerleştirmeye izin verende bu açıklık boyutlarıdır. Prensip, herhangi bir kapalı Şekil demet t p oluşturabilir. fig4.102 Hücrelerin dikeydeki modülasyon kabiliyetleri çok çeşitli dinamik formlar için güçlü bir altyapı oluşturur. Aynı zamanda demet t p prensibi çok yüksek bir yapının mimari planlamasında ciddi bir özgürlük sağlar (Beedle ve Rice ,202).

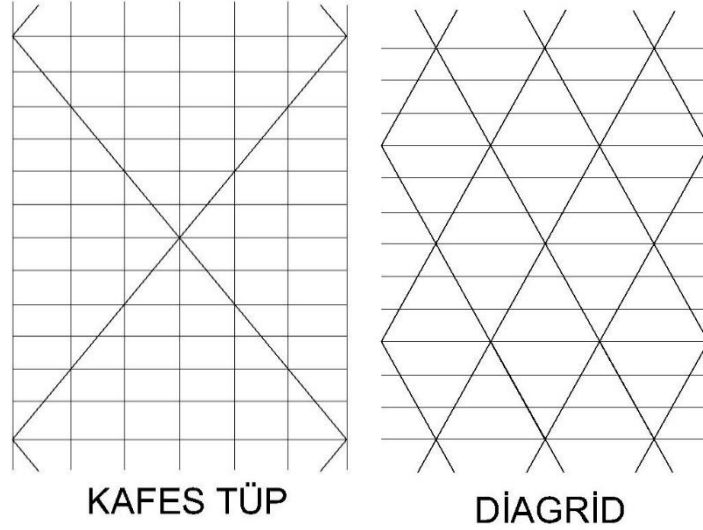


Şekil 3.26: T p modülleri (Beedle ve Rice)

3.3.5 Diagrid Sistemler:

Son zamanlarda; strüktürel verim ve estetik için cephe diyagonallerin kullanılması (diagrid ismi buradan gelmektedir) mimari ve strüktürel tasarımcılarda yenilenmiş bir ilgi oluşturmuştur.

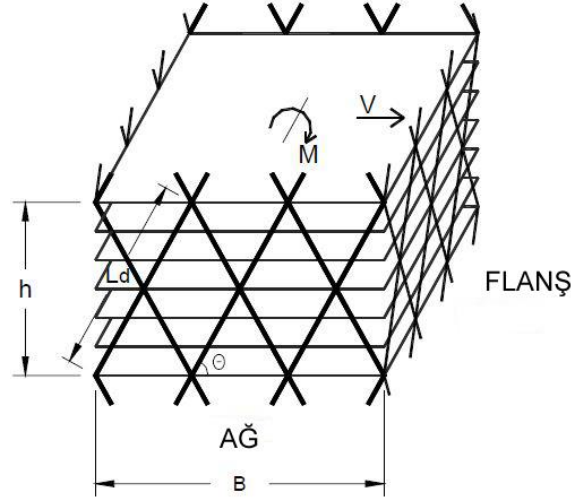
Geleneksel dış-kafes  er eve strüktürleri ile şuan ki diagrid strüktürler arasındaki fark, hemen hemen tüm geleneksel kolonların kaldırılmış olmasıdır. Bu; geleneksel kafes sistemler sadece yatay yükleri taşırken; diagrid sistemdeki diyagonal elemanların yatay yükler kadar yerçekimi yüklerini de;   gensiz düzenlemeleri sayesinde taşıyabilmesiyle olmaktadır. Geleneksel diyagonalsiz çerçeveli tübüler sistemler ile kıyaslandığında; diagrid strüktürler kesme deformasyonunu azaltmada çok daha etkilidir çünkü kesmeyi diyagonal elemanlarının eksenel hareketi ile taşırken; geleneksel  er eve tübüler sistemler dikey kolonların eğilmesiyle taşır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27: Kafes Tüp ile Diagrid Sistem Farkı (Moon , Connor ve Fernandez)

Diagrid strüktürlerin yatay rijitliği sadece statik yükler için değil aynı zamanda rüzgâr ve rüzgaraltı yönündeki tepkiler oluşturan dinamik yükleri içinde istenen bir etkidir. Çoğu durumda girdap yükü yüzünden rüzgaraltı yönündeki yatay hareket rüzgar yönündekinden daha büyük olur. Daha rijit strüktürlerin matris frekansına sabitlenen girdap frekansı ihtimali daha düşüktür (kilitlenme durumu), çünkü bir strüktürün esas frekansı arttıkça, kilitlenme durumuna gerekli olacak rüzgâr hızı da artmaktadır. Bu yüzden; daha büyük yatay rijitlikleri sebebiyle, diagrid sistemlerin kilitlenme durumuna yatkınlıkları daha azdır (Moon , Connor ve Fernandez ,206).

Bir diagrid strüktür; dikey konsol bir kiriş olarak modellenir ve tekrarlanan diagrid örüntüye göre boylamasına modüllere bölünür. Her modül bir çok katı kapsayan tek bir seri diagrid katı ile tanımlanır. Şekil 3.28’de 6 katlı bir modül gösterilmektedir. Yükün yönünde bağlı olarak yüzeyle ağ düzlemler (rüzgâr yönüne paralel yüzeyler) ya da flanş düzlemler (rüzgar yönüne dik olanlar) olarak davranır. Diyagonal elemanların mafsallı oldukları varsayılır ve bu yüzden çaprazlama kesme ve momente sadece eksenel hareketle direnir. Bu idealleştirme ile tasarım problemi her bir modülün tipik flanş ve ağ elemanlarının arakesit alanını tasarlamaya indirgenir (Moon ,399).



Şekil 3.28: Tipik Diagrid Modülü (K. Moon)

3.3.6 Hibrid Sistemler:

Yüksek yapılar geleneksel olarak; tek tip yatay yük dayanım sistemi kullanılarak tasarlanmışlardır. İlk olarak moment dayanımlı çerçeve ve daha sonra perde duvarlar ve çerçeve tüpler kullanılmıştır. Ekonomik, kolay kullanımlı, yüksek kapasiteli bilgisayar donanım ve yazılımlarının gelişimine kadar, strüktürel sistemler, el ile hesaplanmaya uygun ya da sınırlı kapasiteli makineler kullanılarak hazırlanan bilgisayar analizlerine uygun olmak zorundaydı. Günümüzde; bilgisayar kapasitesi bir sorun değil ve strüktürel sistem seçimleri; onların görünüşe etkileri, yapı fonksiyonları ve inşa edilebilirliklerine göre yapılmaktadır. Bu her şey yapılabilir demek değildir. Mühendisler halen yapı rijitliğinde ani devamsızlık oluşturma tuzağının farkında olmalı, eksenel kısalma diferansiyelinin uzun dönem etkilerini ve karma sistem ve malzeme kullanımının diğer yan etkilerini göz önüne almalıdır.

Hibrid sistemlerin mükemmel bir örneği Singapur'da yer alan Overseas union bank Center'dır. Burada kafesli çelik çerçeve; hafifliği, geniş açıklık kabiliyeti, küçük eleman boyutları ve sünme kısalmasının yokluğu sebebiyle tercih edilmiş ve maliyet etkin yatay dayanımı sebebiyle beton perde duvar sistemle birleştirilmiştir (Beedle ve Rice).



Resim 3.4: Overseas Union Bank

Gittikçe ün kazanan başka bir hibrid sistem ise; çelik çerçevenin montaj kabiliyetlerinin korunduğu, maliyet-etkin eksenel yük kapasiteli, yüksek dayanımlı, betonun kullanıldığı, beton dolgulu çelik tüp kolonlardır. Çelik tüp; betona normal donatının sağladığından çok daha fazla sınırlandırma sağlamakta ve en dışta en etkili olduğu noktada en uç olmaktadır. Tabii yangın korunumu göz önünde tutulmalıdır. Eğer çelik tüp yangında feda edilebilir olarak kabul edildiyse; o zaman normalde yangın sınır durumu arttırılmış yükleme için yeterli iç donatılama sağlanmalıdır. Eğer dış yangın korunumu sağlandıysa; o zaman iç donatılamaya gerek yoktur. Eğer beton, her beton dökülüşü için temelden itibaren kolonun içine pompalanıyorsa; o zaman bir kaç kolon birden betonlanabilir ve beton vibrasyonu gerekli değildir. Bu tarz örnekler; Casseldon Place-Melbourne ve Two Union Square-Seattle olarak alınabilir.

Modern mimarinin yönelimleri; bazen strüktürel mühendisi geleneksel yoldan uzaklaşmaya ve strüktürel ihtiyaçları karşılarken; aynı zamanda estetik ve fonksiyonel ihtiyaçları karşılayacak bir strüktür arayışına iter. George Pacific, Atlanta örneğinde olduğu gibi, bir cephede diğer cephelerden farklı bir taşıyıcı sistem olabilir veya elemanları birbirinden farklı yatay dayanımlı çerçeveden oluşan bir taşıyıcı sistem türü olabilir. En iyi örneği; First bank Place binasıdır. Burada; mühendis yatay perde kirişleri, yüksek dayanımlı beton çevre kolonlarına bağlanan çelik kafesli çekirdeği, hızlı inşa ve bağlantıya yardımcı olması için dökme çelik sistemle birleştirmeyi önermiştir. Sistem düzlemsel rijitliğe sahip olmasına rağmen, gerekli burulma dayanımına sahip olmaması bazı katların çevrelerinde Vierendeel kirişleri ve bir alanda dikey dış çaprazlamalardan oluşan ek önlemler alınmasına sebep olmuştur.



Resim 3.5: First Bank Place (Ayay)

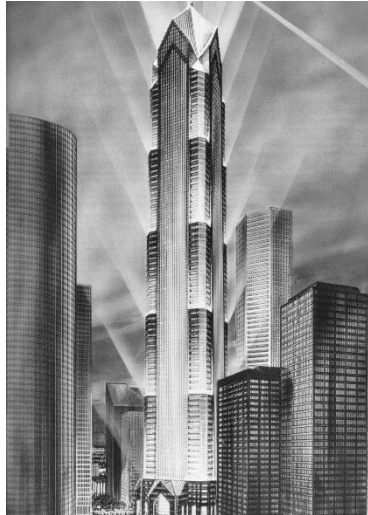
Yüksek dayanımlı betonun (50 Mpa ve üzeri) gelişimiyle; büyük beton elemanların rijitlik ve sönümlleme kabiliyetleriyle, çelik çerçevenin hafiflik ve hızlı inşa edilebilirlik özelliklerinin birleştiği süper kolon (mega kolon) çağı başlamıştır. Yüksek dayanımlı beton, silika tozu (silis dumanı), ve yüksek aralıklı su indirgeyicisi (süperplastisizer-aşırı sünekleştirici) içerdiği zaman, ciddi anlamda düşük sünme ve çekme (büzülme) sergiler ve bu yüzden de hibrid bir çerçevede kullanılmak için uygun olur. Yüksek dayanımlı betonun görece ucuzluğu ile birlikte; büyük elemanların çok büyük vinçler gerektirmediği gerçeği (hatta eğer betonun hepsi pompalandıysa hiç gerektirmez) ; kolonların dayanımdan çok rijitlik için maliyet etkin olarak tasarlanabildiği anlamına gelmektedir.

Dallas'taki Interfirst plaza neredeyse geleneksel bir çerçeve ile süper-kolonlar kullanmakta ve Seattle'daki Colombia Seafirst Center; çok büyük süper-kolonları, çelik diyagonal elemanlarla; kafesli çelik çekirdeğe birleştirmektedir. Başka bir örnek ise; İnşa edilmemesine rağmen; Southwest Tower Houston 'dadır. Burada 8 dev kolon 4 dikey mega kolon başlıklarını oluşturur.



Resim 3.6: Solda Dallas Interfirst Plaza Sağda: Colombia Seafirst Center

Bu örnekler göstermektedir ki; hibrid strüktürler, gelecekteki yüksek yapılar için ister kabul edilebilir dinamik karakteristikleri; ister modern mimarlığın talep ettiği karmaşık şekillere cevap verme yeteneği nedeniyle olsun; istisnadan çok bir kural haline gelecektir. Hibrid strüktürler; güçlü bir mikrobilgisayarı ve strüktürel bir yazılımı olan acemi bir mühendisin anlayabileceği bir şey değildir. Analiz ve tasarım programlarında bulunmayan hatta çoğu kodlu bile olmayan ciddi bir bilgi ve malzeme davranışını anlama yetisi gerekli olup, inşa edilebilirlikle ve önemlilikle paralel değerlendirmede tutulmalıdır. Bununla beraber; hibrid sistem olmadan, pek çok modern yüksek yapı şu andaki şeklinde inşa edilemezdi.



Resim 3.7: Southwest Tower, Houston (Skyscraper Page)

4 TAŞIYICI SİSTEMLERİN ÖRNEKLER ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

4.1 ACT Tower (Okura ACT City Hotel)

Yer:	Hamamatsu, Shizuoka, Japonya
Bitiş Tarihi:	1995
Kat Sayısı:	45-zemin 4-zemin altı
Yükseklik:	212,8 m
İşlevi:	Otel ve Ofis
Mimar:	Nihon Sekkei Inc, ve Mitsubishi Estate Co. Ltd
Strüktür Tasarım:	Nihon Sekkei Inc.
Taşıyıcı Sistem:	Çaprazlı Çerçeve Sistem
Malzeme:	Çelik
Kat Planı:	
Kat Yüksekliği:	Ofis 4m ; Otel 3,15 m
Kiriş Açıklığı:	Ofis 17,5 m maks- Otel 10 m
Kiriş Derinliği:	Ofis 850 mm- Otel 700 mm
Döşeme:	135-180 mm arası beton plak
Kolonlar zeminde:	750 x x600 mm
Çekirdek:	X ve K çaprazlamalı çerçeve



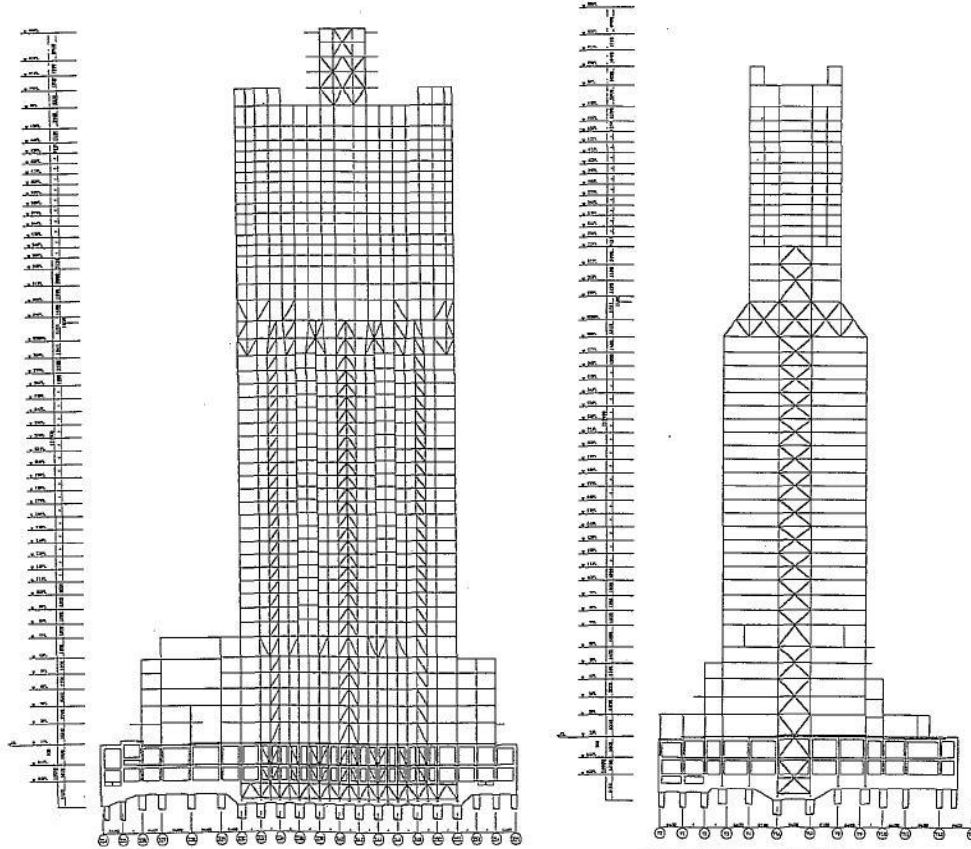
Resim 4.1: ACT Tower

4.1.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

Act tower binasının rijitliğini sağlamak ve uygun değer aralığındaki taşıyıcı sisteme ulaşmak için çaprazlı çerçeve kullanılmıştır. 3 adet rüzgâr tüneli testi yapılmıştır.

- 1) Cephe basıncını ölçmek için rüzgâr basınç testi
- 2) Yatay kuvveti, devrilme momentini ve burulma momentini ölçmek için rüzgâr kuvvet testi
- 3) Dinamik analiz sonuçlarını kontrol etmek için bir dinamik test yapılmıştır.

Hamamatsu 'da yılın belirli zamanlarında oldukça güçlü rüzgârlar olabilmektedir. Bu rüzgâr istenmeyen yapı hareketlerine neden olabilmektedir. Bundan kaçınmak amacıyla y doğrultusunda hızlanmayı azaltmak için bir sönümleme sistemi tasarlanmıştır. 90 ton ağırlığında bir sarkaç tasarlanarak yapının 1 cm hareketinden itibaren harekete geçecek bilgisayar tabanlı bir sönümleme sistemi yerleştirilmiştir.



