T.C
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARDA UYGULANAN YAPIM TEKNOLOJİLERİNİN İRDELENMESİ VE SORUNLARIN ORTAYA KONMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Erkan GÜLAKAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilgisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşin SEV

OCAK 2014

Erkan GÜLAKAN tarafından hazırlanan YÜKSEK YAPILARDA UYGULANAN YAPIM TEKNOLOJİLERİNİN İRDELENMESİ VE SORUNLARIN ORTAYA KONMASI adlı bu tezin Y. Lisans..... tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. AYŞİN SEV

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından MİMARLIK..... Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Doç. Dr. AYŞİN SEV

Üye : Prof. AYDAN ÖZGEN

Üye : prof. Dr. Kaya Özgen

Üye : Yrd. Doç. Dr. Volkan Gürk Vakkas

Üye : _____

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEŞEKKÜR

Tezimi bitirmemde benden desteğini esirgemeyen, akademik ve kişisel katkılarıyla bana yardımcı olan değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Ayşin SEV'e sonsuz teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca başarıya ulaşmamda maddi ve manevi her türlü desteklerini esirgemeyen ailem ve yakınlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Ocak 2014 Erkan GÜLAKAN

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER iii
ÖZET vi
ABSTRACT vii
ÇİZELGE LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ x
KISALTMALAR LİSTESİ xxii

1. GİRİŞ 1
1.1. Problemin Tanımı 1
1.2. Tezin Amacı 2
1.3. Tezin Kapsamı ve Yöntemi 2
1.4. Bu konuda yapılmış çalışmalar 3

2. YÜKSEK YAPI KAVRAMI 4
2.1. Yüksek Yapı Tanımı 4
2.1.1. Yapıldığı dönem 4
2.1.1.1. Birinci dönem (1880-1930) 8
2.1.1.2. İkinci dönem (1930-1960) 10
2.1.1.3. Üçüncü dönem (1960 sonrası) 10
2.1.2. Yapıldığı ülke veya şehir yönetmelikleri 13
2.1.3. Bulunduğu çevre 14
2.1.4. Meslekler 15
2.1.5. Malzeme ve yapı teknolojisi 16
2.1.6. CTBUH'a Göre Yüksek Yapı Tanımı 16
2.1.6.1. Yapının çevre dokusuyla olan ilişkisi 16
2.1.6.2. Yapının oranı ile ilişkisi 17
2.1.6.3. Yapının kullanılan teknoloji ile olan ilişkisi 17
2.2. CTBUH'a Göre Yapı Yüksekliğini Ölçme Kriterleri 18
2.2.1. Mimari Tepe Noktasına Göre Yükseklik 18
2.2.2. Kullanılan En Üst Katın Döşemesine Göre Yükseklik 18
2.2.3. Tepe Noktasına Göre Yükseklik 18
2.2.4. Kat sayılarına göre yüksek yapı kavramı 22

3. YÜKSEK YAPILARDA YAPIM SORUNLARI 23
3.1. Arsa Seçimi ve Yatırım Sorunları 23
3.1.1. Arsa Seçimi 23
3.1.1.1 Jeolojik Yapı, Topoğrafya, İklim ve Bitki Örtüsü 23
3.1.1.2 Kent Siluetine Etkisi 25
3.1.1.3 Tarihi Dokuya Etkisi 27
3.1.1.4 Altyapı Sistemlerine Etkisi 28
3.1.2. Yatırım Sorunları 31
3.2. Planlama Sorunları 37
3.2.1. Mimari Planlama Sorunları 38
3.2.2. Strüktür Tasarım Sorunları 38
3.2.3. Mekanik ve Elektrik Tesisat Planlama Sorunları 39

3.3. Taşıyıcı Sistem Seçimi 39
3.3.1. Yüksek Yapılarda Malzemeye Dayalı Taşıyıcı Sistem Seçenekleri 40
3.3.1.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemler 44
3.3.1.2. Çelik Taşıyıcı Sistemler 49
3.3.1.3. Kompozit Taşıyıcı Sistemler 53
3.4. Temel Sistemlerine İlişkin Sorunlar 57
3.4.1. Arazi ve Zeminin Analizi 57
3.4.2. Yüksek Yapılarda Kullanılan Temel Sistemleri 62
3.4.2.1. Önüretimli Kazıklar (Çakma Kazıklar) 63
3.4.2.2. Yerinde Yapılan Kazıklar (Delme Kazıklar) 65
3.4.2.3. Kısmen Çakma, Kısmen Delme (Kombine) Kazıklar 67
3.4.2.4. Keson (Sandık) Temeller 69
3.4.2.5. Enjeksiyonlu Temel Sistemleri 72
3.4.2.6. Radyejeneral Temeller 75
3.4.3. Temel Kazısı ve İksa Sistemleri 77
3.4.3.1. Diyafram Duvar 77
3.4.3.2. Ankrajlı Betonarme Perde Duvar 78
3.4.3.3. Kazıklı ve Ankrajlı Duvarlar 79
3.4.3.4. Zemin Çivili Esnek Duvarlar 81
3.4.3.5. Palplanşlar 82
3.4.4. Temel Kazısı Sırasında Oluşabilen Sorunlar 83
3.5. Yüksek Yapılarda Uygulanan Cephe Sistemleri 85
3.5.1. Yüksek Yapı Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması 86
3.5.1.1. Yük Taşıyan (Strüktürel) Cephe Sistemleri 86
3.5.1.2. Giydirme Cephe Sistemleri 88
3.5.2. Yüksek Yapı Cephe Malzemesi ve Sisteminin Seçimi 91
3.5.2.1. Çevresel Ölçütler 91
3.5.2.2. Strüktürel Ölçütler 92
3.5.2.3. Yapım Ölçütleri 92
3.5.2.4. Maliyet Ölçütleri 92
3.5.2.5. Yönetmelikler 92
3.5.2.6. Estetik 93
3.5.2.7. Bakım 93
3.5.3 Yüksek Yapı Cephe Sistemlerinin Uygulamaları ve Sorunları 93
3.5.2.1. Geleneksel Yöntem 94
3.5.2.2. Beeche Yöntemi 96
3.5.2.3. Entegre Yöntem 98
3.5.2.4. Robotik Yöntemler 101
3.6. Şantiye Organizasyonu ve Yapım Aşamaları 102
3.6.1 Şantiye Tanımı 102
3.6.2 Şantiye Kurulumu ve Yerleşim Planı 103
3.6.2.1 Şantiye Planlaması 103
3.6.2.2 Şantiye Yerleşim Planı 106
3.6.3 Vinçler ve İnşaat Asansörleri 108
3.6.3.1 Kule Vinçler 108
3.6.3.2 İnşaat Asansörleri 112
3.6.4 Kalıp ve İskele Sistemleri 113
3.6.4.1 Kalıp Sistemleri 113
3.6.4.2 İskele Sistemleri 113