Şekil 4.1: ACT Tower Çerçeve Sistemi Görünüşleri (Beedle ve Rice)

Yapı aynı zamanda oldukça hareketli bir deprem bölgesinde yer almaktadır. Bölgede 8 şiddetinde deprem kaydedilmiştir. Bu nedenle, ayrıntılı sismik analizleri yapılmıştır. Kullanılan çaprazlamalar depremden ve rüzgârdan kaynaklanan yatay yüklere

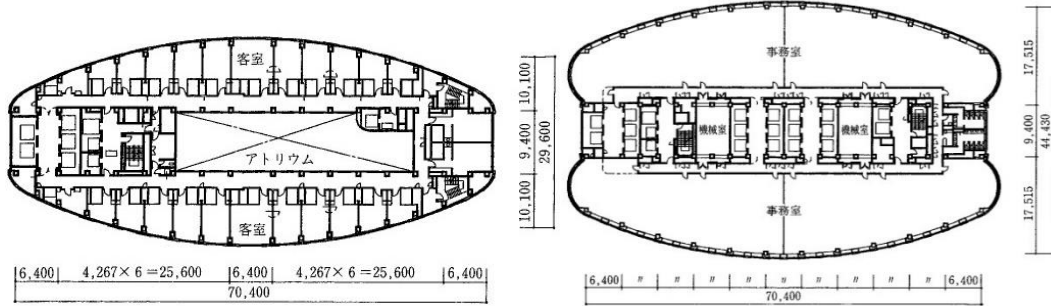
dayanım gösterecek şekilde tasarlanmış ve tercih edilmiştir. Böylece, yapı yoğun deprem ve rüzgar bölgesinde olmasına rağmen dengeli bir taşıyıcı sisteme sahiptir.

Kolon dizilimleri 28. kata kadar ve 28. kattan sonrasında farklı dizilimlere sahiptir. 28. kat tesisat katı gibi davranmakta ve yük aktarımı için kafes kiriş sistemine sahiptir (Beedle ve Rice ,69).

4.1.2 Taşıyıcı sistem ile mimari tasarım ilişkisi:

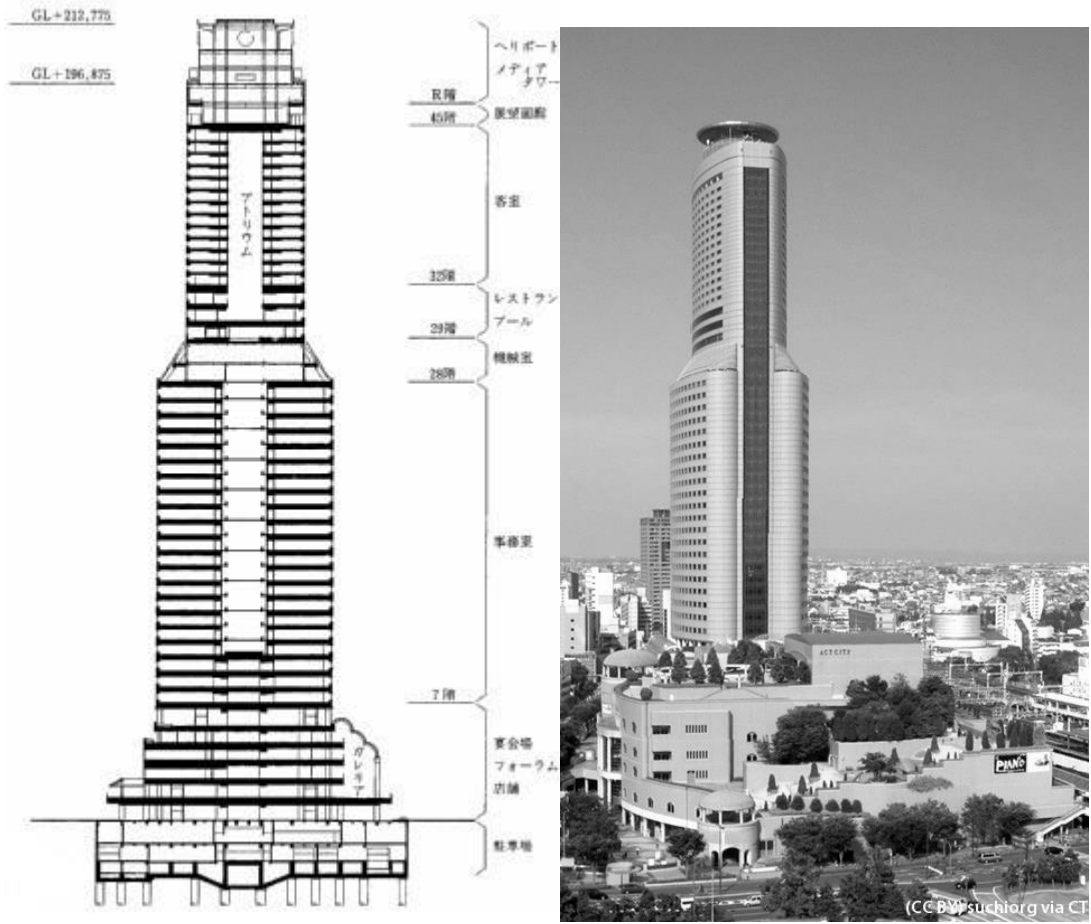
Japonya'nın Hamamatsu şehrinde karma kullanımlı olacak biçimde tasarlanmış, dört adet yapının en yükseğidir. İçinde otel, ofisler, kongre merkezi, müzeler ve etkinlik alanları olacak şekilde tasarlanmıştır.

Yapı formu özellikler mevcut rüzgar sorunları göz önünde tutularak elips seçilmiştir. Bu sayede yapının rüzgara gösterdiği direnç en aza indirilmiştir. Ancak aynı zamanda yapının eliptik formu strüktür sistemi için de bazı zorlukları beraberinde getirmiştir. Cephe elemanlarının da eğimli olması yapının maliyet-etkinliğini azaltmıştır. Taşıyıcı sistem seçimi ile yapının biçimi Act tower binasında birbirini, deprem ve rüzgar olan, ana sorunlara karşı desteklemektedir.



Şekil 4.2: Solda Otel Kat planı; Sağda Ofis Kat planı, ACT Tower

Yapının kolon diziliminin farklılaşması; işlevler ile doğru orantılıdır. Ofis gibi ticaret içerikli kiralanabilir alanın netliğine ihtiyaç duyan işlevlerde; kolonsuz temiz alanlar ihtiyacı taşıyıcı sistemin bu şekilde farklı kolon dizilimlerine sahip bir tasarıma dönüşmesine neden olmuştur. Çekirdek de aynı zamanda aynı sebepten dolayı otel ve ofis katlarında farklılaşmıştır. Yapının sönmüleme sistemi olan üst katları ise radyo istasyonlarına kiralanmış böylece işlev ile yükseklik ekonomikleleştirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Solda Act Tower Kesiti, Sağda ACT Tower Görünüşü

4.2 Kamogawa Grand Tower

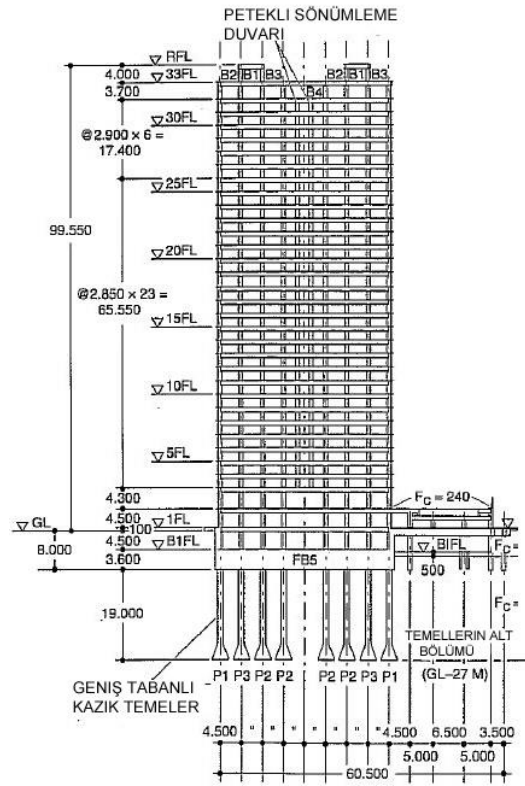
Yer:	Kamogawa ,Japonya
Bitiş Tarihi:	1992
Kat Sayısı:	33
Yükseklik:	105 m
İşlevi:	Otel ve Konut
Mimar:	Kajima Design
Strüktür Tasarım:	Kajima Design
Taşıyıcı Sistem:	Moment Dayanımlı çerçeve ve petek sönümlene duvarı
Malzeme:	Beton
Kat Planı:	
Kat Yüksekliği:	2.85 m
Kiriş Açıklığı:	4.5mx9m
Kiriş Derinliği:	70cm
Döşeme:	16cm
Kolonlar zeminde:	90cm x 90cm
Temel:	19metre uzunluğunda 1.7 metre çapında 2.8 metre başlıklı dökme beton kazık temel



Resim 4.2: Kamogawa Grand Tower

4.2.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

Kamogawa Grand Tower; esnek moment dayanımlı çerçeve sistemden oluşmaktadır. Kajima Cooperations tarafından geliştirilen Yüksek Yapı Betonarme (High Rise Reinforced Concrete /HiRC) yapım metodu kullanılmıştır. Bu yöntem yerinde yapılan yalın kolon kiriş ve döşemeleri içermektedir (Şekil 4.4). Tipik kat planı 4,5 metrelik karelerden ve bu karelerin dış cepheye tırtıklı bir şekilde yansıtılmasıyla tasarlanmıştır.(Şekil 4.5) Standart açıklık; 4,5 metredir ancak çapraz kirişlerin taşıdığı kolonsuz merkez koridorda 9 metreye ulaşmaktadır. Tüm yapı 45° ve 135°'lik açı ile yaklaşık simetrik olacak biçimde tasarlanmış, böylece tüm yatay yönlerden gelecek deprem direnci dengelenmiştir.



Şekil 4.4: Kamogawa Grand Tower Çerçeve görünüşü (Beedle ve Rice)

Tipik katlarda; merkez koridora, çapraz kirişleri bağlamak için bal peteği şeklinde açıklıkları olan çelik plakalar yerleştirilmiştir (Şekil 4.6). Üst ve alt katın ızgarasının orta açıklığından uzayan dikme-kolonlar; bu sönümlleme plakalarına yüksek dayanımlı bulonlu guse plakaları ile orta katta birbirine bağlanmıştır. Bu sayede kesme kayması sönümlleme plakalarında yoğunlaşmıştır. Her tipik kata 16 birim sönümlleme plakaları ve dikme-kolonları yerleştirilmiştir. Yapının sismik tepkisi; çelik plakaların etkisinden kaynaklanan histerezis (gecikme) sönümlleme etkisi tarafından azaltılmıştır (Beedle ve Rice ,72).

özelliklerinde önemli rol oynamıştır. Döşemeler de buna uygun olarak eğimli yapılmıştır ve odaların, konutların balkonları olarak görev yapmıştır.



Resim 4.3: Kamogawa Grand Tower

4.3 Seagram Binası :

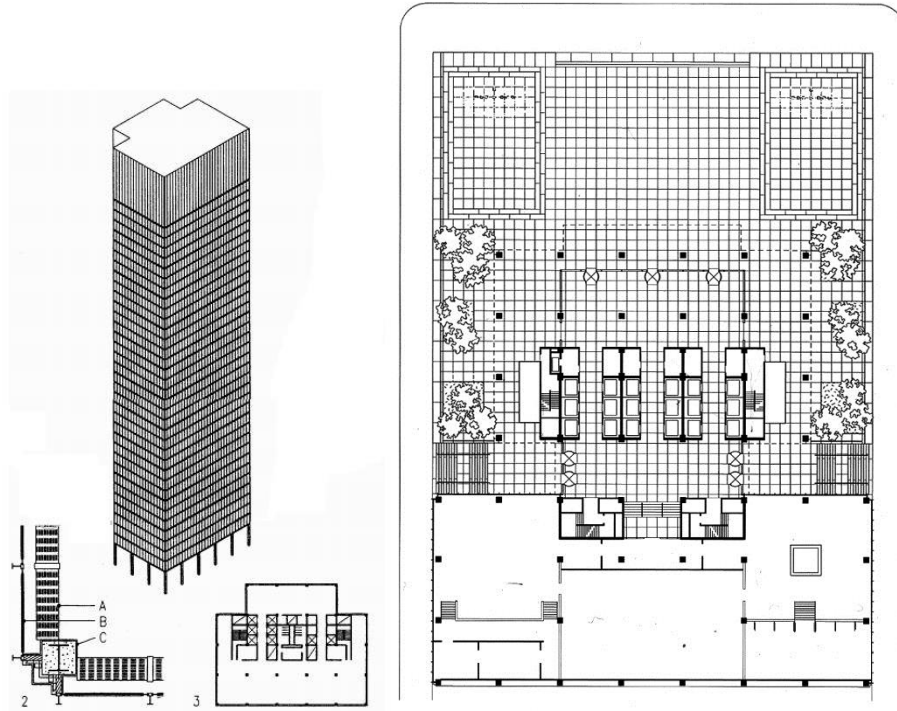
Yer:	New York, ABD
Bitiş Tarihi:	1959
Kat Sayısı:	38
Yükseklik:	157 m
İşlevi:	Ofis
Mimar:	Ludwig Mies van der Rohe; Philip Johnson
Strüktür Tasarım:	Severud Associates
Taşıyıcı Sistem:	Çerçeve-Kafes Etkileşimli Çerçeve -17.kata kadar Beton Perde duvar ve Çelik Rijit Çerçeve -17. Ve 29. Katlar arası çelik kafes ve çelik rijit çerçeve -30. Kattan tepeye kadar rijit Çerçeve
Malzeme:	Beton ve Çelik
Kat Planı:	26m x 43 m
Kolonlar	60*60 cm zemin katta
Kolon açıklıkları:	8.50 m



Resim 4.4:Seagram Binası

4.3.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

Seagram Binası'nda çerçeve-kafes etkileşimli çerçeve sistemi tercih edilmiştir. 17.kata kadar beton perde duvar ve çelik rijit çerçeve, 17. ve 29. katlar arası çelik kafes ve çelik rijit çerçeve, 30. kattan tepeye kadar rijit çerçeve kullanılmıştır. 38 katlı yapı, çelik çerçeve ile betonarme çekirdeği yatay dayanım sağlamak için birleştirmiştir. Taşıyıcı sistem 8,5 metrelik bir modüle dayanmaktadır. Bu modül yapı bazasında açıkça görünen ve girişi saran kolon diziliminde kendini göstermektedir. Mekanik kat ise görsel bir tamamlayıcı olarak en üst katta ifade edilmektedir. Betonarme çekirdeğin perde duvarları 17.kata kadar çıkmakta, buradan sonra köşegen çekirdek çaprazlamaları 29. Kata kadar uzanmaktadır (Schierle ,185). Severud Associates firmasına göre; yüksek dayanımlı bulonlu bağlantıların kullanıldığı ve rijit çerçeveyi kafesli çerçeveyle birleştiren ilk yapıdır. Aynı zamanda Dikey çaprazlama sistemi kullanan ilk yapılardan biri ve kompozit çelik ve yatay beton çerçeveyi birleştiren ilk yüksek yapıdır (Severud Associates)(Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Seagram Binası Kat planı ve perspektifi (Schierle)

4.3.2 Taşıyıcı sistemin mimari tasarıma etkileri

Seagram Binası Amerikan mimarlığı üzerinde çok büyük bir etkisi olan Uluslararası Üslup' ta tasarlanmıştır. Stilin en önemli özelliklerinde biri yapı taşıyıcı sisteminin dışta açıkça ifade edilmesi veya eklemelenmesi gereğidir. Mies'e göre bir yapının taşıyıcı sistemi görülmelidir. Seagram Binası' da çelik çerçeve ve ona asılan strüktürel olmayan cam duvarlardan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Mies tüm çelik çerçevenin görünür olmasını tercih emiş olmasına rağmen; Amerikan yapı kodları tüm yapısal çeliğin yangın dayanımlı bir malzeme ile kaplanmasını; genellikle de beton ile zorunlu kılmaktadır. Böylece doğru bir şekilde korunmuş olan çelik kolon ve kirişler yangın sırasında eğilmeyecek ve yıkılmayacaktır (Hool ve Johnson ,338). Ancak bu koruma sistemi beton yapı strüktürünü saklamış olup bu da Mies'in başından beri kaçındığı önemli bir tasarım kararıdır. Bu yüzden Mies strüktürel olmayan bronz rengi I profilli kirişleri kullanarak taşıyıcı sistemi ifade etmiştir. Bunlar yapının dışından görünmektedir ve dikeyde profil gibi devam ederek geniş cam pencereleri sarmaktadır. Yapının taşıyıcı sistemini göstermeye/gizlemeye yönelik bu çalışmalar tasarım kaygılarından dolayı olup; taşıyıcı sistem görünürlüğüne yönlendirmiştir. Yapı bu yönlendirmeler sayesinde doğru ifadeyi bulmuş ve Uluslararası Üslub'un önemli simge yapılarından bir haline gelmiştir.

4.4 Absolute World Towers (Marilyn Monroe Towers)

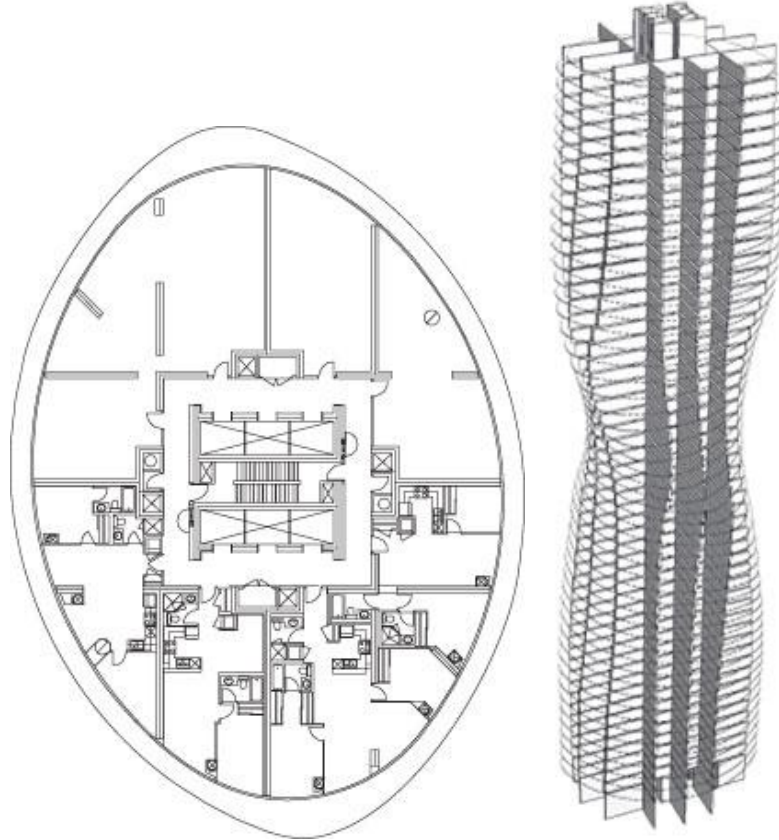
Yer:	Mississauga, Ontario , Kanada
Bitiş Tarihi:	2012
Kat Sayısı:	50-Zemin üstü 6-Zemin altı
Yükseklik:	157.9 m-170 m
İşlevi:	Konut
Mimar:	MAD & Burka Architects
Strüktür Tasarım:	Sigmund Soudack & Associates Inc.
Taşıyıcı Sistem:	Perde Duvarlı Çerçeve Sistem : Perde Duvarlar ve kolonlar
Malzeme:	Beton
Temel	Yük Taşıyan Temel Duvarları
Duvarlar:	200 mm lik perde duvarlar



Resim 4.5: Absolute World Towers

4.4.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

Absolute World Towers tasarımı taşıyıcı sistem olarak perde duvarlı çerçeve sistem tercih edilmiştir. Kulenin burgulu formu son derece basit ve ekonomik bir yöntemle çözülmüştür. Sigmund Soudack hibrid beton kolonlar ve beton perde duvarlar ile 200mm'lik tek yönlü betonarme plak döşeme kullanmıştır. 2 konut işlevli kule beton perde duvar ızgaraları ile desteklenmiştir (Şekil 4.8). Balkonlar beton konsol plak döşemelerden oluşmakta iken, perde duvarlar katların dönmesi ile değişen kesite uyum sağlamak için uzamakta ve kısalmaktadır. Kenar profillerinin mümkün olduğu kadar ince tutmak için dış cephe kaplamasında döşemelerde ısı yalıtımlı profil kullanılmıştır. Böylece yalıtımın tüm döşemeyi sarmasına gerek kalmamıştır. Aynı zamanda kulelerin dinamik akışkan formu doğal olarak aerodinamik olduğundan, rüzgâr yüklerine uyum sağlamıştır ve tüm balkonlar boyunca rahatlığı sağlamıştır. Ayrıca; görsellik dışında balkonlar dik yaz güneşinden içeriye gölgelendirirken; kış güneşinin ışınlarının içeriye girmesine izin vermektedir. Böylece; havalandırma maliyetlerinde azalmaya sebep olmuştur. Kulenin zemininde oldukça fazla bir güçlendirme ve donatı yoğunluğu tercih edilmiştir. Kendi kendine yerleşen beton kullanımı; yapının farklı yapısından dolayı tercih edilmiştir. Kolonların donatıları ön üretilmiş olarak yapılmış ve sahada montajı yapılmıştır. (Lagendjik)



Şekil 4.8: Absolute Towers Kat planı ve Strüktürel perspektifi

4.4.2 Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:

2006 yılında özel bir girişim tarafından açılan mimari yarışmada; Mississauga'ya sembol bir yapı topluluğu tasarlanması istenmiştir. 600'den fazla başvurunun ve 92 adet teslimin olduğu yarışma sonucu 6 finalist belirlenmiş ve bu altı finalistten 50 katın üstünde ikonik bir kule tasarlanması istenmiştir. Sonuç tasarımlar için kentte bir halk oylaması düzenlenmiş ve yapılacak yapıya karar verilmiştir. Böyle bir süreç sonunda ortaya çıkan MAD mimarlık bürosunun tasarımı aynı zamanda Çin merkezli bir ofisin ilk uluslararası yüksek yapısı olmuştur (MAYS ,1). Yapının halka tanıtımından sonra, "Marilyn Monroe" lakabı verilmiş ve bu lakap kısa sürede kaynaklardaki yerini almıştır.

Projenin tamamı 5 kulelik bir kentsel planlama alanını içermektedir. Toplamda 158.000 m²'lik, 1850 konuta, 3 katlı 3252 m²'lik eğlence ve ticari alana sahiptir.

Yapı mimarının; her bir konut sahibinin şehre dair farklı ve eşsiz deneyime sahip olmasını istemesi; her biri farklı izleme açısına sahip yapı cephesi boyunca devam eden balkonları olan 2 adet kule tasarımını ortaya çıkarmıştır. Yapının formu bakan kişinin kaçış noktasına bağlı olarak şehrin her yerinde farklı olmaktadır. Bu da sürekli devinim halinde bir yapı olduğu yanılsamasını yaratmaktadır. Tasarım geleneksel gökdelen tasarımlarında olan dikeyi vurgulamak yerine sürekliliği olan ve yapıyı her katta saran balkonlar ile dikeylikten kaçmıştır. Ayrıca her birbirini izleyen katta, kat döşemesi 1 ila 8 derece arası dönmekte ve Mississauga silüetinin panoramasını izlemeyi sağlamaktadır (Tablo 4.1).

Kat	Dönme Açısı	Kat	Dönme Açısı	Kat	Dönme Açısı	Kat	Dönme Açısı
Z	-10°	15	15°	29	74°	43	168°
2	-9°	16	18°	30	82°	44	171°
3	-8°	17	21°	31	90°	45	174°
4	-7°	18	24°	32	98°	46	177°
5	-6°	19	27°	33	106°	47	180°
6	-5°	20	30°	34	114°	48	183°
7	-4°	21	33°	35	122°	49	186°
8	-3°	22	36°	36	130°	50	189°

9	-2°	23	39°	37	138°	51	192°
10	0°	24	42°	38	146°	52	194°
11	3°	25	45°	39	154°	53	195°
12	6°	26	50°	40	159°	54	196°
13	9°	27	58°	41	162°	55	197°
14	12°	28	66°	42	165°	56	198°

Tablo 4.1: Absolute Towers Kat Döşemelerinin Dönme Açıları

Dönen bir tasarım her bir katın eşsiz olması demektir. Bunun yaratacağı zorlukları çözmek için tüm disiplinlerin tam bir uyum içinde ortaklaşa çalışmaları gerekmektedir. Ayrıca; başlangıçta her bir katın birbirinden farklı olmasının satışta da sorun yaratabileceği düşünülmüştü. Ancak gerek yarışma ile yaratılan ilgi gerekse halk oylaması yapılması, konutların birkaç gün içinde satılmasını sağlamıştır. Bu sonuç tasarımın pazarda son derece önemli olduğunu ve iyi ve eşsiz bir tasarımın yüksek fiyatlı ve üst sınıf (premium) satış yapabileceğini göstermekle kalmamış, Mimar Ma Yansong'dan ikinci bir kule daha tasarlaması istenmesine sebep olmuştur. (Legendjik)



Resim 4.6: Absolute Towers Döşeme Perspektifleri

Ma Yansong ikinci kulenin de ihtişamlı ancak birincisinin kopyası olmamasına karar vermiştir. İkinci binanın tasarımında da dönen katlar tasarımı kullanılmış, ancak farklı açılar ile dönmesi sağlanarak farklı fakat ilişkili bir tasarım olması amaçlanmıştır. Şekil 4.9 İlk kule zemin kattan başlayarak 1° ile 8°lik açılar arasında dönüş yapan kat döşemelerinin toplam dönüş açısı 209°dir. Yapının dikey merkez kesiti 8°lik

İki kule birbirine benzemesine rağmen çok farklıdır. Farklı dönüş açılarına ek olarak farklı cephe düzenlemelerine sahiptir. İlk kule daha şeffafken, ikinci kule daha opaktır. Bu, iki kuleyi birbirinde ayırmakta ve birbiriyle etkileşim halinde gibi göstermektedir.

80

4.5 Burj Khalifa (Burj Dubai)

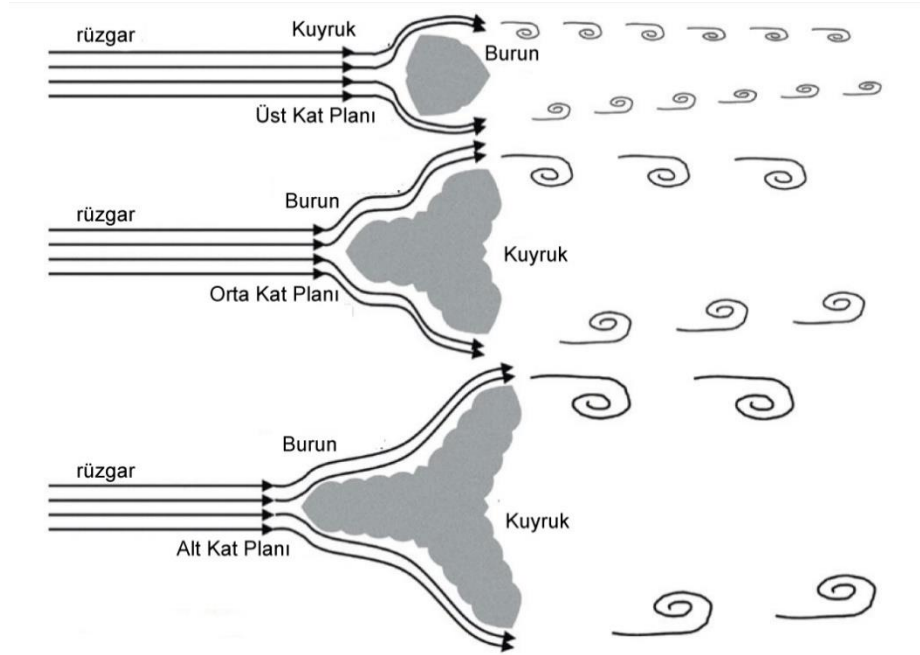
Yer:	Dubai, BAE
Bitiş Tarihi:	2010
Kat Sayısı:	163-Zemin üstü 1-Zemin altı
Yükseklik:	828 m
İşlevi:	Ofis, Konut, Otel
Mimar:	Skidmore Owings & Merrill Hyder Consulting
Strüktür Tasarım:	Skidmore Owings & Merrill (SOM)
Taşıyıcı Sistem:	Çekirdek ve Yatay Perdeli Çerçeve Sistem (Payandalı-çekirdek sistem)
Malzeme:	Beton, Çelik
Çevre Kolon :	600 mm
Çekirdek:	Duvar kalınlıkları 500 mm 'den 1300 mm ye kadar değişken
Kiriş:	800 mm'den 1100 mm'ye kadar değişken
Temel:	3.7 m kazıklı radye temel 194 tane yerinde dökme kazık, 1,5 m çapında ve 4,3 m uzunluğunda



Resim 4.7: Burj Khalifa Binası

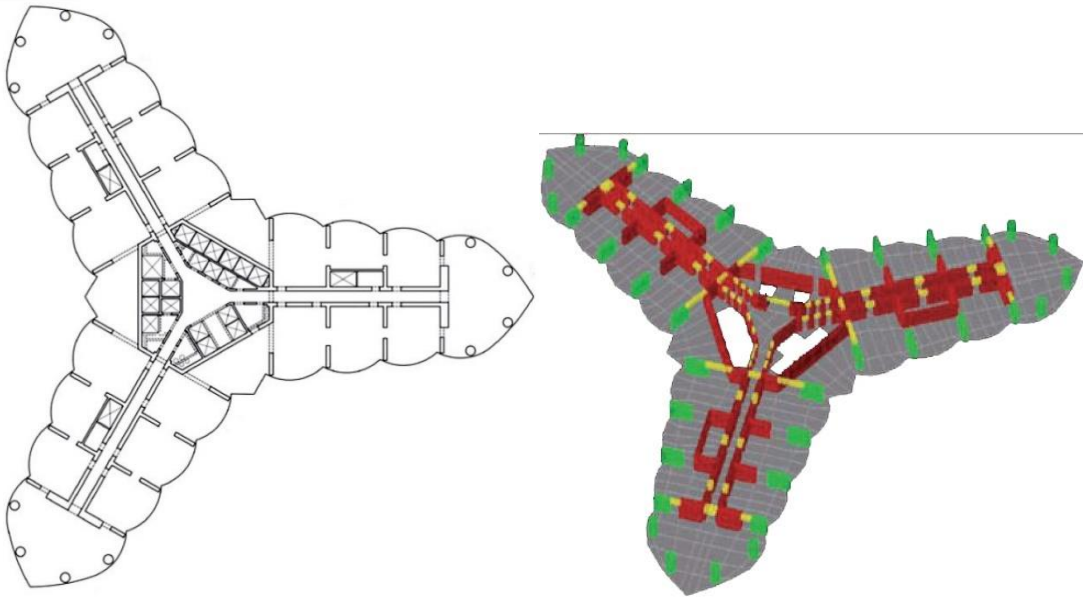
4.5.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

Burj Khalifa binası tasarımında taşıyıcı sistem olarak çekirdek ve yatay perdeli çerçeve sistem tercih edilmiştir. Tasarımcılar strüktürel beton Burj Khalifa binasını Y Şeklinde bir plan formunda, kuleyi etkileyecek rüzgâr etkisini azaltacak ve aynı zamanda hızlı ve basit inşa edilebilir olacak şekilde tasarlamışlardır. Her bir kanat; yüksek performanslı beton koridor duvarları ve çevre kolonları içermektedir. Bir kanat diğerlerini altı kenarlı merkez çekirdek (altıgen göbek) vasıtasıyla desteklemektedir. Sonuçta kule yatayda ve dikeyde son derece rijit olmuştur. Her bir kat yapının üstüne doğru spiral düzeninde geri çekilmektedir. Geri çekilmeler kulenin ızgara yapı içinde düzenlenmiştir. Böylece basamaklama kolonların düzgün bir yük taşıma yolu izlemesi sağlanmıştır. Bu geri çekilmeler her bir geri çekilmede kulenin enini değiştirecek şekilde tasarlanmıştır. Bu çekilmenin ve şekillendirmenin sebebi “ rüzgârın kafasını karıştırmaktır”. Rüzgâr vorteksleri, her bir katta yapı formu değiştiği için oluşmamaktadır (Baker, Korista ve Novak ,361)(Şekil 4.10).