3.7. Yüksek Yapılarda Beton Dökülmesi 127
3.8. Yüksek Yapılarda Döşeme Sistemleri 131
3.8.1 Betonarme Döşeme Sistemleri 131
3.8.2 Çelik Döşeme Sistemleri 133
3.8.3 Kompozit Döşeme Sistemleri 134

4. ÖRNEKLER 135
4.1 Turning Torso..... 137
4.2 Trump Internatonal Hotel & Tower. 141
4.3 Marina Bay Sands Hotel. 144
4.4 Burj Khalifa..... 148
4.5 Al Hamra Tower. 153
4.6 Kingkey 100..... 156
4.7 Shangai Tower. 159
4.8 Sky City. 165
4.9 Dream Dubai Marina. 169
4.10 Ping An Finance Center..... 172
4.11 Wuhan Greenland Center. 178
4.12 Kingdom Tower. 182
4.13 İş Bankası Kuleleri. 188
4.14 Sapphire Tower. 192
4.15 Anthill Residence 197
4.16 Trump Tower 201
4.17 Varyap Meridian A Blok. 206
4.18 Çiftçi Kuleleri. 209
4.19 Spine Tower. 214
4.20 Folkart 217
4.21 İstanbloom. 220
4.22 Rönesans Tower. 223
4.23 Soyak Plaza. 227
4.24 Zorlu Levent Tower. 231
4.25 Palladium Tower. 236

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 240

5.1. Karşılaştırmalar ve analiz. 240
5.2. Sonuç ve öneriler. 241

KAYNAKLAR 248

EKLER 258

ÖZGEÇMİŞ 266

T.C
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK YAPILARDA UYGULANAN YAPIM TEKNOLOJİLERİNİN İRDELENMESİ VE SORUNLARIN ORTAYA KONMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Erkan GÜLAKAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilgisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşin SEV

OCAK 2014

ÖZET

Bu çalışmada dünyada yapımı tamamlanmış olan 150 metre ve üzerinde seçilen yüksek yapılar, fonksiyon, taşıyıcı sistem, taşıyıcı sisteminde kullanılan malzeme ve yapım yöntemleri açısından analiz edilerek geçmişten günümüze nasıl bir gelişim ve değişime uğradığı ortaya konmuş; buradan yola çıkarak geleceğe yönelik eğilimler konusunda öngörülerde bulunulmuştur. Dünyada ve ülkemizde yapılan ve yapımı devam etmekte olan yüksek yapıların da mevcut durumu karşılaştırılmış; incelenen örnekler ışığında ülkemiz için geleceğe yönelik öneriler sunulmuştur.

Çalışmanın girişini oluşturan ilk bölümünde, problem ortaya konarak konu tanıtılmış, amaç, kapsam ve çalışmada izlenen yöntem, konuyla ilgili yapılmış diğer çalışmalar açıklanmıştır.

İkinci bölümde, yüksek yapı kavramının tarihsel gelişimi ile çeşitli meslek gruplarına, ülke veya şehir yönetmeliklerine, bulunduğu çevreye ve yapı teknolojisine göre yüksek yapı kavramının tanımı verilmiştir. Yüksek Binalar ve Kentsel Yerleşimler Konseyi'ne (Council on Tall Buildings and Urban Habitat-CTBUH) göre yüksek yapı tanımı ve yüksekliği ölçme kriterleri bu bölümde yer almaktadır.

Üçüncü bölümde, yüksek yapılarda yapım sorunlarına yer verilmiştir. Bu bölümde arsa seçimi ve yatırım sorunları ile planlama sorunları analiz edilmiştir. Taşıyıcı sistem seçimi bölümünde, yüksek yapıların malzemelerine göre sınıflandırılarak tarihsel gelişimi irdelenmiştir. Yüksek yapıların yapımında kullanılan temel sistemlerine, cephe sistemlerine, döşeme sistemlerine, kalıp sistemlerine ve yüksek yapılarda beton dökümüne ilişkin detaylı bilgiler bu bölümde yer almıştır. Şantiye planlaması, yerleşimi, vinç planlaması ve bunlara ilişkin sorunlar ortaya konmuş ve çözüm için öneriler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, Türkiye ve dünyadan, 2000 yılından sonra yapılan veya yapımı devam eden 25 adet yüksek yapı örneği seçilmiş ve detaylı bilgi verilmiştir. Bu örnekler yükseklik, kat sayısı, yapım yılı, fonksiyonu, taşıyıcı sistem türü ve malzemesi, temel sistemi, cephe sistemi ve kalıp sistemi açısından incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Sonuç bölümü ise tez aşaması sürecinde ele alınan konuların değerlendirilmesini yorum ve önerileri kapsamaktadır.