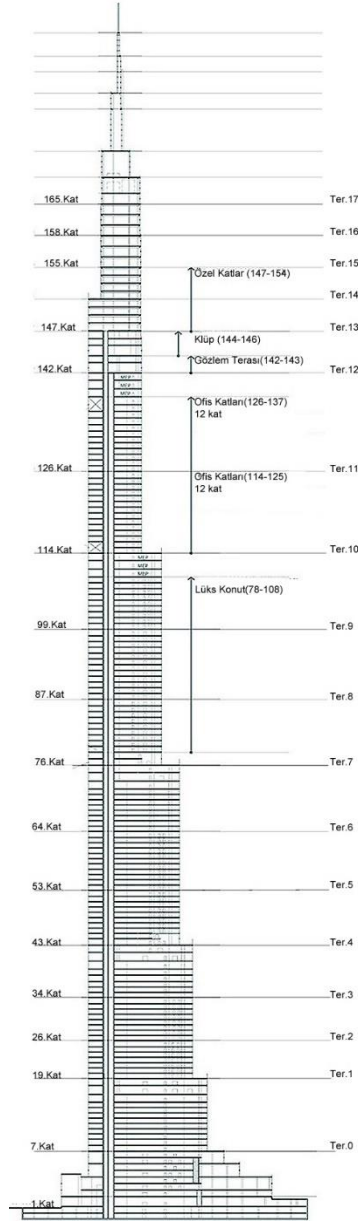
Şekil 4.10: Kulenin Rüzgâr Davranışı (Baker, Korista ve Novak)

Merkez altıgen beton çekirdek duvarları bir kapalı tüpün ya da şaftın göstereceğine benzer burulma direncini sağlamaktadır. Merkez altıgen duvarlar, kirişlerin flanşları ve ağırları gibi davranan, rüzgâr kesme kuvvetlerine karşı direnç gösteren, kanat duvarları ve çekiç başı duvarlar (hammerhead) ile desteklenmiştir. Mekanik katlardaki yatay perdeler, kolonların strüktürün yatay yük dayanımına katılmasını sağlamaktadır. Böylece tüm dikey beton elemanlar hem yatayda hem de dikeydeki yüklere karşı dayanım gösterecek şekilde düzenlenmiştir. (Baker, Korista ve Novak ,363)



Şekil 4.11:Tipik kat planı (Baker, Korista ve Novak)

Duvar kalınlıkları ve kolon büyüklükleri strüktürü oluşturan bağımsız elemanların büzülme ve sünme etkilerini azaltacak şekilde dikkatlice tasarlanmıştır. Çevre kolonlar ile iç duvarlar arasında, sünme yüzünden farklı kolon kısalmasının etkilerini azaltmak için çevre kolonları; bu kolonların kendi ağırlığındaki yerçekimi gerilmesi iç koridor duvarlarındaki gerilmeye eşit olacak şekilde boyutlandırılmıştır. 5 set yatay perde yapının içinde dağılmış, tüm dikey yük taşıyan elemanları birbirine bağlamaktadır. Dahası homojen yerçekimi yük gerilmesi sağlayarak; farklı sünme hareketlerini azaltmıştır. Betondaki büzülme kolonlarda ya da ince duvarlarda daha hızlı oluşacağı için, kolonların ve duvarların beton sünmesine bağlı olarak genelde aynı oranda kısalmasını sağlamak için, çevre kolonların 600mm'lik boyutu tipik koridor duvar kalınlığına eşleştirilmiştir (aynı yüzey-hacim oranları)(Şekil 4.11)(Weistmantle, Smith ve Sheriff ,340).



Şekil 4.12: Burj Khalifa Kesiti

Kulenin en üst kısmı, çaprazlama yatay sistemine sahip strüktürel çelik bir kule ucu içermektedir. Strüktürel çelik kule ucu yerçekimi, rüzgâr, sismik ve yorulmaya göre yapı kodlarına uygun olacak şekilde tasarlanmıştır (Weistmantle, Smith ve Sheriff ,350)(Şekil 4.12).

4.5.2 Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:

SOM tarafından yapılan tasarımın ilk çıkış noktası çölde yetişen bir çiçek olan Örümcek Zambağı (Hymenocallis) dır. Çiçeğin 3 akslı yapısı ve spiral büyüme biçimi kulenin formunda ve ifadesinde kendini bulmuştur. Ayrıca, geleneksel İslami formlar ve iç içe geçmiş geometriler tasarımı zenginleştirmek için kullanılmıştır (Resim 4.8).



Resim 4.8: Örümcek Zambağı ve Burj Khalifa Vaziyet Planı

Çöl çiçeğinin getirisi olan üç akslı Y-şekilli plan pek çok açıdan yarar sağlar. İlk olarak en uygun plan genişliği-çevre oranı ve komşu daireye bakmadan dışarıya çok geniş görüş sağlaması ile konut birimleri için uygun bir düzenleme sağlamaktadır. İkinci olarak, şeklin kendisi “payandalı” çekirdek taşıyıcı sistem için son derece uygun bir formdur. Dahası kulenin her bir kanadın bir katındaki geri çekilme ve her bir basamakta yüksekliğin değişmesi; kulenin gökyüzüne uzanırken artan bir ivmeyle büyüdüğü izlenimini oluşturmakta ve yüksekliğini vurgulamakta iken aynı zamanda kuleye etkiyen rüzgar yüklerini azaltmaktadır. Kule yükseldikçe oluşan plan çeşitliği “rüzgarın kafasını karıştırmaktadır”. Bu yüzden rüzgâr vorteksleri asla düzenli olmamaktadır (Durie ,73).

Kulenin geometrisi geliştikçe ve mimari olarak yalınlaştıkça, pek çok defa kuvvet denge testleri yenilendi. 3 kanat, A kanat geri çekilmesinden başlayarak saat yönü dizisinde geri çekildi. Her bir tur rüzgâr tüneli testinden sonra, veriler analiz edildi ve yapı rüzgar etkisi en aza indirilecek ve müşterinin isteklerini düzenleyecek şekilde tekrar biçimlendirildi. Genel olarak, kanatların şekli değiştikçe geri çekilmelerin de sayısı ve aralıkları değişti. Bu süreç, kuleyi etkileyen rüzgâr kuvvetlerinde önemli bir azalma olana kadar devam etti (Weistmantle, Smith ve Sheriff ,336).

Burj Khalifa insan tarafından inşa edilen en yüksek yapıdır. Kulenin kendisi yüksek yapı teknolojisinde büyük adımlar gerektirmiştir. Yerçekimi yük analizi, aerodinamik şekillendirme ve rüzgâr mühendisliği projenin tasarlanmasında ve mimari kütlenin şekillenmesinde oldukça önemli bir rol oynamıştır. Yapı ilk anons edildiğinden

itibaren, sorunlar çözüldükçe ve strüktür için yeni yaklaşımlar geliştirilmesi gerektiğinde projede çalışan herkesin ortak bir ürünü haline gelmiştir.

4.6 Aon Center (Amoca Building-Standart Oil Building)

Yer:	Chicago, Illinois , ABD
Bitiş Tarihi:	1973
Kat Sayısı:	82-Zemin üstü 5-Zemin altı
Yükseklik:	342.26 m
İşlevi:	Ofis ve ticaret
Mimar:	Edward Durell Stone & Associates ve The Perkins and Will Partnership
Strüktür Tasarım:	The Perkins and Will Partnership
Taşıyıcı Sistem:	Çerçeve tüp
Malzeme:	Strüktürel Çelik
Kat Planı:	
Kat Yüksekliği:	3.86 m
Kiriş Açıklığı:	13.7 m
Kiriş Derinliği:	965 mm
Döşeme	140 mm hafif beton plak, 38 mmlik çelik tabliye üstünde
Kolonlar	Katlanmış Plaka
Kolon Aralıkları	Akstan 3.05 m
Temel:	Beton kesonlar çap:1,5 -3,8 metre arası,24 metre uzunluğunda

4.6.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

Bu yapıya basit ve etkili bir sistem olarak; net bir konsol davranışında olan, çerçeve tüp sistemi uygulanmıştır. Tüp sistem; V-şeklinde çelik profil kolonlar ve 3 kata gömülü prefabrike derin kanal-şekilli e bükümlü profilli çevre kirişleri (spandrel beam) içermektedir. Bu şekilde çevrede 3 metre akslı 64 adet kolon ve köşeleri tutan masif çelik plaka duvarlar bulunmaktadır. Kolonların serbest iç kenarları ağır köşebent kesitlerle rijitleştirilmiştir. Basit güçlendirilmiş bulonlu bağlantılar içeren çevre kirişleri ile kolon bağlantı yerlerinin birleşimleri alt kotlarda kaynaklanmış; üst kotlarda bulonlanmış ya da kaynaklanmıştır.



Resim 4.9: Aon Center

Döşemeler genellikle 13.7 metrelik 3 metre akslı kafes kirişlerle desteklenmiştir. Ardışık katlardaki kafes kirişler duvar düzleminde etkili bir şekilde konsentrik (eş-merkezli) yük oluşturmak için kolonun farklı yüzlerine bağlanmıştır. Yapının köşelerinde dar açıklıklı diyagonal ana kirişler ve bağlantılı kirişler geniş flanş kesitlidir. 4000 adet özdeş kafes kiriş ve köşe kirişi seri üretilmiştir.

İnce çelik plakadan oluşturulmuş çelik çerçevenin cepheye yayılmasıyla ve mimari olarak kabul edilmesiyle ve geometrik olarak özdeş elemanların en fazla sayıda kullanılmasıyla ekonomiklik sağlanmıştır. Bu düzenleme aynı zamanda dış perde duvar ihtiyacını da ortadan kaldırmıştır.



Şekil 4.13: Kat Planı, Aon Center

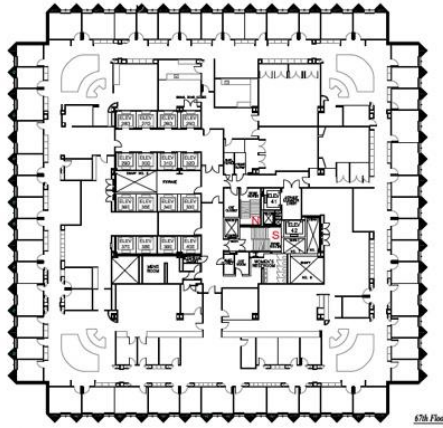


Resim 4.10: Cephe detayı , Aon Center

V kolonların arasında ki boşluk havalandırma şaftları ve çevre alanlar için sıcak vs soğuk su borularının geçmesinde kullanılmıştır. İç mekanlar da ise çekirdekte yer alan dikey şaftlardan faydalanılmıştır (Beedle ve Rice ,202)(Resim 4.10).

4.6.2 Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:

Aon Center Binası için uygulanan çerçeve tüp sistemi ofis yapıları için idealdir. Sadece dış cephede ve çekirdek etrafında kolonların olması özellikle açık ofis ya da serbest kiralanabilirlik için ideal bir plan oluşturur. (Şekil 4.14)



Şekil 4.14: Aon Center Kat planı

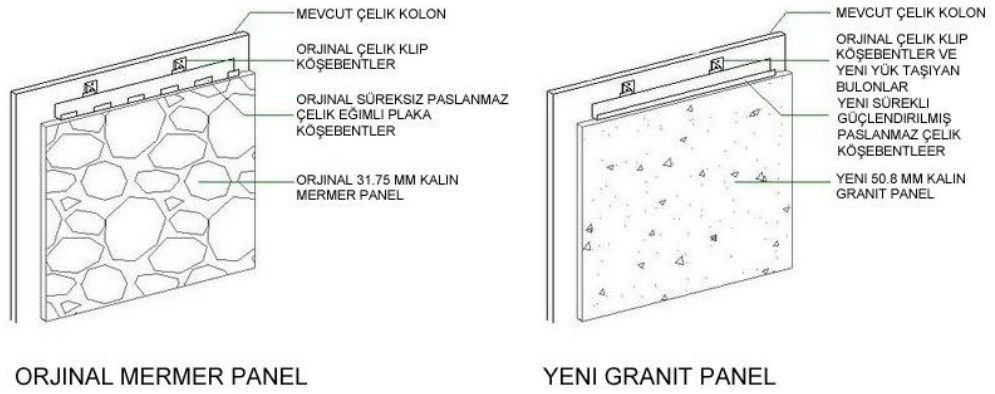
Cephe boyunca uzanan V şeklindeki taşıyıcıların görsel etki ve taşıyıcılık dışında aynı zamanda şaft olarak kullanılması ile yüksek yapılar için önemli sorunlardan biri kolayca çözülmüştür.

Cephede yer alan V profiller yapının dikeyliğini ve narinliğini vurgulayan birer mimari cephe elamanı olarak değer bulmuştur. Net kare formu çerçeve tüp sistem ile saf bir birleşime ulaşmıştır.

Çekirdek etrafında yer alan taşıyıcılar ana sistemi destekler ve bağlar iken; mimari planda çekirdeğin ana mekânlardan temiz bir şekilde ayrılmasını sağlamaktadır.

Yapının 1974 yılında tamamlanmasında sonra mühendisler cephedeki mermer panellerin dışa doğru eğilmeye başladığını fark ettiler. 1988 yılına gelindiğinde 44.000 panelin %30 12.7 mm (0,5”) ‘den fazla, hatta bazıları 38.1 mm (1,5”) kadar eğilmişti. Eğilmenin yanı sıra birkaç tane panel çelik çerçeveden ayrılmış, bir tanesi yakın bir binanın çatısından içeri uçmuştu.

İnceleme kulenin tüm cephelerinde geniş çatlaklar ve dışarı doğru eğilmeler olduğunu ortaya koydu. 31,75 mm (1,25”) kalınlığındaki panellerin Chicago’nun kötü şöhretli havası için çok ince olduğu sonucuna varıldı. Dalgalı bir seyir gösteren sıcaklık değerleri, genişlemesine ve kalıcı olarak sarpmaya uğramasına sebep olarak mermer panellerin dayanıklılığında önemli azalmalar yapıyordu. Montaj sisteminin cephenin yenilenmesi sırasında değiştirilmesi sebebiyle suçu olmadığına karar verildi.



Şekil 4.15: Eski ve yenilenen paneller (Parfitt)

Kaplamanın ana güvenlik ve estetik konuları binanın orijinal maliyetinin yaklaşık yarısı kadar olan 80 milyon dolarlık bir yenilemeyle sonuçlandı. Problemlı mermer paneller bugün halen yapının cephesinde olan granit panellerle değiştirildi (Şekil 4.15) (Parfitt).

4.7 John Hancock Binası

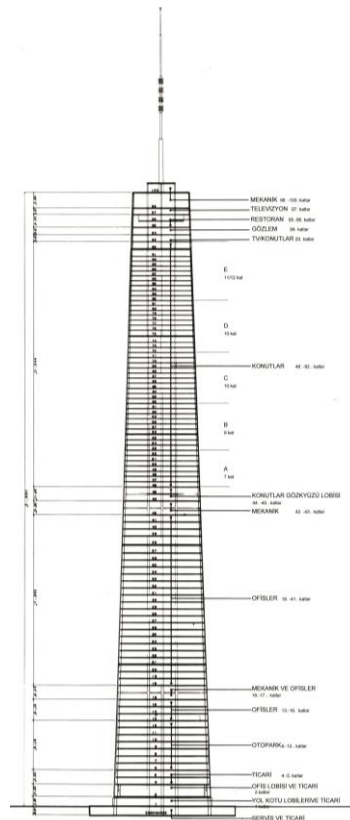
Yer:	Chicago, Illinois , ABD
Bitiş Tarihi:	1969
Kat Sayısı:	100-Zemin üstü 2-Zemin altı
Yükseklik:	344 m (en yüksek noktası: 456 m)
İşlevi:	Konut –ofis-ticaret
Mimar:	Skidmore Owings and Merrill
Strüktür Tasarım:	Skidmore Owings and Merrill-Fazlur Khan
Taşıyıcı Sistem:	Kafes tüp
Malzeme:	Strüktürel Çelik
Kat Planı:	
Kat Yüksekliği:	3.81 m-Ofislerde 2.82 m-Konutlarda
Kiriş Açıklığı:	15.2 m-Ofislerde 13.7 m-Konutlarda
Kiriş Derinliği:	610 mm
Döşeme	127 mm metal tabliye üstüne beton
Kolonlar	965 x 965 mm - Zemin katta
Kolon Aralıkları	12.2 m
Temel:	2.4 m kayaya gömülü kesonlar



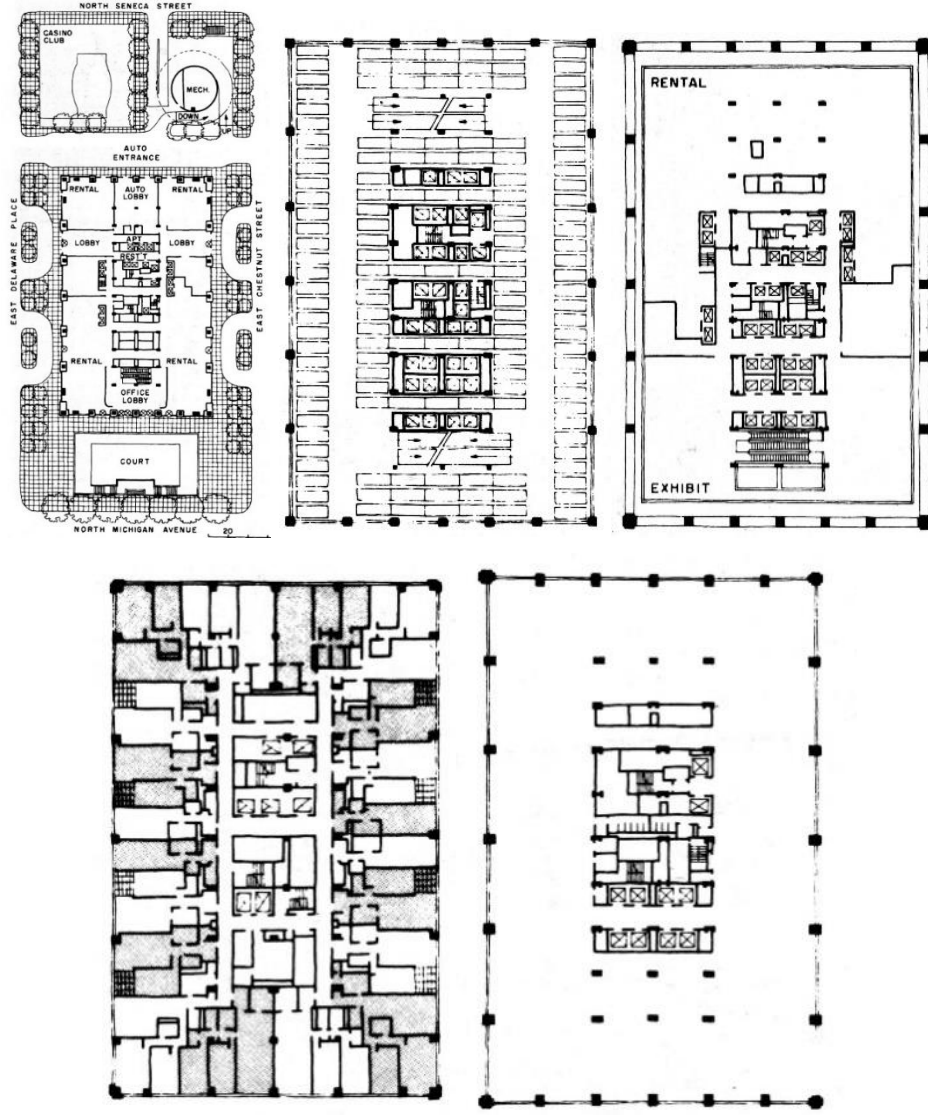
Resim 4.11:John Hancock Binası

4.7.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

John Hancock binası tasarımında taşıyıcı sistem olarak kafes tüp sistem kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem, hepsi bir arada çerçeve tüpü oluşturan ve beraber hareket eden kolonlar çevre kirişleri (spanderel), çaprazlamalar içermektedir. Çaprazlamalar yapıya oldukça rijit bir geometrik disiplin dayatmıştır. Her bir yüzdeki çaprazlamalar; köşelerde ortak bir noktada birleşmek zorundadır. Böylece ağ kenar çaprazlamalarındaki eksenel yük gibi taşınan rüzgâr kesme kuvveti; çaprazlamaların flanş kenarlarına aktarılabilir. X çaprazlamaları yüzeyden yüzeye devamlıdır ve kolonlara bağlantılıdır böylece çaprazlamalardan kolonlara ya da tam tersi olan yük aktarımına izin verir. Kirişlerin; çaprazlamaların köşe kolonlarla kesiştiği katlarda kullanılması sayesinde; çaprazlamaların (çapraz kiriş-diyagonal) yükü kolonların arasında tekrar dağıtması mümkün olmaktadır. Çaprazlamalardaki yerçekimi yükü; onların daima rüzgâra karşı basınç altında olmasına sebep olmakta, bu da son derece basit bağlantılara ihtiyaç duyulmasını sağlamaktadır (Şekil 4.16, Şekil 4.18). Yerçekimi yükünün yeniden dağıtımı her bir yüzdeki kolonların eşit büyüklükte olmasını da sağlamaktadır (Beedle ve Rice ,270).



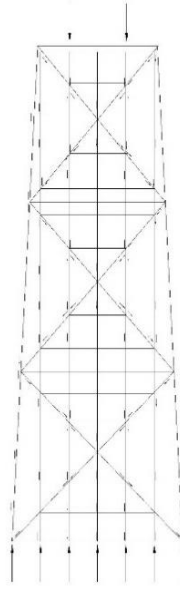
Şekil 4.16: John Hancock Binası Kesiti



Şekil 4.17: John Hancock Center kat planları

Tüpün tipik bir kat planı; (Şekil 4.17) kolonları, çaprazlamaları, çevre kirişlerini içeren birincil bir taşıyıcı sistem ve diğer katlardaki çevre kirişlerini içeren ikincil bir taşıyıcı sistem içermektedir. Birincil taşıyıcı sistem devamlılık gerektirmekte ve eksenel yükleri aktarmaktadır. Yatay yüklerin %80'i konsol davranışıyla %20'si çerçeve davranışıyla karşılanmaktadır. Bu yüzden; çaprazlamalar flanş yüzey boyunca neredeyse eş kolon yük dağılımı sağlamakta ve çok az kesme kuvveti oluşmaktadır. (Şekil 4.18)

Zeminler çelik kirişlerden ve yarı hafif tabliyeden oluşan kompozit sistemlerdir. Konut katlarında kirişler bölmelerle denk gelecek şekilde ayarlanmış olup, döşemenin altı sıvalanıp boyanarak tavan olarak kullanılmıştır. Dış cephenin çaprazlama modülü 3 tipik ofis katı ve eşleniği 4 tipik ofis katı yüksekliğini sağlamıştır (Iyengar ,50).



Şekil 4.18: Yerçekimi yüklerinin dağılımı

4.7.2 Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:

John Hancock Binası 100 katlı karışık kullanıma sahip bir yapıdır. Yapı zemin kattan itibaren yaklaşık çekirdeklerden cephe camlarına 18,3 metrelik temiz açıklığı ile 48,8 e 79,2 metreden; 30,5 'e 48,8 lik çatıya ve 9,15 metrelik açıklığa doğru daralmaktadır.

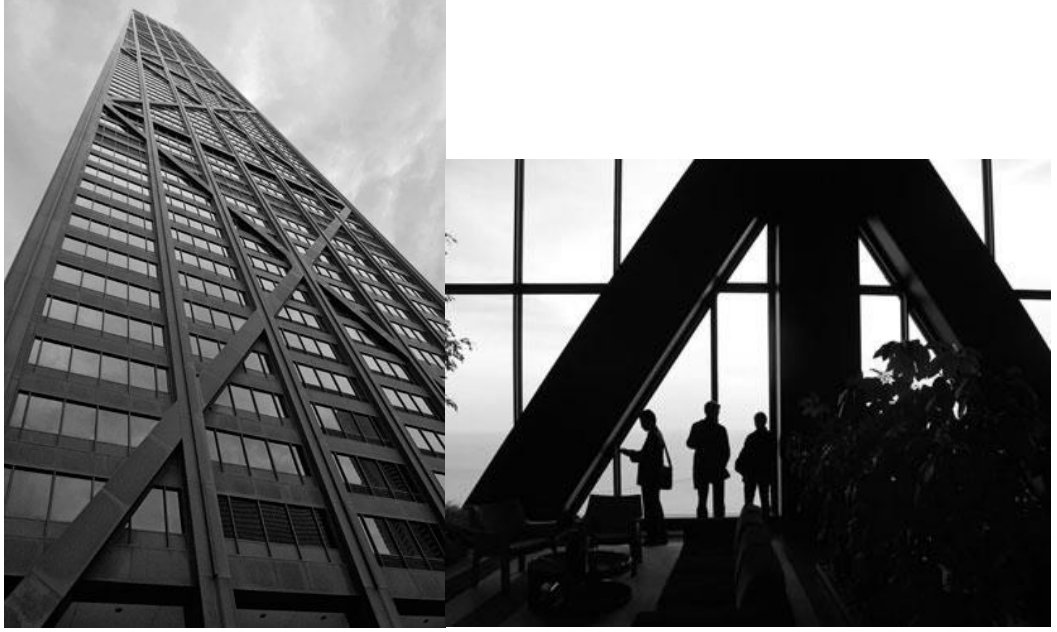
John Hancock Center ile ilgili ilk taslaklar biri ticari diğeri konut olmak üzere tüm arsayı kaplayan ikiz kuleler olarak öngörülmüştü. Ancak; çevresel endişeler zemin kattaki caddelerden ve plazalar alanından geri çekilmeler yaparak tek yapıya doğru projeyi değiştirmiştir.

Konut işlevi ofis işlevine göre manzara ve tüm mekanlara doğal ışık sağlamak için cam cepheden çekirdeğe doğru daha az derinlik gerektirmekte iken, ofis işlevi daha geniş derinliklere yayılmak zorundadır. Bu ihtiyaçların aynı yapıda çözülme zorunluluğunun doğal bir sonucu olarak, kademeli bir yapı olma gerekliliği doğmuştur. Bunun yerine daralan bir yapı tasarlanarak, en geniş makul konut katı 46. Kata yerleştirilerek çatıya doğru, en geniş kiralanabilir alana sahip ofis katı ise zemin kata yerleştirilerek 46. kata doğru yayılmıştır. Yapının daralması ihtiyacın hepsi tamamlanana kadar devam etmiştir. Yapının daralan formu, aynı zamanda rüzgâr yüklerinin de azalmasına yardımcı olmuştur. Aynı zamanda bu form yapının olduğundan daha yüksek görünmesini de sağlamıştır. (Beedle ve Rice ,270)(Resim 4.12).

Yapı işlevleri alanda mümkün olan en az taşıyıcıyı gerektirmektedir. Bu sebeple en uygun formlardan biri olan çerçeve tüp sistem seçilerek; yapı formunun daralması ile

beraber, sürekli yük aktarımını sağlayacak bir sistemle birleştirilmiştir. Yapı; tasarım sürecinin başından sonuna kadar strüktürel mühendis Fazlur Khan ile baş mimar Bruce Graham tarafından beraber tasarlanmıştır.

Yapı cephesindeki taşıyıcıların net bir biçimde okunması bu yapıyı dışavurumcu (ekspresyonist) stilin öncülerinden biri haline getirmiştir. Cephede mekanik katlarda cam yerine çelik plaka kaplamalar kullanılarak, mekanik katlar yansımalarını cephede de bulmuştur. Cephe camlarındaki profillerin aralıkları arkasındaki mekâna göre değişiklik göstermektedir. Konut katlarında daha az aralıklıdır (Sev ,28).



Resim 4.12: John Hancock Cephe tasarımı ve Taşıyıcıların iç mekandan görünümü

4.8 Rialto Towers (The Rialto)

Yer:	Melbourne , Avustralya
Bitiş Tarihi:	1986
Kat Sayısı:	63-Zemin üstü 3-Zemin altı
Yükseklik:	247 m (en yüksek noktası: 270 m)
İşlevi:	Ofis
Mimar:	Gerard de Preu and Partners Perrott Lyon Mathieson
Strüktür Tasarım:	Meinhardt Australia Pty. Ltd.
Taşıyıcı Sistem:	Demet Tüp
Malzeme:	Beton
Kat Planı:	
Kat Yüksekliği:	3.9 m
Kiriş Açıklığı:	10.5 m
Kiriş Derinliği:	500 mm
Döşeme	120 mm hafif beton
Kolonlar	1.2 m altıgen - Zemin katta
Kolon Aralıkları	5 m
Temel:	1500 -1800 mm lik çapta kesonlar 18 m uzunluğunda – kayaya gömülü

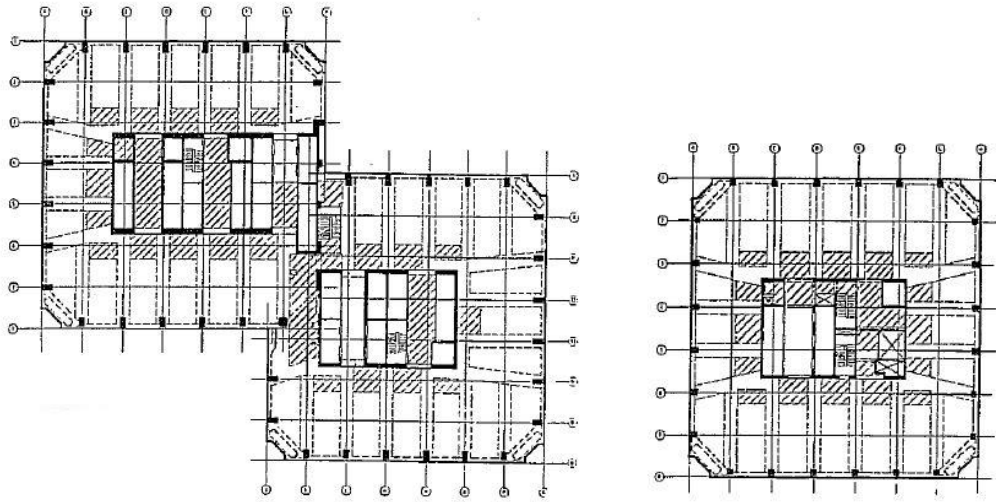


Resim 4.13: Riato Towers

4.8.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

Rialto Towers için pek çok taşıyıcı sistem ve malzeme türü analiz edilmiştir ve yapım hızının birincil etki olması ve güçlendirme detayları açısından betonarme demet tüp taşıyıcı sistem olarak inşa edilmesine karar verilmiştir.

Kolonlar ve kirişlerden oluşan dış çerçeve, doğrudan ölü yükler ve olası hareketli yükler için tasarlanmasına rağmen, yatay yüklere dayanım gösteren bir çerçeve tüp olarak da davranmaktadır. Plan şeklinin asimetric ve kolonların 5'er metre aralıklı olmasına rağmen, köşelerdeki yük transferi analizi, makul 3 boyutlu hareketi ortaya koymuştur. Son kolonları bağlayan köşe kirişleri bu davranış için gereklidir. Tüp etkisi aynı zamanda; daha fazla ağırlıkla yüklenen kolonların yükünü dağıtmaya da yardımcı olmaktadır (Şekil 4.19)



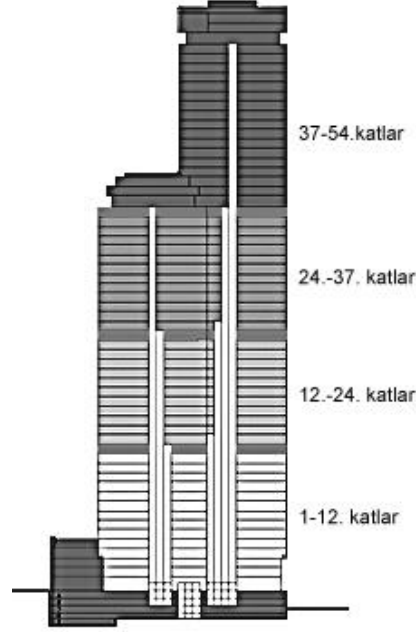
Şekil 4.19: Rialto Towers Çerçeve Kat Planları (Beedle ve Rice)

Servis çekirdekleri taşıyıcı sistemdeki ana elemanlardan olup, önemli bazı etkenlerin merkezindedir. Ana duvarlarda herhangi bir delinmeye ya da boşluğa izin verilmemiştir.

Yapının planlara göre, asimetric olması, yapının dayanım merkezi, özellikle rüzgar kuvvetlerini zaman zaman karşılamamaktadır. Çevre kirişleri ve çekirdek, iki merkezi her katta mümkün olacak kadar birbirine yakın olarak hizalayacak şekilde değiştirilmiştir. Ancak, 24 ve 40 . katların kesitinde yapıya burulma etki etmektedir. Mevcut değişikliklerle bu etki azaltılmış ve en güçlü rüzgar kuvvetinde kulenin tepesinin değişikliği 230 mm 'de sabit tutulabilmektedir.

Yapının beton olarak yapılması; beraberinde sünme ve çekme sorunlarını getirmiştir. Bu büyüklükteki yapıların büyük bir çoğunluğunu beton değil çelik olması sebebiyle sorunlara yeni çözümler üretilmiştir. Yeni bir bilgisayar programı yazılarak; eleman

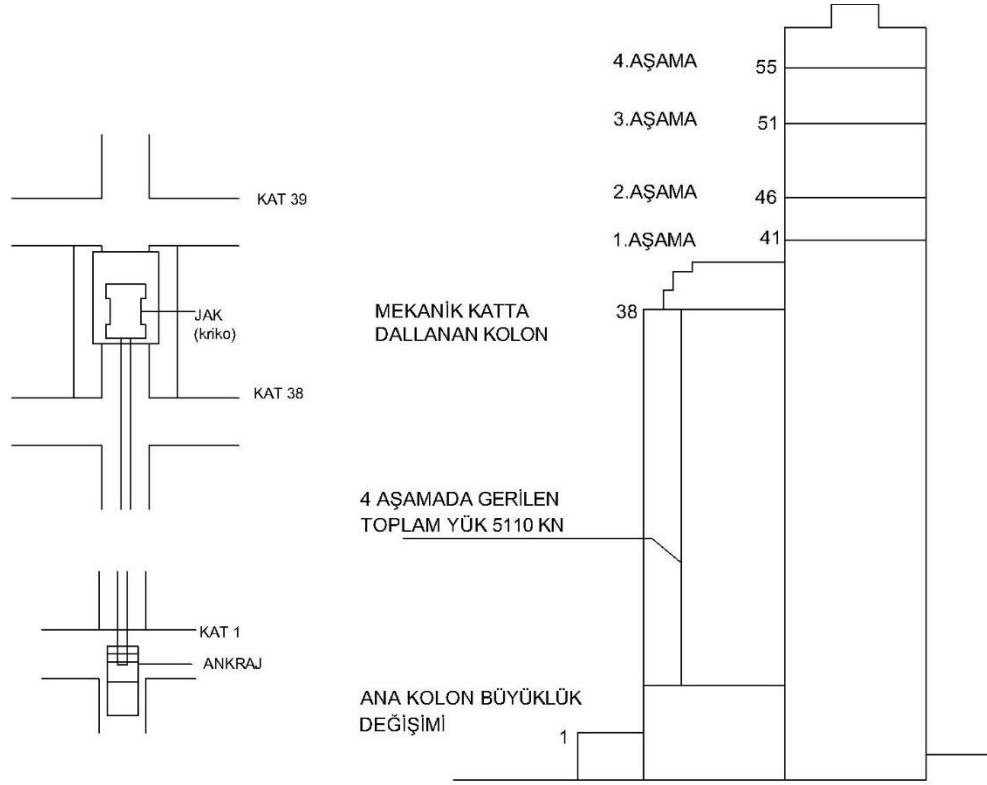
büyüklikleri, beton dayanımı, donatı oranları, yüklemdeki zaman, nem, yükleme şartları ve sünme ve çekme gelişimi gibi bilgiler girilerek hesaplar yapılmıştır.