Anahtar sözcükler: Yüksek yapı, taşıyıcı sistem, temel sistemleri, cephe sistemleri, kalıp sistemleri, arsa seçimi, şantiye yerleşimi, beton dökümü, vinçler.

ABSTRACT

In this study, high-rise buildings, which are completed and higher than 150 meters are investigated through functions, structural systems and materials as well as construction methods. The data obtained from the past to the present is analyzed to reveal how the construction methods, structural systems and materials, and the functions have changed. Based on these data predictions are made about future trends. In the world and in our country and the ongoing construction of high-rise buildings have also compared the current situation; the samples examined in the light of recommendations are presented for the future for our country.

In the first part of the study, the problems introduced by indicating topics, purpose, scope and method of this study, other studies on the subject are disclosed.

In the second part, the historical development of of high-rise buildings, the definition of the tall building term according to various professional groups, country or city regulations, and environmental conditions is explained. The definition of Council on Tall Buildings and Urban Habitat and measurement criteria are also given in this section.

In the third section, the challenges of constructing a high-rise building are explained. In this section, site selection and investment problems, planning problems are analyzed. Structural system selections, the historical development of high buildings according to the structural material are also examined. The main structural systems utilizes in the construction of high-rise buildings, facade systems, flooring systems, formworks and concrete casting in high-rise buildings are presented in this section. Construction site planning, layout, cranes and related planning issues and solutions have been put forward also.

In the fourth chapter, 25 case studies from Turkey and the world, which are constructed after 2000, or ongoing construction are presented. These examples are analyzed according to height, number of floors, year of construction, function, structural system and material type, the basic system, facade systems and formwork system and compared.

The final section of the dissertation discusses the situation of current tall buildings in Turkey and at abroad.

Key words: High rise buildings, structural systems, foundation systems, wall systems, formwork systems, site selection, site layout, concrete casting, cranes.

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Bazı ülkelere göre yüksek bina tanımları..... 13

Çizelge 3.1. Dünyada 1930 yılından itibaren en yüksek 100 yapının fonksiyonlarına göre adetsel dağılım tablosu..... 32

Çizelge 3.2. İstanbul'daki Karma Kullanımlı Yüksek Yapılar Listesi. 36

Çizelge 3.3. 1960 yılından 2010 yılına kadar dünyanın en yüksek 100 yapısının, taşıyıcı sistem olarak malzeme kullanımı ve fonksiyonlarına göre karşılaştırılması..... 42

Çizelge 3.4. Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek 10 betonarme yapı 45

Çizelge 3.5 Dünyada yapımı tamamlanmış çelik taşıyıcı sistemler ile yapılan en yüksek 10 yapı 51

Çizelge 3.6. Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek 10 kompozit yapı..... 54

Çizelge 3.7. Saha incelemesinin aşamaları 60

Çizelge 3.8. Cephe uygulama yöntemlerinin kıyaslama tablosu..... 101

Çizelge 3.9. Şantiye yerleşim planlaması için en çok kullanılan optimizasyon algoritmaları..... 106

Çizelge 4.1. Turning Torso hakkında genel bilgiler. 137

Çizelge 4.2. Trump Internatonal Hotel & Tower hakkında genel bilgiler..... 141

Çizelge 4.3. Marina Bay Sands Hotel hakkında genel bilgiler. 144

Çizelge 4.4. Burj Khalifa hakkında genel bilgiler. 148

Çizelge 4.5. Al Hamra Tower hakkında genel bilgiler. 153

Çizelge 4.6. Kingkey 100 hakkında genel bilgiler. 156

Çizelge 4.7. Shangai Tower hakkında genel bilgiler. 159

Çizelge 4.8. Sky City hakkında genel bilgiler. 165

Çizelge 4.9. Dream Dubai Marina hakkında genel bilgiler. 169
Çizelge 4.10. Ping An Finance Center hakkında genel bilgiler. 172
Çizelge 4.11. Wuhan Greenland Center hakkında genel bilgiler. 178
Çizelge 4.12. Kingdom Tower hakkında genel bilgiler. 182
Çizelge 4.13. İş Bankası Kuleleri hakkında genel bilgiler. 188
Çizelge 4.14. Sapphire Tower hakkında genel bilgiler. 192
Çizelge 4.15. Anthill Residence hakkında genel bilgiler. 197
Çizelge 4.16. Trump Tower hakkında genel bilgiler. 201
Çizelge 4.17. Varyap Meridian A Blok hakkında genel bilgiler. 206
Çizelge 4.18. Çiftçi Kuleleri hakkında genel bilgiler. 209
Çizelge 4.19. Spine Tower hakkında genel bilgiler. 214
Çizelge 4.20. Folkart hakkında genel bilgiler 217
Çizelge 4.21. İstanbloom hakkında genel bilgiler. 220
Çizelge 4.22. Rönesans Tower hakkında genel bilgiler. 223
Çizelge 4.23. Soyak Plaza hakkında genel bilgiler. 227
Çizelge 4.24. Zorlu Levent Tower hakkında genel bilgiler. 231
Çizelge 4.25. Palladium Tower hakkında genel bilgiler. 236
Çizelge 5.1. 2000 yılından sonra yapılmış veya yapımına devam eden dünyadan 12 adet, Türkiye'den 13 adet toplam 25 adet yüksek bina karşılaştırma tablosu 240

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Babil Kulesi, Pieter Brueghel. 4

Şekil 2.2. İskenderiye Feneri. 4

Şekil 2.3. Mısır Piramitleri. 5

Şekil 2.4. Maya Tapınakları, Meksika. 5

Şekil 2.5. Kutub Minaresi, Hindistan 5

Şekil 2.6. Selimiye Cami, Edirne 5

Şekil 2.7. Dünyanın 10 yüksek kulesi 6

Şekil 2.8. Canton Tower ve Sky Tree Tower planları ve dar kenar ölçüleri tablosu 6

Şekil 2.9. Yüksek Yapılar Tarihsel Dönem Grafiği 7

Şekil 2.10. Monadnock Binası, Chicago, 1891 8

Şekil 2.11. Masonic Temple, Chicago, 1892 8

Şekil 2.12. Home Insurance, Chicago, 1885 8

Şekil 2.13. Equitable Life Insurance Company Binası, New York,1870 9

Şekil 2.14. Woolworth Binası New York, 1913 9

Şekil 2.15. Empire State Binası, New York, 1931 10

Şekil 2.16. Chrysler binası, New York, 1930 10

Şekil 2.17. Lake Shore Drive Apartmanları, Chicago,1952 11

Şekil 2.18. Dünya Ticaret Merkezi, New York,1972-2001 12

Şekil 2.19. Sears Tower, Chicago,1974 12

Şekil 2.20. Petronas Kuleleri, Kuala Lumpur,1996 12

Şekil 2.21. Taipei 101,Taipei,2004 12

Şekil 2.22. Burj Khalifa, Dubai, 2010 13

Şekil 2.23. 60 katlı 3 tip binanın tesisat katı yükseklikleri tablosu 16
Şekil 2.24. Yüksek Yapının çevre dokusuyla olan ilişkisi..... 17
Şekil 2.25. Yapı yüksekliğinin oransal bir tanımıdır..... 17
Şekil 2.26. Yapı yüksekliğinin yapıda kullanılan ileri teknoloji ile olan ilişkisi 17
Şekil 2.27. Mimari tepe noktasına göre yükseklik 2013 yılı itibariyle dünyanın en yüksek 10 yapısı 19
Şekil 2.28. Kullanılan en üst katın döşemesine göre yükseklik 2013 yılı itibariyle dünyanın en yüksek 10 yapısı 20
Şekil 2.29. Tepe noktasına n göre yükseklik 2013 yılı itibariyle dünyanın en yüksek 10 yapısı 21
Şekil 2.30. Kat sayısına göre yüksek yapı sınıflandırılmıştır..... 22
Şekil 3.1. Hong Kong kent silueti 26
Şekil 3.2. Tokyo kent silueti 26
Şekil 3.3. Londra kent silueti 26
Şekil 3.4. İstanbul'un eski ve yeni kent siluetinin karşılaştırılması..... 27
Şekil 3.5. İstanbul Tarihi Yarımada'nın eski ve yeni siluetinin karşılaştırılması 27
Şekil 3.6. İstanbul Dolmabahçe Sarayı'nın hemen arkasına yapılan otel ve iş merkezi 28
Şekil 3.7. İçme suyu şebekelerinde yüksek binanın durumu..... 29
Şekil 3.8. Kanalizasyon sisteminde yüksek binanın durumu..... 30
Şekil 3.9. 2012 yılında yapımı tamamlanan 200 m veya üzeri yüksek yapıların fonksiyonlarına göre dağılımına tablosu..... 33
Şekil 3.10. Dünyada ve Türkiye'deki en yüksek 100 yapının fonksiyonlarına göre dağılım tablosu..... 33

Şekil 3.11. Trump İnternational (Chicago) fonksiyon şeması ve görünümü 35
Şekil 3.12. Turning Torso (Malmö) görünümü 35
Şekil 3.13. Akmerkez görünüm 36
Şekil 3.14. Folkart Bayraklı Kulesi fonksiyon Şeması 37
Şekil 3.15. Dünya ve Türkiye'de yapımı tamamlanmış en yüksek 100 yapının taşıyıcı sistem malzemelerine göre sınıflandırılması 42
Şekil 3.16. Yatay yüklere dayanıklı yüksek yapı taşıyıcı sistemlerinin 1960 yılında karşılaştırılması 43
Şekil 3.17. Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler (ABD örneği). 43
Şekil 3.18. Yüksek yapılarda betonarme taşıyıcı sistemler 45
Şekil 3.19. Citic Plaza, Guangzhou 46
Şekil 3.20. Trump International Hotel & Tower görünümleri 47
Şekil 3.21. Trump International Hotel & Tower planı 47
Şekil 3.22. Al Hamra Tower geometrik yapısı ve şematik planları 48
Şekil 3.23. Kingdom Tower plan ve taşıyıcı sistemi 49
Şekil 3.24. Sapphire taşıyıcı sistem kesit ve görünüşleri 49
Şekil 3.25. Yüksek yapılarda çelik taşıyıcı sistemler 50
Şekil 3.26. Willis Tower çelik demet tüp sistem 52
Şekil 3.27. Willis Tower çelik demet tüp sistem planı ve görünümü 52
Şekil 3.28. Sky City taşıyıcı sistem plan ve kesitler 53
Şekil 3.29. Shanghai World Financal Center taşıyıcı sistemi 55
Şekil 3.30. Burj Khalifa taşıyıcı sistemi 55
Şekil 3.31. Shanghai Tower taşıyıcı sistemi 56
Şekil 3.32. Shanghai Tower taşıyıcı sistemi 56
Şekil 3.33. Ping An Financal Centre taşıyıcı sistemi planı ve şantiyeden görünüm 57