Şekil 4.20: Riato Towers Kesit

Merkez çekirdek ile çevre kolonları arasındaki uzun dönem ayrımsal kısalma (differential shortening), tipik bir kule binasının en üst noktasında bu elemanlar arasındaki mesafe fazla olduğu için, ihtiyacı karşılamaktadır. Rialto Tower binalarının inşasında sonra beklenen birleşik sünme ve çekme B kulesinde 10 mm ve A kulesinde 12 mm olarak farklı değerleri işaret etmiştir. En düşük açıklık değerleri ise sırasıyla 9.7 metre ve 7 metredir. Bununla birlikte; A ve B kulelerinin birleşik bir strüktür oluşturmasına rağmen, A kulesinin devam eden fazladan 17 katı sebebiyle B kulesinin çatısı olan 41.kattaki yanyana kolonların arasında 38 mmlik bir ayrımsal kısalma değeri ortaya çıkmıştır. Bu kolonlar arasındaki mesafe sadece 4 m olmasına rağmen, bu tarz bir yapı sisteminde göz ardı edilecek bir değer değildir. Kuleleri birleştirmek mümkün değildir. Bunun yanında, bir “kemerin” yapılması mimari olarak ve aynı zamanda uzun dönemde A kulesinin eğilmesine izin vereceğinden mümkün değildir.

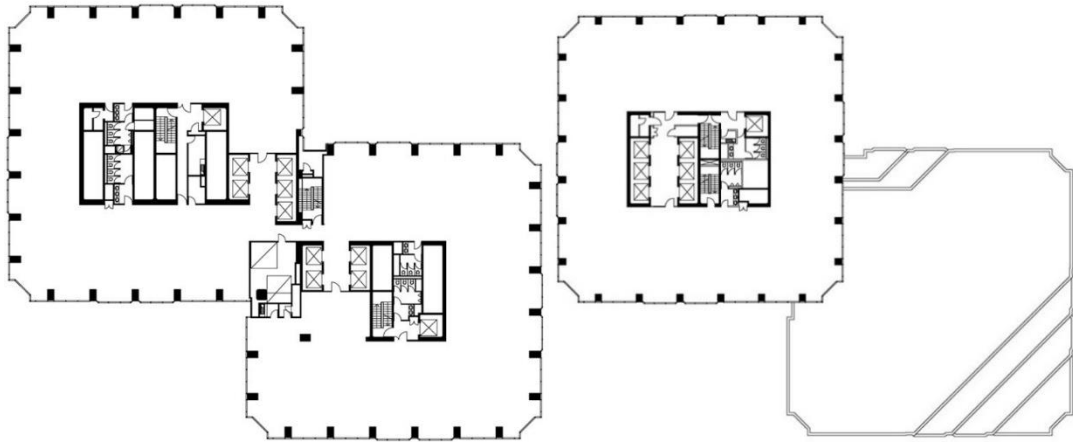
Bu sorunlara çözüm olarak mühendisler taşıyıcı sistemi “kandırma” yoluna gitmişlerdir. B kulesinin taşıyıcılarını 17 kat daha yüksek olduğuna inandırarak sorunu çözmüşlerdir. 1.kattan 38.kata kadar ön gerilmeli kablolar sağlanarak; A kulesinin inşaatı bitine kadar taşıyıcılara basınç vermişlerdir. 38 katın altındaki tüm kolonlar, aynı zamanda aynı yüke maruz kalmıştır ve bu sayede elastik ve elastik olmayan kısalma değerleri görece olarak yapı ömrü boyunca düzenli olacaktır (Beedle ve Rice ,289).



Şekil 4.21: Rialto Building Gerilme Şeması

4.8.2 Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:

Rialto binası güney yarımkürenin en yüksek beton binalarından biridir. Biri 43 katlı öbürü 61 katlı olan bağlantılı iki kuleden oluşmaktadır. Cephesi tamamen camdan oluşmakta ve gün içinde ışığın açısına göre renk değiştirmektedir. Avustralya'nın simge yapılarından biri olan bina; adını yanında bulunan tarihi Rialto binasından almıştır.



Şekil 4.22: Railto Tower Kat Planları

İki adet birbirine geçmiş kat planı olarak tasarlanan yapı bu formundan dolayı taşıyıcı sistem olarak mühendisleri oldukça zorlamıştır. Merkezlerinin kaymış olması ve mimari olarak değiştirilmesinin tercih edilmemesi yapıyı çözümü zor ve zaman alan bir sürece itmiştir.

4.9 30 St Mary Axe (Swiss Re Building-The Gherkin)

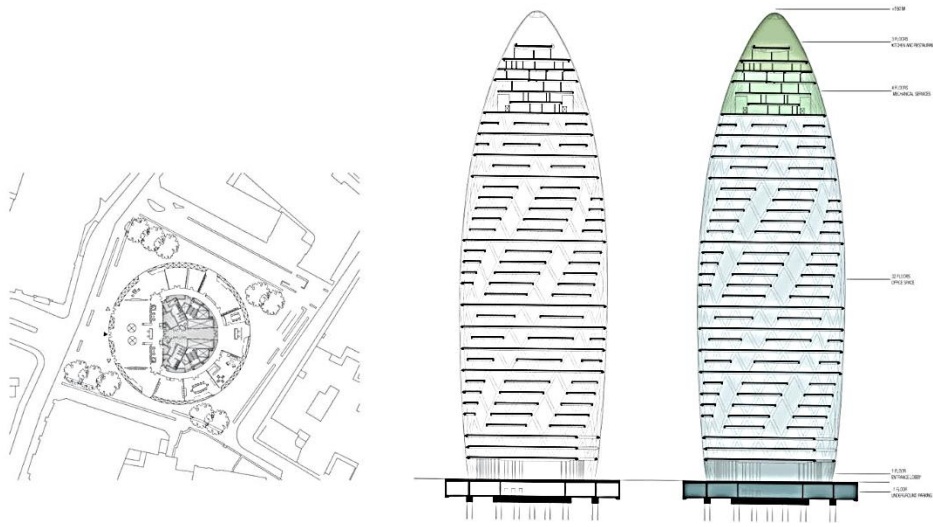
Yer:	Londra, İngiltere
Bitiş Tarihi:	2004
Kat Sayısı:	40-Zemin üstü 1-Zemin altı
Yükseklik:	179.8 m
İşlevi:	Ofis
Mimar:	Foster+Partners
Strüktür Tasarım:	Ove Arup & Partners
Taşıyıcı Sistem:	Diagrid Sistem
Malzeme:	Çelik
Kat Planı:	50 m çap-Zeminde 57 m çap-En geniş kat 25 m çap-En yüksek kat
Kat Yüksekliği:	2.75 m
Döşeme	160 mm kompozit
Kolonlar	508 mm - Zemin katta 273 mm- 36-38 .katlarda
Temel:	333 adet 750 mm çapında kazıklar



Resim 4.14: 30 St Mary Axe

4.9.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

30 St Mary Axe binası tasarımında taşıyıcı sistem olarak diagrid sistem tercih edilmiştir. İnşa sürecini basitleştirmek için, Arup karmaşık diagrid çerçeveyi birbirine bağlamak amacıyla 360 °lik çelik düğüm noktaları tasarlamıştır. Düğüm noktaları birbirlerine farklı açılarda kaynaklanmış 3 çelik plaka içermektedir. Bağlantılar diagridin kolay ve maliyet-etkin inşasına yardımcı olmuştur. Bu düğüm noktaları fabrikadan ön üretimli olarak hazırlanmıştır. Düğümün merkezi 240mm'ye 140mm'ye masif çelik bloktan oluşmaktadır(Şekil 4.23).



Şekil 4.23: 30 St Mary Axe kat planı ve kesit

Diagridin kendisi; yapının kıvrımlarını takip ederek, zemine dikey destek sağlayan ve kolonsuz ofis alanı üstünlüğünü getiren kesişen tübüler çelik kesitler içermektedir. Strüktürel destek dışında ayrıca, diagrid yapının rüzgardan dolayı titreşmesine direnç göstermesini sağlamaktadır. Yapının eğimli formu, yapının rüzgarı kırarak almasına yardımcı olmaktadır (Arup) .

Yapının merkezinde bulunan çekirdek sadece dikey yükler altında hareket etmekte ve cephenin çaprazlamalarından bağımsızdır. Yapının iç taşıyıcıları geleneksel çelik kirişlerden ve kolonlardan oluşmaktadır.

Yapı çift-duvarlı bir sistemden oluşmaktadır. Dış duvar üçgen cam giydirmelerden ve profillerden oluşurken, iç duvar sadece bakım amaçlı kullanılan kayar kapılardan oluşmaktadır. Bu iki duvarın arasında boşluk ve güneş kırıcılar bulunmaktadır. Çift duvarlar, üçgen cephede bulunan ve sıcak havanın binanın içinden atan havalandırma kapakları (flap) içermektedir (Wells ,32).

4.9.2 Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:

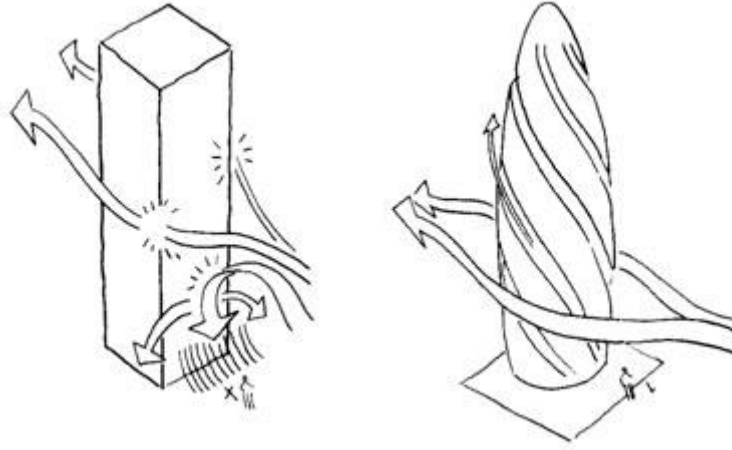
30 St. Mary Axe binası Londra'da ki en önemli kentsel simgelerden biridir. Ana Finansal bölgede bulunan 40 katlı ofis binası pek çok ödül kazanmıştır. Foster +Partners'dan arazi için sadece iddialı bir tasarım değil, aynı zamanda sürdürülebilir, çevre ile uyumlu olamayan onu vurgulayıp güçlendiren bir tasarım istenmiştir. Civarda bulunan 100 yıllık yapılardan sıyrılıp onlarla zıt bir uyum içinde olmasını istemiştir. Tasarımın felsefesi yapı teknolojilerinde ve malzemelerinden kaynaklanan yenilikçi ve güncel bir form yaratmak olmuştur (Wells ,32)(Resim 4.15).



Resim 4.15: 30 St Mary Axe çevresi ile görünümü

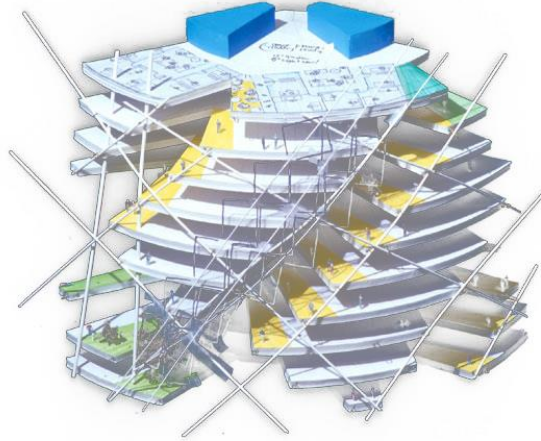
Foster+Partners ile Arup yapıyı beraber tasarlamıştır. Arup Foster'a, yapının iddialı kıvrımlı formunu oluşturmak için; çaprazlamalardan oluşan diagrid taşıyıcı sistemini tasarlayarak yardım etmiştir. Aynı zamanda; strüktürel destek ile birlikte; yapının tasarım sürecinde; yangın güvenliği, rüzgar tasarımını, dikey ulaşım gibi konular tasarım sırasında ele alınmıştır.

Yapının özgün formu bulunduğu alanın sınırlamalarına bir cevap niteliğindedir. Formu, dikdörtgen bir bloktan daha az kütsel olup sokak seviyesinde kentsel bir alan oluşturmaktadır. Aynı zamanda bu form; rüzgara karşı minimal direnç gösterirken; zeminde bulunanlar için çevre kalitesini yükseltmekte ve yapı üzerindeki yükü azaltmaktadır (Arup)(Şekil 4.24).



Şekil 4.24: Yapı formunun rüzgarla olan ilişkisi

30 St Mary Axe binasında her kat farklıdır. Açıklıklar ve katların dönüşü ve duvarlarla hangi açıda buluşacakları tüm yapı boyunca değişmektedir. Bu durum, yapıyı deneyimlerken ilginç ancak tasarım açısından zorlu yapmaktadır. Her bir kat 5 ° lik açı ile dönerken, her 6 kat bir ışık kuyusu ile birleştirilmektedir. Bu 6 adet döne ışık kuyusu, katlara doğal ışığın ulaşmasını sağlayan ve havalandırma sisteminin önemli bir ayağıdır. Bu sayede yapı yılın belli zamanlarında havalandırma tam çalışmadan işlevselliğini koruyabilmektedir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25: Taşıyıcı sistem ve ışık kuyusu grafiği

Cephedeki diagridler ışık kuyularını çerçeveleyen çelik tüplerin kesişmesinden oluşmaktadır. Kolonsuz ofis alanını arttırmak için yapının eğimini takip etmekte olan bu çelikler aynı zamanda strüktürü stabil tutmaktadır. (Arup)

4.10 Overseas Union Bank Center (OUB centre)

Yer:	Singapur
Bitiş Tarihi:	1986
Kat Sayısı:	63-Zemin üstü 4-Zemin altı
Yükseklik:	277.8 m
İşlevi:	Ofis
Mimar:	Tange Associates
Strüktür Tasarım:	Meinhardt Asia Pty. Ltd
Taşıyıcı Sistem:	Hibrid Sistem
Malzeme:	Çelik-beton
Kat Planı:	
Kat Yüksekliği:	4 m
Kiriş Açıklığı:	20.3 m
Kiriş Derinliği:	950 mm
Döşeme	150 mm metal tabliye üstüne beton
Kolonlar	800 x 800 mm Zeminde
Çekirdek	Zeminde 600 mm kalınlıkta hibrid çelik çerçeve ve beton duvar bölümleri
Temel	7 keson çapı :5 m'den 6 m'ye değişken 100 m derinliğinde

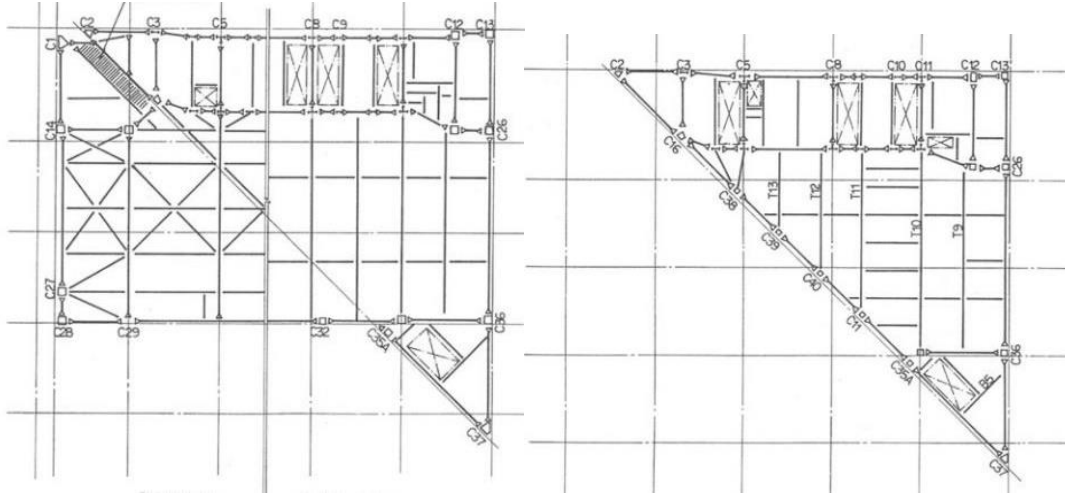


Resim 4.16: Overseas Union Bank Centre

4.10.1 Taşıyıcı Sistem Çözümü:

OUB Centre Binası tasarımında taşıyıcı sistem için farklı sorunlara karşılık olarak hibrid bir taşıyıcı sistem kullanılmıştır. OUB centre binası Singapurda bir bankanın prestij yapısı olarak düşünülmüştür. Yapı kesiti; strüktürel olarak beraber olmalarına rağmen birbirine hipotenüslerinden birleşik 2 ayrı üçgen kuleden oluşmaktadır. Bir servis çekirdeği ve üçgen kolon daha yüksek olan kule için gerekli desteği sağlamaktadır. Daha kısa olan kule ise L şeklinde kolon ve daha küçük bir üçgen kolon ile desteklenmektedir. Bina yüksekliğine rağmen kolonsuz mekânlar sağlamaktadır (Beedle ve Rice ,307)(Şekil 4.26).