Şekil 3.34. Klasik zemin inceleme yöntemleri 61
Şekil 3.35. Yüklerin zemine aktarılış biçimine göre kazık çeşitleri 63
Şekil 3.36. Önüretimli çelik kazıklar ve uygulaması 64
Şekil 3.37. Önüretimli betonarme kazıklar ve uygulaması 65
Şekil 3.38. Fore Kazık uygulama aşamaları 68
Şekil 3.39. Fore Kazık uygulaması 68
Şekil 3.40. Açık keson temel sistemi yapım aşamaları 70
Şekil 3.41. Yapıldıkları malzemelere göre çarık en kesitleri 70
Şekil 3.42. Hava basınçlı keson temel sistemi yapım aşamaları 71
Şekil 3.43. Yüzen keson temel sistemi yapım aşamaları 71
Şekil 3.44. Permeasyon (Sızdırma-Emdirme) Enjeksiyonu uygulaması 72
Şekil 3.45. Kompaksiyon enjeksiyonu uygulaması 73
Şekil 3.46. Petronas Tower temel sisteminin kaydırılması 73
Şekil 3.47. Petronas Tower temel sistemi 74
Şekil 3.48. Jet Grout enjeksiyon uygulaması 74
Şekil 3.49. Jet Grout enjeksiyon ekipmanları 75
Şekil 3.50. Anthill temel kalınlıkları 76
Şekil 3.51. Diyafram duvar uygulama örnekleri 78
Şekil 3.52. Ankrajlı betonarme perde duvar uygulama aşamaları 79
Şekil 3.53 Kazıklı ve ankrajlı duvar başlığının yapılması 80
Şekil 3.54. Kazıklı ve ankrajlı duvar başlığı 80
Şekil 3.55. Kazıklı ve ankrajlı duvar göğüsleme kirişleri 81
Şekil 3.56. Zemin Çivili Duvar püskürtme betonu ve
çelik hasır döşenmesi 81
Şekil 3.57. Zemin Çivili Duvar uygulamasından örnekler 82
Şekil 3.58. Palplanş uygulamasından örnekler 83

Şekil 3.59. Temel duvarlarına yapılan destek sistemi 84
Şekil 3.60. World Trade Center yük taşıyıcı cephe sistemi ve planı 87
Şekil 3.61. O-14 Tower (Dubai) yük taşıyıcı cephe sistemi ve planı..... 87
Şekil 3.62. O-14 Tower (Dubai) yük taşıyıcı cephe sistemi ve
döşemelere bağlantı kirişi donatı yerleşimi. 88
Şekil 3.63. Yapısal macun-contalama sistem detayı 91
Şekil 3.64. Cephe sistemi için montaj iş akış adımları 94
Şekil 3.65. Geleneksel cephe sistemi için montaj aşamaları..... 95
Şekil 3.66. Geleneksel cephe sistemi; panellerin kat içine alınması 95
Şekil 3.67. Geleneksel cephe sistemi; panellerin kat içinde depolanması 95
Şekil 3.68. Geleneksel cephe sistemi; panellerin kule vinçle taşınması..... 96
Şekil 3.69. Beeche sistemi montaj aşamaları 97
Şekil 3.70. Depolama ve düşey taşıma aşamaları 97
Şekil 3.71. Beeche sistemi montaj aşamaları 97
Şekil 3.72. Trump World Tower..... 98
Şekil 3.73. Entegre sistemi montaj aşamaları 99
Şekil 3.74. Entegre sistemi genel iş akış şeması 99
Şekil 3.75. Entegre sistemi katlara düşey taşıma 100
Şekil 3.76. Entegre sistemi montaj aşamaları 100
Şekil 3.77. Kapasite/Kamyon yükü 100
Şekil 3.78. Robot ekskavatör yardımıyla giydirme cephe panellerinin
kat içinde transferi ve cepheye montaj aşamaları 101
Şekil 3.79. Robot ekskavatör yardımıyla giydirme cephe montaj
kontrol şeması 102
Şekil 3.80. Şantiye konaklama ve ulaşım şeması 105
Şekil 3.81. Dört Boyutlu şantiye yerleşim planlaması 107

Şekil 3.82. Yüksek yapı şantiye yerleşim örneği 107
Şekil 3.83. Kule vinci oluşturan elemanlar 109
Şekil 3.84. Kule vinci oluşturan elemanlar 109
Şekil 3.85. Kule vinç yerleşim planlaması 110
Şekil 3.86. Kule vinç mesafe planlaması 111
Şekil 3.87. Personel ve yük asansörleri görünümleri 112
Şekil 3.88. Malzeme asansörleri görünümleri 112
Şekil 3.89. Kalıp tasarım programları 114
Şekil 3.90. Kalıpların yapı maliyetine etkisi.
A) Yapının genel maliyet dağılımı,
B) İşçilik ve malzeme genel dağılımı,
C) Malzeme maliyet dağılımı, D) İşçilik maliyet dağılımı 114
Şekil 3.91. Perde kalıp örnekleri 117
Şekil 3.92. Ayarlı ve sabit kolon kalıp örnekleri 117
Şekil 3.93. Çerçeveli kiriş kalıp. 118
Şekil 3.94. Sık kirişli endüstriyel ahşap kalıp. 118
Şekil 3.95. Sık kirişli vinçsiz kaldırılan döşeme kalıp çeşitleri 118
Şekil 3.96. Vinçle kaldırılan masa kalıp çeşitleri 119
Şekil 3.97. Vinçle kaldırılan çekmece kalıp çeşitleri 119
Şekil 3.98. Tam tünel kalıp sistemi (solda) ve yarım tünel
kalıp sistemi (sağda) 120
Şekil 3.99. Kayar kalıp sistemi işleyiş şeması 121
Şekil 3.100. Vinçle tırmanır kalıp sistemi 122
Şekil 3.101. Kalıp taşıyıcı dikmeler. 122
Şekil 3.102. Malzeme asansörleri görünümleri 123
Şekil 3.103. Çelik borulu iskeleler 125