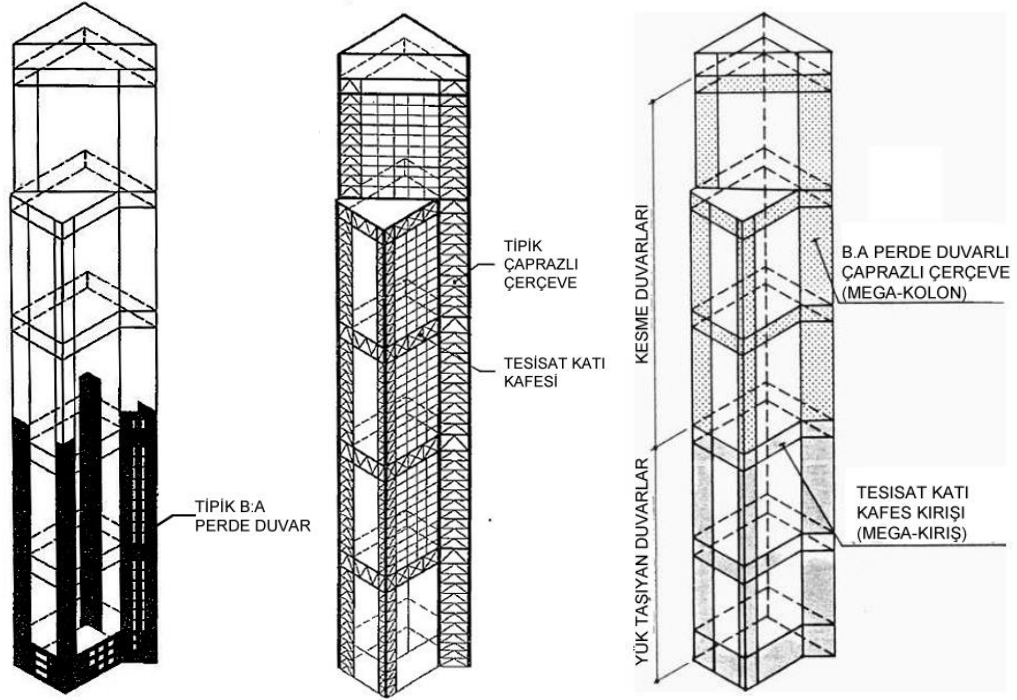
Yapının taşıyıcı sistemi yüksek dayanımlı strüktürel çelik ile çerçeve oluşturularak tasarlanmıştır. Ana kolonlar; asansör şaftlarını çevreleyen kutu profiller ve duvar çizgileriyle uyumlu olmak ve asansör şaftları bölgesine geçmeyi engellemek için flanşlı T profillerden oluşmaktadır. Basitçe desteklenmiş olan çelik makaslar döşemeyi destekleyerek kolonsuz ofis mekânlarını oluşturmaya yardımcı olmaktadır. Bu makaslar beton döşeme ile beraber hareket edecek şekilde tasarlanmıştır.



İlk tasarımda beton döşemeli çelik çerçeve sistem düşünülmüştür. Yapı rijitliğinin daha makul bir seviyeye çıkarmak için mega-çerçeve sistem kullanılmıştır. Mega-çerçeve; tüm yapıyı saran ancak içinde ikincil bir taşıyıcı sistemi barındıran taşıyıcı sistemdir. Mega çerçeve ve alt sistemler rijitliği ve tüm taşıyıcıların dayanımını arttırmıştır (Sasaki, Suko ve Atsukawa ,978).

Yapı tasarımı sırasında, zemin koşulları ve ana strüktürel tasarım bazı sorunlara neden olmuştur. Yapının asimetrik formu daha yüksek olan üçgeni taşıyan kolonlarda daha büyük gerilim yaratmaktadır. Bu ise sünmeden dolayı farklı kolon kısalmasına ve yapının ardıl yatay hareketlere girmesine sebep olmaktadır. Betonarme süper-

kolonların oluşturduğu birincil mega çerçeve ile strüktürel çelikten oluşan ikincil mega çerçevenin iç çerçevesi arasında farklı hareketler (sünme) oluşmuştur. Yapının dikey elemanlarının boyutlarının aşırı büyümesi sonucu hem mimari planlamada (kat alanlarının verimli kullanımı vs gibi) hem de servis hizmetlerinde ciddi sorunlar oluşmuştur. Temel koşulları son derece verimsiz olup özel ve maliyetli bir temel gerektirmektedir. Tüm bu sebepler sonucu yapıda yüksek dayanımlı strüktürel çelik kullanılmasına karar verilmiştir (Beedle ve Rice ,308).



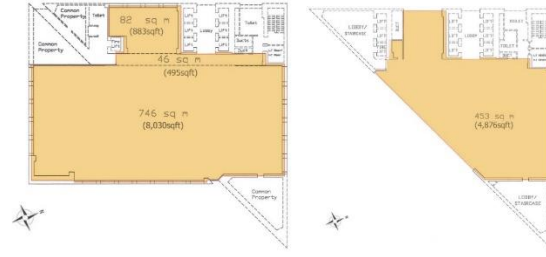
Şekil 4.27: OUB Center binasının strüktürel şeması

Böylece taşıyıcı sistemin kompozisyonu; yapının iskeletini oluşturan çaprazlamaları da içeren bir çelik çerçeve ve yapının rijitliğinin arttırmak için betonarme perde duvarlardan oluşan bölgeler şeklinde tasarlanmıştır (Şekil 4.27).

Bu şekilde yapılarda hibrid taşıyıcı sistem kullanılması ile yapını hem dayanımı arttırılmakta hem de maliyeti düşürülmektedir (Beedle ve Rice ,308).

4.10.2 Taşıyıcı Sistem ile Mimari Tasarım İlişkisi:

OUB centre binası bir bankanın yönetim binası olarak tasarlanmıştır. Mimari tasarımı Kenzo Tange tarafından yapılmıştır. Yapı sistemi yüksek bir ofis kulesi ile ticari amaçlı kullanılacak bir yapı bazası içermektedir. Görsel olarak yapı boyutsal ve yükseklik olarak iki ayrı kule gibi tasarlanmıştır. Küçük olan kule 30m X 30 m'dir ve 49. Kata kadar yükselmektedir. Diğer kule ise 40m X40m 'dir ve 64.kata kadar uzanmaktadır (Sasaki, Suko ve Atsukawa ,980)(Şekil 4.28).



Şekil 4.28: Kat Planları

Yapının formunun mevcut tasarımı mühendisleri strüktürel olarak beraber çalışan ancak dış cephede farklı olacak tasarım için yeni sistemler araştırmaya itmiştir. Bunun sonucu olarak gelişen problemler sebebiyle çeşitli sistemlerin ve malzemelerin beraber kullanılarak, zayıflıkları ortadan kaldırma yoluna gitmeyi tercih etmişlerdir.

5 SONUÇ

Kökleri antik dönemlere dayanan yükselme arzusunun yansımalarını, modern dönemlere kadar çeşitli yapılarda görmek mümkündür. Genellikle dini amaçlı olarak yapılmış ya da soylulara hizmet veren bu yapılar zamanla, kendini başka anlamlar içeren bir noktada bulmuştur.

Endüstri devrimiyle beraber, özellikle de Otis'in ilk güvenli asansörü, Crystal Palace'da düzenlenen fuarda son derece dramatik bir şekilde takdim etmesiyle; yüksek yapılar başka bir boyuta taşınmıştır. Bu sürece, malzeme ve teknolojik gelişmelerde destek vermiştir. Böylece, sanayi devrimiyle ortaya çıkan hızlı inşaat ve arsa kıtlığı sebebiyle yüksek yapı ihtiyacı karşılanabilir olmuştur.

Önceleri sadece işlevsel olarak gereksinim duyulan yüksek yapılar; zamanla, şehirlerin hatta ülkelerin simgesel yapıları haline gelmiş, bir güç ve ekonomik büyüklük yarışına dönüşmüştür.

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) başlayan bu süreç hızlıca dünyaya yayılmış, özellikle 2. Dünya savaşı ve Büyük Buhran'dan sonra etkileri bütün dünyada görülmeye başlamıştır.

Uzun yıllar Sears Towers ile dünyanın en uzun yapısına sahip olan ABD; 1998 yılında bu unvanı Petronas Kuleleri ile Asya'ya kaptırmıştır. Bu dönemden sonra, Asya ve Orta Doğu ülkelerinde kalan en yüksek yapı unvanı; son derece ciddi bir coğrafi geçişi de peşinden getirmiştir.

Yüksek yapıların kuşkusuz bu kadar iddialı yüksekliklere ulaşmasının (2019'da yapımı bitmesi planlanan Kingdom Tower ile 1000 m) en önemli unsurlarından ikisi, eşsiz mimari tasarımları ve mühendislik tasarımlarıdır. Malzeme ve mekanik teknoloji ile desteklenen tasarımlar, aslında son derece yakın bir geçmişteki gelişmeler ile yakından bağlantılıdır.

1960'larda Fazlur Khan ile başlayan yüksek yapıları yeniden tanımlayarak tasarlanan yeni taşıyıcı sistemler; günümüzde kullanılan sistemlerin atası olmuşlardır. Halen, daha düşük yüksekliklerde kullanılmaktadırlar. Yüksek yapılara özgü sorunlar; zor zemin koşulları, yoğun rüzgar ve sismik yükler, mühendis ve mimarları daha sistematik ve ortaklaşa çalışmaya itmiştir.

Bu çalışmada amaç, yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerini incelemek ve bunların tasarım sürecinin mimari tasarım süreciyle olan ilişkisini irdelemektir. Elde edilen veriler; tasarımcılara fikri verebilmek ve bu ilişkinin doğası hakkında yol göstermek amacıyla özetlenmiştir.

5.1 İncelenen Örneklerin Yorumlanması

Belirlenen ana çerçeve sınıflandırmaya göre ayrılan taşıyıcı sistemler tek tek incelenmiş ve bunların örnekler üzerinde nasıl uygulandığı incelenmiştir. Daha sonra ise bu sistemlerin taşıyıcı sistemler ile olan ilişkileri analiz edilmiştir. Zaman zaman bu ilişkinin; taşıyıcıların zorlu koşullarından dolayı mimari tasarıma üstün geldiği; zaman zaman da mimari tasarımın taşıyıcı sistemi kendi koşullarına uydurduğu gözlemlenmiştir. Yapı sistemleri kolaylaştıkça tasarım ilişkileri arasında ilişki incelenmiştir. Bu yapılarda mimar ve mühendislerin eşgüdümlü çalışmalarının önemi ortaya çıkmıştır.

Birinci örnek olan ACT Tower binasında; yapı formunun tasarlanırken mevcutta taşıyıcı sistem için sorun olacak olan bölgedeki ciddi rüzgâr sorununu dikkate alması; taşıyıcı sistem çözümünü rahatlatırken; taşıyıcı sistem tasarımı yapılırken mimari işlevlerin konumlanması dikkate alınmıştır. Bunlara göre, yapının gerek mimari gerekse strüktürel tasarımı son derece dengeli yapılmış ve etkili bir çözüm ortaya konmuştur. Yapı maliyeti yapı formundan dolayı kısmen artsa da, bu sorun doğru plan çözümleriyle kiralanma aşamasında ortadan kaldırılmıştır.

İkinci örnek olan Kamogawa Grand Tower binasının, mimari planlaması baskın olmuştur. Mimari planlamaya göre yapılan taşıyıcı sistem tasarımı yapının formunu ve planını destekleyici bir rol üstlenmiştir. Bu örnekte mimari tasarım ön plana çıkmış ve strüktürel tasarım tarafından desteklenmiştir.

Üçüncü örnek olan Seagram Binasında; mimari tasarım kaygıları son derece baskındır. Döneminin ikonik yapılarından biri olan bu bina tasarımında aslında taşıyıcı sistemin dışı vurumu arzulansa da mevcut düzenlemelerin izin vermemesi sebebiyle illüzyonları oluşturulmuş ve büyük oranda mimari plan bazında çalışılmıştır.

Dördüncü örnek olan Absolute Towers binası yarışmayla tasarımı belirlenmiş bir projedir. Bu sebeple detaylı taşıyıcı çözümü ana mimari kararlar kesinleştikten sonra ortaya çıkmıştır. Ancak burada projenin mühendisleri son derece ekonomik ve basit taşıyıcı sistem çözümlerine giderek, yapının formunun getirdiği zorluklardan kaçınmışlardır. Bu yapıda ana tasarım aşamasından sonra tüm disiplinler ortak olarak

çalışmıştır. Yeni teknolojik sistemler geliştirilmiştir, ancak ana belirleyici ölçüt mimari tasarım olmuştur.

Beşinci örnek olan Burj Khalifa binası ise tasarımın ilk aşamalarından itibaren tüm disiplinlerle ortak olarak tasarlanmıştır. Ana kararların ortaya çıkmasında hem mimarlar hem de strüktürel mühendisler beraber çalışmış ve ilk formun seçiminden son detaylandırmaya kadar süreci beraber götürmüşlerdir. Arazi koşullarının zorluğu, zorlu hava koşulları, iddialı yükseklik ve maliyetin doğurabileceği sorunlar, bu sayede son derece optimum bir şekilde çözülmüştür.

Altıncı örnek olan Aon Center binasında ise, taşıyıcı sistem kararı işlevine göre belirlenmiştir. Yapının taşıyıcı sistem tasarımı tamamen mimari tasarımı desteklemekte ve daha kullanışlı hale getirmektedir.

Yedinci örnek olan; John Hancock Binası ise; rüzgâr ve işlevsel şartlardan dolayı oluşan formu; en verimli şekilde taşınması için, taşıyıcı sistemiyle beraber tasarlanmıştır. Yapı formu gerek işlevsel olarak amaca tam olarak hizmet etmektedir, gerekse de strüktürel sorunların çözümüne yardımcı olmaktadır. Bu yapıda ortak ve dengeli bir etkileşim olmuştur.

Sekizinci örnek olan; Rialto Kuleleri; ise mimari planlama ile az ilişkili olarak gelişen bir taşıyıcı sistem ilişkisine sahiptir. Yapının asimetrik yapısı taşıyıcı sistem tasarımını zorlamış ve keskin mimari kararların olması mühendisleri yeni yollar denemeye itmiştir. Bunun sonucunda, çözüm zor ve zaman alan bir süreç yaratmıştır.

Dokuzuncu örnek olan; 30 St Mary Axe binası ise; mimarlar ve mühendislerin ortak olarak tasarladıkları bir süreç sonucunda ortaya çıkmıştır. Ana kararlar belirlendikten sonra; gerek sürdürülebilir bir yapı olması gerekse iddialı bir forma sahip olması ile yüksek yapılara yeni bir anlayış getirmiştir. Ana kararlardan itibaren tüm disiplinler beraber çalışmış olup, yapı formunun strüktürel sorunları azaltmasına ve strüktürün mimari tasarımı desteklemesine özen gösterilmiştir. Dengeli bir etkileşim kurulmuştur.

Son olarak onuncu örnek olan Overseas Union Bank binasında; yapının mimari tasarımı baskındır. Bu tasarıma bir taşıyıcı sistem uyarlanmıştır. Yapının mimari kaygıları sebebiyle, ilk taşıyıcı sistemi başarısız olmuş ve daha sonra tekrar yeni bir tasarım yapılmak zorunda kalınmıştır. Ancak, taşıyıcı sistem tasarımı mimari tasarımı ve işlevsel kaygıları destekleyecek şekilde oluşmuştur.

5.2 Değerlendirme ve Öneriler

Tüm bu inceleme sonuçlarına göre, yüksek yapılarda mimari tasarım ve taşıyıcı sistemler arasında bulunan ilişki ile ilgili çeşitli sonuçlara varılmıştır. Buna göre; yüksek yapıların yükseklikleri arttıkça, bulunduğu şartlar zorlaştıkça mimarların ve mühendislerin ortaya koydukları ortaklaşa çaba olumlu bir sonuç yaratmaktadır. Ancak, mimari tasarıma uyum sağlamak zorunda kalan ve katı çizgilere sahip olan tasarımlarda; taşıyıcı sistem tasarımını çoğunlukla mimari planlama desteklemektedir. Bununla beraber bu tarz bir yaklaşım gerek maliyeti, gerekse inşaat zamanını arttırmaktadır.

Özellikle de günümüzde, yeni yapılan ve yapılacak olan; çeşitli yüksekliklerde bulunan yapılarda mimari tasarım ile strüktürel tasarım beraber işlemektedir. Bu sebeple, gerek ülkemizde gerekse dünyada hem mimarlara hem de mühendislere beraber çalışmak için büyük sorumluluklar düşmektedir. Ortak çalışma alanı arttıkça pek çok açıdan daha verimli projeler ortaya çıkmaktadır. Bölgesel olarak doğru teknik analiz verileri ile başlanan mimari tasarımla; yapının ısıtma soğutma gibi kullanım sırasında oluşacak maliyetleri, olabilecek en uygun şekilde en hızlı biçimde inşa edilebilmesi, gereksiz ölü yüklerden kaçınma, biçim ile taşıyıcı sistemler arasında kurulan doğru ilişki ile işlevlerin doğru çalışması gibi olumlu verilere ulaşmak mümkündür. .