Şekil 3.104. Yük taşıyan iskeleler 126
Şekil 3.105. Cephe iskeleleri 126
Şekil 3.106. Üst katlara beton dökme sistem ve ekipmanları 127
Şekil 3.107. Malzeme asansörleri görünümleri. 128
Şekil 3.108. Beton pompalama sistem boruları.. 128
Şekil 3.109. Beton dağıtım ekipmanları ve hidrolik sistemi 128
Şekil 3.110. Elastik beton dökümü 130
Şekil 3.111. Yüksek dayanımlı beton kullanılan yapılar
(solda) Maslak Spine Tower, (sağda) 42 Maslak Projesi 131
Şekil 3.112. Çeşitli kompozit döşeme sistemleri. 134
Şekil 4.1. Dünya ve Türkiye'de 2000 yılından sonra yapılmış
veya yapımına devam eden150 metre ve üzeri 25 adet
yüksek bina dağılım tablosu 135
Şekil 4.2. 2005 yılından sonra yapılmış veya yapımı devam eden
190 metre ve üzeri 12 adet yüksek bina örneği. 136
Şekil 4.3. Turning Torso konsepti ve döndürme işlemi 138
Şekil 4.4. Turning Torso tipik kat planı 138
Şekil 4.5. Turning Torso betonarme taşıyıcı çekirdek, kolon ve döşemeler. 139
Şekil 4.6. Turning Torso taşıyıcı sistemi 140
Şekil 4.7. Turning Torso temel sistemi. 140
Şekil 4.8. Turning Torso kalıp sistemi 140
Şekil 4.9. Trump Internatonal Hotel & Tower kesit ve planı 141
Şekil 4.10. Trump Internatonal Hotel & Tower taşıyıcı sistemi 142
Şekil 4.11. Trump Internatonal Hotel & Tower taşıyıcı sistemi planı 142
Şekil 4.12. Trump Internatonal Hotel & Tower keson temel kesiti 143
Şekil 4.13. Marina Bay Sands Hotel kesit ve görünüşler 144

Şekil 4.14. Marina Bay Sands Hotel planları 145
Şekil 4.15. Marina Bay Sands Hotel taşıyıcı sistem
plan ve görünüşleri. 145
Şekil 4.16. Marina Bay Sands Hotel gökyüzü parkı taşıyıcı sistem
plan ve kesiti. 146
Şekil 4.17. Marina Bay Sands Hotel yapım aşamaları. 146
Şekil 4.18. Marina Bay Sands Hotel gökyüzü
parkının yapım aşamaları. 147
Şekil 4.19. Burj Khalifa plan, kesit ve görünüşler. 149
Şekil 4.20. Burj Khalifa taşıyıcı sistem detayı ve çekirdek planı 150
Şekil 4.21. Burj Khalifa temel sistemi kazık planı ve perspektifi. 151
Şekil 4.22. Burj Khalifa cephe sistemi görünümü 151
Şekil 4.23. Burj Khalifa cephe temizleme sistemi 152
Şekil 4.24. Burj Khalifa kalıp sistemi 152
Şekil 4.25. Al Hamra Tower kesit ve planı 154
Şekil 4.26. Al Hamra Tower taşıyıcı sistemi 154
Şekil 4.27. Al Hamra Tower yapım aşamaları. 155
Şekil 4.28. Al Hamra Tower kalıp sistemi 155
Şekil 4.29. Al Hamra Tower temel sistemi kazık yerleşim planı ve kesiti 155
Şekil 4.30. Kingkey 100 kat planları. 156
Şekil 4.31. Kingkey 100 kesit ve görünüşü. 157
Şekil 4.32. Kingkey restoran görünümü. 157
Şekil 4.33. Kingkey 100 taşıyıcı sistem detayları. 158
Şekil 4.34. Shangai Tower planları 159
Şekil 4.35. Shangai Tower görünüşler. 160
Şekil 4.36. Shangai Tower taşıyıcı sistem planı. 161
Şekil 4.37. Shangai Tower taşıyıcı sistem perspektifleri 161

Şekil 4.38. Shangai Tower taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu modelinin bilgisayar destekli oluşturulması. 162
Şekil 4.39. Shangai Tower amortisör detayı 162
Şekil 4.40. Shangai Tower cephe sistemi ve detayları 163
Şekil 4.41. Shangai Tower cephe sistemi çeşitleri montajı ve detayları 163
Şekil 4.42. Shangai Tower temel sistemi görünümleri 164
Şekil 4.43. Shangai Tower kalıp sistemi görünümleri 164
Şekil 4.44. Sky City plan ve kesitler. 166
Şekil 4.45. Sky City çelik taşıyıcı sistemi. 167
Şekil 4.46. Sky City modüllerin fabrikada üretimi ve nakliyesi 167
Şekil 4.47. Sky City modüllerin montaj aşamaları 168
Şekil 4.48. Sky City modüllerin ve giydirme panel cephenin montaj aşamaları. .. 168
Şekil 4.49. Sky City temel sistemi uygulama aşamaları 168
Şekil 4.50. Dream Dubai Marina planları 169
Şekil 4.51. Dream Dubai Marina kesitler. 170
Şekil 4.52. Dream Dubai Marina taşıyıcı sistem görünüşü. 171
Şekil 4.53. Dream Dubai Marina kalıp sistem planı ve görünümleri 171
Şekil 4.54. Ping An Finance Center alt katlar planı. 173
Şekil 4.55. Ping An Finance Center üst katlar planı 173
Şekil 4.56. Ping An Finance Center kesit ve görünüşü 174
Şekil 4.57. Ping An Finance Center taşıyıcı sistem detayı. 175
Şekil 4.58. Ping An Finance Center taşıyıcı sistemi 175
Şekil 4.59. Ping An Finance Center mega kolon detayı 176
Şekil 4.60. Ping An Finance Center temel sistemi 176
Şekil 4.61. Ping An Finance Center cephe sistem detayları 177
Şekil 4.62. Wuhan Greenland Center otel katları planı 178