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar çerçevesinde, mimar ve mühendislerin ortak çalışma bilinci ve alışkanlıklarının geliştirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu ortak bilinci sağlamak için çeşitli alternatifler olabilir ancak en temeli eğitim sırasından itibaren bunun sağlanmasıdır. Üniversite lisans eğitimi düzeyinden başlayarak ortak proje geliştirme sisteminin kurgulanması, yüksek lisans düzeyinde açılan programlar çerçevesinde farklı oluşumlara gidilmesi sağlanabilir. Mühendislik ve mimarlık öğrencilerinin beraber katılım sağlayacağı ortak dersler ile proje tasarım sürecinde her bir uzmanlığın önemi öğrencilere hissettirilebilir. İlk önce bağımsız olarak tasarlanan projeler daha sonra ortak olarak hazırlanarak arasındaki fark öğrencilere öğretilir. Uzmanlar arasında meslek örgütlerinin düzenleyeceği çeşitli seminerler ve atölye çalışmaları ile farklı disiplinlerin oluşturduğu zorluklar ve ortak çalışmanın bunları nasıl çözebileceği tartışılabilir. Yüksek lisans ve daha ileri uzmanlaşma eğitimlerinde bu konuda alanlar açılıp akademik çalışmalar yapılması sağlanabilir.

Uzmanlaşmadan önce oluşturulacak bir çalışma bilinci, olumlu etkilerini sadece yüksek yapılar gibi son derece dikkat isteyen projelerde değil, daha basit daha az maliyetli projelerde de etkisini hissettirebilir. Bu sayede, çok daha verimli, az maliyetli, sürdürülebilir, hızlı inşa edilebilen, doğru ilerleyen bir planlamaya sahip, gelişmeye ve

yeni sistemler ve çözümler üretebilen, doğru bir taşıyıcı sistem-mimari tasarım ilişkisine sahip yapılara ulaşabiliriz. Özellikle gün geçtikçe farklı anlamlar yüklenen yüksek yapılar için bu sistemlerin ve ilişkilerin doğru kurulması son derece önemlidir. Gelecek projeksiyonları olarak artık tek yada sınırlı birkaç işlev yüklenmiş yüksek yapılar yerine; dikey şehirler olması beklenmektedir. Buna örnek olarak 2008 yılında önerilmiş olan 400 katlı 2400 metre yüksekliğinde olan, 4 adet mahalleye bölünmüş ve mahalleler arası dikey yüksek hızlı trenlerle ulaşım sağlanan, parklardan hastanelere, ticari işlevlerden konutlara, içinden asla çıkmadan yaşanabilecek Dubai City Tower (Resim 5.1) dikey şehri verilebilir (Siegel). Bu kadar iddialı tasarımlar için gerek nüfus yoğunlukları gerekse son derece farklı ve çeşitli sayıdaki işlevleri için ortak çalışma bilinci son derece hayati bir önem arz etmektedir. Özellikle, ülkemizde henüz gelişme aşamasında olan yüksek yapı alanı; böyle bir ortak bilinçten henüz başlayken faydalanabilir.



Resim 5.1: Dubai City Tower

Yüksek yapılar için oluşturulan ortak bilinç her geçen gün insanoğlunun Babil kulesini inşa etmesiyle başlayan ve gökyüzünde en yükseğe ulaşma arzusunu gerçekleştirme yolundaki en büyük adımdır. Doğru çalışma prensiplerinin sağlayacağı ekonomik ve çevresel faydalar bu yeni yüksek yapılar çağını daha da ileriye taşıyacak olan en

önemli konular olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunu sağlayacak olan mimar ve mühendislere ise çok büyük bir görev düşmektedir. Yüksek yapıların teknolojisinden ve çalışma sistematüğinden çıkarılacak olan fikirler, mutlaka yansımalarını daha küçük ölçekli yapılar içinde daha basit bir düzlemde bulacaktır.

KAYNAKÇA

1. Aldrete, Gregory S. *Daily Life in The Roman City; Rome, Pompeii and Ostia*. Greenwood Publishing Group, 2004.
2. Ali, Mir M ve P. J. Armstrong. *Architecture of Tall Buildings*. New York: McGraw-Hill, 1995.
3. Ali, Mir M. ve Kyoung Sun Moon. «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects.» *Architectural Science Review* 50.3 (2007): 205-223.
4. Arup. *30 St Mary Axe (The Gherkin)*. 15 08 2013.
<http://www.arup.com/Projects/30_St_Mary_Axe/Details.aspx>.
5. Ayay. *First Bank Place In Minneapolis*. 21 08 2013.
<http://ayay.co.uk/background/buildings_and_landmarks/tallest/first-bank-place-in-minneapolis/>.
6. Baker, William F. «Building Systems and Concepts-Structural innovation.» *CTBUH World Congress*. CTBUH, 2001.
7. Baker, William F., D. Stanton Korista ve Lawrence C. Novak. «Burj Dubai: Engineering The World's Tallest Building.» *Structural Design of Tall and Special Buildings* 16 (2007): 361-365.
8. Bales, Richard F. *What do we know about the Great Chicago Fire?* 12 Mayıs 2004. 25 Mart 2013. <<http://www.thechicagofire.com/>>.
9. Beedle, L. S. ve D. B. Rice. *Structural Systems for Tall Buildings*. New York: McGraw Hill, Inc,
10. Behrens-Abouseif, Doris. *Islamic Architecture in Cairo: An Introduction*. New York: Brill, 1989.

11. Bofill, Ricardo. *Ricardo Bofill Taller De Arquitectura*.. 19 6 2013.
<<http://www.ricardobofill.com/EN/746/PROJECTS/United-Continental-Airlines-headquarters.html>>.
12. Chambers, Robert. *Notices of the Most Remarkable Fires in Edinburgh:From 1385 to 1824*. Edinburgh: C. Smith & Company,, 1824.
13. CTBUH. «Criteria for the Definign and Mesasuring of Tall Building.» Comitee Report. 2011.
14. CTBUH O.W.G. *Outrigger Design for High-Rise Buildings*. Chicago: CTBUH, 2012.
15. Durie, Fred. «Burj Khalifa: Creating the World's Tallest Integrated "Vertical City".» *CTBUH Shangai Congress 2012- Asia Ascending : Age of Suistainable Skyscraper City*. Dü. Anthony Wood , Timothy Johnson ve Guo-Qiang Li. Shangai, 2012. 73-81.
16. Emporis. *Emporis-High Rise Building (ESN 18727)*.
<<http://www.emporis.com/building/standards/high-rise-building>>.
17. —. «Emporis-Skyscraper (ESN 24419).». *Emporis*.
<<http://www.emporis.com/building/standards/skyscraper>>.
18. —. «Emporis-Ulmer Münster.». *Emporis*.
<<http://www.emporis.com/building/ulmermuenster-ulm-germany>>.
19. Etymology Dictionary. «Online Etymology Dictionary-Skyscraper.» . *Online Etymology Dictionary*.
<http://www.etymonline.com/index.php?term=skyscraper&allowed_in_frame=0>.
20. Grohmann, Manfred ve Harald Kloft. «Load-Bearing Structures.» *High-Rise Manual*. Dü. Johann Eisele ve Ellen Kloft. Birkhäuser Architecture, 2003.
21. Gunel, M. Halis ve H. Emre Ilgın. *Yüksek Binalar Taşıyıcı sistem ve Aerodinamik Form*. Ankara: ODTU Mimarlık Fakültesi, 2010.
22. Helfirtz, Hans. «Land Without Shade.» *Journal Of the Royal Central Asian Society* (1937): 24.
23. Hool, George Albert ve Nathan Clark Johnson. *Handbook of Building Construction*. Mcgraw-Hill, 1920.

24. Ilgin, H. Emre ve M. Halis Gunel. «A proposal for the classification of structural systems of tall buildings.» *Building And Enviromnet* (2007): 2667-2675.
25. Iyengar, Hal. «Reflections On Hancock Concept.» *CTBUH Journal* 1.1 (2000): 44-52.
26. Kendrick, A. F. *The Cathedral Church Of Lincoln; a History And Description of Its Fabric and A list of The Bishops*. Edinburg: London George Bell & Sons 1902, 1902. <<http://gwylir.demon.co.uk/PG/BellsLincoln/BellsLincoln.htm>>.
27. Khan, Fazlur Rahman. «Evolution of structural systems for high rise buildings in steel and concrete.» *Tall buildings in the Middle and East Europe: Proceedings of the 10th Regional Conference on Tall buildings - Planning Design and Constrcution*. Dü. J. Kozak. Bratislava: Czechoslovak Scientific and Tecihnnical Association, 1973.
28. —. «Influence of design criteria on selection of strcutural systems for tall buildings.» *Proceedings of teh Canadian Structural Engineerin Conference* . Toronto: Canadian Steel Industries Construction Council , 1972. 1-15.
29. —. «Recent Structural Systems In Steel For High Rise Buildings.» *Proceeeds of the British Constructional Steelwork Association Conference on Steel in Architecture*. Londra: ritish Constructional Steelwork Association, 1969.
30. Kloft , Ellen. «Typology.» Eisele, John ve Ellen Kloft . *High Rise Manual*. Birkhäuser Architecture, 2003. 11.
31. Koç, Yasemin, ve diğerleri. «Yüksek Yapı Tasarımının Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi.» *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu* . Karabük: Karabük Üniversitesi, 2009.
32. Lagendjik, Bas. «Case Study: Absolute World Towers, Mississauga.» *CTBUH Journal* 2012.IV (2012): 13-17.
33. Liverpool Architectural Society. *Oriel Chambers*. <<http://www.liverpoolarchitecture.com/tours/buildings/building.php?id=25>>.
34. London County Council. *The London Building Act; 1894*.

35. MAYS, JOHN BENTLEY. «Engineering the voluptuous.» *Globe and mail*. 12 7 2013. <<http://www.theglobeandmail.com/life/home-and-garden/real-estate/engineering-the-voluptuous/article1813438/>>.
36. Mishra, Gopal. «High Rise Structures.» *The Constructor*. 20 08 2013. <<http://theconstructor.org/structural-engg/high-rise-structures/5/>>.
37. Moon , Kyoung-Sun, Jerome J Connor ve E John Fernandez. «DIAGRID STRUCTURAL SYSTEMS FOR TALL BUILDINGS:» *THE STRUCTURAL DESIGN OF TALL AND SPECIAL BUILDINGS* (2007): 205-230.
38. Moon, K. «Design and Construction of Steel Diagrid Structures.» *Nordic Steel Construction Conference*. Norway, 2009. 398-405.
39. Mortada, Hisham. *Traditional Islamic Principles of Built Environment*. Taylor&Francis, 2003.
40. Mufti, Aftab A. ve Baidar Bakht. «Fazlur Khan(1929-1982): Reflections On His Life and Works.» *Canadian Journal of Civil Engineering* 29.2 (2002): 238-245.
41. Müller, Werner. *Mimarlık Atlası 1. Cilt: Mezopotamya'dan Bizans'a Mimarlık Tarihi* . İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları , 2012.
42. Office Museum. *American Surety*. 19 08 2013. <http://www.officemuseum.com/American_Surety_Bldg_NYC_completed_1896_21_stories.jpg>.
43. Olszewski, George J. «A History of the Washington Monument-1884-1968.» Sür. Chapter 1.. *National Park Service*. <<http://www.nps.gov/archive/wamo/history/chap1.htm>>.
44. Paradox Place. *San Gimignano*. 19 08 2013. <<http://www.paradoxplace.com/Perspectives/Italian%20Images/Montages/Other%20Tuscan%20Towns/San%20Gimignano.htm>>.
45. Parfitt, M. Kevin. *Standard Oil - AMOCO Building Marble Facade Failure*. Building Performance Failures and Forensic Techniques in the Department of Architectural Engineering . 4 7 2013. <<http://failures.wikispaces.com/Standard+Oil+-+AMOCO+Building+Marble+Facade+Failure>>.

46. Princeton University. «Fazlur Khan: Structural Artist Of Urban Building Forms.» *Major Works-Brunswick*. 21 08 2013.
<<http://khan.princeton.edu/khanBrunswick.html>>.
47. Riggs, Christina. *The Oxford Handbook Of Roman Egypt*. Kindle. OUP Oxford, 2012.
<http://books.google.com.tr/books?id=ZOLuaRusoCgC&pg=PA295&lpg=PA295&dq=Papyrus+Oxyrhynchus+2719&source=bl&ots=4k0Hi-ZZWL&sig=eacYEWojBbvrkUQOSWoR5mMwwiw&hl=en&sa=X&ei=RiomUZCPPJGyhAe_-IDICQ&ved=0CFgQ6AEwBw#v=onepage&q=Papyrus%20Oxyrhynchus%202719&f=false>.
48. Sasaki, S, M Suko ve Y Atsukawa. «Superstructure of OUB Centre, Singapore.» Beedle, L. S. ve (ed). *Second Century of the Skyscraper*. Springer US, 1988. 975-987.
49. Schierle, G G. *Architectural Structures*. University Readers, 2008.
50. Sev, Aysin. «Intergrating Architecture and Structural Form in Tall Steel Building Design.» *CTBUH Journal* 1.2 (2001): 24-31.
51. Severud Associates. 13 6 2013. <<http://www.severud.com/index.php>>.
52. Shipman, J.G.T. «The Hadhramaut.» *Asian Affairs* (1984): 15.
53. Siegel, Brett. *Dubai City Tower: Greatest Mega Project That May Never Be Built*. 9 10 2009. 22 10 2013.
<<http://uaemegaprojects.blogspot.com/2009/10/dubai-city-tower-greatest-mega-project.html>>.
54. Skyscraper Page. 25 6 2013.
<<http://skyscraperpage.com/cities/?buildingID=7153>>.
55. Skyscraper Page. *Bank of the Southwest Tower*. 21 08 2013.
<<http://forum.skyscraperpage.com/showthread.php?t=148875>>.
56. Smith, Bryan Stafford ve Alex Coull. *Tall Building Structures: Analysis and design*. John Wiley and Sons Inc, 1991.
57. Strabo. «Geography.» Dü. Bill Thayer. Loeb Classical Library edition. Cilt Book V. Loeb Classical Library,
<http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Strabo/5C*.html>.

58. Sure Yelken. *İleri Trim Teknikleri*. 20 08 2013.
<http://www.sureyelken.com/yelken/ileri-trim-teknikleri-1-ders/attachment/about_sail_tr_yelkenli/>.
59. Thesaurus. «Thesaurus-Skyscraper.» *Thesaurus*.
<<http://thesaurus.com/browse/skyscraper>>.
60. Travel Pod. *Seven Sisters*. 19 08 2013.
<<http://images.travelpod.com/users/billyandjean/1.1316798661.a-stalin-tower.jpg>>.
61. UNESCO. *Old Walled City Of Shibam*.
<<http://whc.unesco.org/en/list/192>>.
62. Weistmantle, Peter A., Gregory L. Smith ve Mohammed Sheriff. «Burj Dubai: An architectural Technical Design Study.» *The Structural Design of Tall and Special Buildings* 16 (2007): 335-360.
63. Wells, Matthew. *Skyscraper: Structure and Design*. Londra: Laurence King Publishing, 2005.
64. Wikipedia. *Babil Kulesi*. 19 08 2013.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Brueghel-tower-of-babel.jpg>>.
65. Wikipedia. *Bolonyo Kuleleri*. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5f/2tours_bologne_082005.jpg>.
66. Wikipedia. *Chrysler Binası*. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/Chrysler_Building_by_David_Shankbone_Retouched.jpg>.
67. Wikipedia. *Edinburg Eski kuzey köprüsü*. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Old_North_Bridge%2C_Edinburgh.jpg>.
68. Wikipedia. *Empire State Binası* 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Empire_State_Building_from_the_Top_of_the_Rock.jpg>.
69. Wikipedia. *Flat Iron binası*. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Edificio_Fuller_%28Flatiron%29_en_2010_desde_el_Empire_State_crop_boxin.jpg>.

70. Wikipedia. *Home Insurance*. 19 08 2013.
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Home_Insurance_Building.JPG>.
71. Wikipedia. *Keops Piramidi*. <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kheops-Pyramid.jpg>>.
72. Wikipedia. *Lincoln Katedrali*. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Lincoln_Cathedral_from_Castle_Hill.jpg>.
73. Wikipedia. *McNally Binası*. 19 08 2013.
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rand_McNally_Building_1889.jpg>.
74. Wikipedia. *Monadnock Binası*. 19. 08.2013.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Monadnock.jpg>>.
75. Wikipedia. *Oriel Chambers*. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Oriel_chambers.jpg>.
76. Wikipedia. *Petronas Kuleleri*. 19 08 2013.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/File:KLCC001.JPG>>.
77. Wikipedia. *Sears Tower*. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Sears_Tower_ss.jpg>.
78. Wikipedia. *Şibam Şehri*.. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Shibam_Wadi_Hadhramaut_Yemen.jpg>.
79. Wikipedia *Ulm manastırı*. 19 08 2013.
<<http://en.wikipedia.org/wiki/File:UlmMinster0042.jpg>>.
80. Wikipedia *Winwright Binası*. 19 08 2013.
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wainwright_building_st_louis_USA.jpg>.
81. Wikipedia *Woolwroth Binası*.. 19 08 2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/View_of_Woolworth_Building_fixed_crop.jpg>.
82. Wikipedia. *WTC*.. 19 08 2013.
<[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/World_Trade_Center %2C_New_York_City_-_aerial_view_%28March_2001%29.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/World_Trade_Center_%2C_New_York_City_-_aerial_view_%28March_2001%29.jpg)>.