Şekil 4.63. Wuhan Greenland Center ofis katları planı. 179
Şekil 4.64. Wuhan Greenland Center taşıyıcı sistem planı perspektifi 179
Şekil 4.65. Wuhan Greenland Center taşıyıcı sistem görünüşü ve rüzgar tüneli. .. 180
Şekil 4.66. Wuhan Greenland Center çatı taşıyıcı sistemi 180
Şekil 4.67. Wuhan Greenland Center tepe taşıyıcı sistemi 181
Şekil 4.68. Wuhan Greenland Center yapım aşamaları. 181
Şekil 4.69. Kingdom Tower planı ve fonksiyon kesiti. 183
Şekil 4.70. Kingdom Tower plan, kesit ve görünüşler 184
Şekil 4.71. Kingdom Tower taşıyıcı sistemi 185
Şekil 4.72. Kingdom Tower temel sistemi kesit ve perspektifi 185
Şekil 4.73. Kingdom Tower kazık yerleşim planı 186
Şekil 4.74. Kingdom Tower kazık plan ve görünümü 186
Şekil 4.75. Türkiye'de 2000 yılından sonra yapılmış veya yapımı devam eden 150 metre ve üzeri 13 adet yüksek bina örneği 187
Şekil 4.76. İş Bankası Kuleleri vaziyet planı. 183
Şekil 4.77. İş Bankası Genel Müdürlük planı. 183
Şekil 4.78. İş Bankası Genel Müdürlük kesitleri. 184
Şekil 4.79. Sapphire Tower kesiti 187
Şekil 4.80. Sapphire Tower kat planları). 188
Şekil 4.81. Sapphire Tower taşıyıcı plan. 189
Şekil 4.82. Sapphire Tower Cephe sistem detayı 190
Şekil 4.83. Anthill Residence vaziyet planı. 191
Şekil 4.84. Anthill Residence kat planları. 192
Şekil 4.85. Anthill Residence taşıyıcı sistemi. 193
Şekil 4.86. Anthill Residence temel sistemi. 194
Şekil 4.87. Anthill Residence cephe sistemi. 194

Şekil 4.88. Trump Towers konut kat planı. 196
Şekil 4.89.Trump Towers ofis katları kesiti. 196
Şekil 4.90. Trump Towers ofis katları taşıyıcı sistem planı. 197
Şekil 4.91. Trump Towers temel sistemi..... 199
Şekil 4.92. Trump Towers cephe sistemi. 199
Şekil 4.93. Varyap Meridian vaziyet planı. 200
Şekil 4.94. Varyap Meridian kat planı. 200
Şekil 4.95. Varyap Meridian taşıyıcı perspektifi. 201
Şekil 4.96. Varyap Meridian cephe sistemi. 202
Şekil 4.97.Varyap Meridian cephe sistemi. 202
Şekil 4.98. Çiftçi Kuleleri planı. 204
Şekil 4.99. Çiftçi Kuleleri görünümü. 205
Şekil 4.100. Çiftçi Kuleleri kompozit kolon detayı. 206
Şekil 4.101. Çiftçi Kuleleri taşıyıcı sistem görünüşü. 206
Şekil 4.102. Çiftçi Kuleleri temel sistem görünüşü. 207
Şekil 4.103. Çiftçi Kuleleri cephe sistemi görünüşü. 207
Şekil 4.104. Spine Tower vaziyet planı 208
Şekil 4.105. Spine Tower zemin kat planı. 209
Şekil 4.106. Spine Tower kesit ve görünüş. 209
Şekil 4.107. Spine Tower taşıyıcı sistem planı. 210
Şekil 4.108. Spine Tower temel sistem görünümleri. 210
Şekil 4.109. Folkart Towers lüks konut planı. 211
Şekil 4.110. Folkart Towers ofis kat planı 212
Şekil 4.111. Folkart Towers görünüşve kesiti. 212
Şekil 4.112. Folkart Towers taşıyıcı sistem planı. 213
Şekil 4.113. Folkart Towers temel sistemi perspektifi. 213

Şekil 4.114. İstanbloom vaziyet planı. 214
Şekil 4.115. İstanbloom lüks konut kat planı 215
Şekil 4.116. İstanbloom kesitleri. 215
Şekil 4.117. İstanbloom taşıyıcı sistem planı. 216
Şekil 4.118. İstanbloom taşıyıcı sistem planı. 216
Şekil 4.119. Rönesans Tower vaziyet planı. 217
Şekil 4.120. Rönesans Tower görünüşleri. 218
Şekil 4.121. Rönesans Tower ofis kat planları 218
Şekil 4.122. Rönesans Tower kesiti. 219
Şekil 4.123. Rönesans Tower taşıyıcı sistem planı 220
Şekil 4.124. Rönesans Tower cephe sistemi. 220
Şekil 4.125. Soyak Plaza zemin kat planı 221
Şekil 4.126. Soyak Plaza zemin görünüşü 222
Şekil 4.127. Soyak Plaza kesit 223
Şekil 4.128. Soyak Plaza taşıyıcı sistem planı. 223
Şekil 4.129. Soyak Plaza taşıyıcı sistem görünüşleri. 224
Şekil 4.130. Zorlu Levent Tower vaziyet planı. 225
Şekil 4.131. Zorlu Levent Tower kat planları. 226
Şekil 4.132. Zorlu Levent Tower kat planları. 227
Şekil 4.133. Zorlu Levent Tower kesitleri 227
Şekil 4.134. Zorlu Levent Tower taşıyıcı sistem planı 228
Şekil 4.135. Zorlu Levent Tower taşıyıcı sistem kesiti 229
Şekil 4.136. Zorlu Levent Tower taşıyıcı sistem kesiti 229
Şekil 4.137. Palladium Tower kat planları. 231
Şekil 4.138. Palladium Tower görünüm 232
Şekil 4.139. Palladium Tower taşıyıcı sistem planı 232

Şekil 4.140. Palladium Tower yarı panel cephe görünümü 233
Şekil 4.141. Palladium Tower temel sisteminin kesiti 233

KISALTMALAR

CTBUH **:** Council on Tall Buildings and Urban Habitat
(Yüksek Binalar ve Kentsel Yaşam Konseyi)

1.GİRİŞ

1. 1. PROBLEMİN TANIMI

Yüksek yapıların gelişimine bakıldığında, 1960'lar sonrası modernizm döneminden itibaren büyük ilerlemeler kaydettiğini görmekteyiz. 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başındaki endüstriyel gelişmeler, şehirlerde, yaşam ve çalışma alanlarının birbirinden ayrıldığı, bölgesellik ilkesine dayalı, yüksek yoğunluktaki büro ve ticaret işlevlerinin kent merkezlerinde yer almaya başlamasıyla konut alanları bu merkezlerin dışına kaymaya başlamıştır. Bölgesel ayırım modelinin meydana getirdiği; konut ve iş bölgeleri arasındaki zaman ve enerji kaybı, ulaşım sorunu, çok sayıda park yeri gereksinimi, kent merkezlerinin çalışma saatleri dışında güvenliği gibi olumsuzluklar nedeniyle, 1960'lardan itibaren, konut, büro ve ticaret işlevlerinin kent merkezlerinde birlikte yer alması fikri ağırlık kazanmıştır. Bu fikrin binaların işlevine yansımasıyla, kent merkezlerinde büyük çoğunluğu büro ve ticari işlevli olan yapılar yanında konut ve karma kullanımlı yüksek yapılar tasarlanmaya başlanmıştır.

Yüksek yapı yapım ve taşıyıcı sistem malzemelerindeki teknolojik gelişmeler neticesinde ülke veya büyük şirketlerin tarafından yapılmakta olan 300 metre ve üzeri yüksek yapılar ve özellikle 2010 sonrası 600 metre ve üzeri yapılan yüksek binalar prestij ve gücün ifade şekli olarak kendilerini göstermektedirler.

Türkiye'de yüksek yapıların tarihsel gelişimi incelendiğinde ise özellikle İstanbul örneğinde görülen tarihi dokuya, kent siluetine ve altyapıya yaptıkları olumsuz etkiler dikkate alınmadan ve plansız ve denetimsiz bir şekilde kent merkezinde ortaya çıktıkları görülmektedir.

Yüksek yapıların günümüzde tasarım, yatırım, kullanım çeşitlerinin belirlenmesi aşamasından, bulunduğu çevreye etkilerinden, taşıyıcı sistem ve malzemesinin seçimine, yapım teknolojilerinin belirlenmesine ve işletme aşamasına kadar olan tüm süreçlerin birlikte değerlendirilmesini ve yönetilmesini gerektiren oldukça karmaşık bir yapı türü olduğu belirlenmektedir.

1. 2. TEZİN AMACI

Bu çalışmanın amacı yüksek yapıların taşıyıcı sistem türleri ve malzemelerinin yapım yöntemleri ve sistemlerine göre seçiminin yapılabilmesi için, yapım yatırım, planlama ve organizasyon sorunlarının tespit edilmesi ve günümüzdeki çözüm sistemlerinin belirlenmesidir.

Günümüzde yapım teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte sayıları artmaya başlayan yüksek yapıların fonksiyonlarının tarihsel gelişimi, kent içindeki yerleşimlerini, bulunduğu çevre üzerindeki etkilerini ve bunun sonucu olarak günümüzde tercih edien karma kullanımlı yapıların yatırım ve planlama sorunlarını yurtdışı ile yurtiçi örnekler üzerinde irdeleme yaparak incelemektir.

1. 3. TEZİN KAPSAMI VE YÖNTEMİ

Bu çalışma kapsamında, yapım yöntemlerinde geleneksel yöntemlere göre farklılaşmalar gösteren yüksek yapıların, taşıyıcı, temel, cephe ve kalıp sistemleri, yurt içi ve yurt dışı örnekler teknik açıdan incelenerek değerlendirmeler yapılacaktır.

Bu araştırma kapsamında ele alınacak yüksek bina örnekleri, 100 metre ve üzerinde tanımlanan, taşıyıcı sistem, temel sistemi, cephe sistemi, kalıp sistemi ve yapım yöntemleri farklılıklar gösteren, teknolojinin ön plana çıktığı yüksek, süper yüksek ve mega yüksek yapı olarak tanımlanan bina türleridir. İncelenecek yüksek yapılarda fonksiyon çeşitliliği açısından sınırlama yapılmamış, büro, konut, karma kullanımlı vb. yüksek yapı örneklerine yer verilmiştir.

Türkiye'de ele alınan örnekler arasında 2010 yılından itibaren İstanbul'da yapılan ve yapımı devam etmekte olan örneklere öncelik verilmiş olup, bu tarihten önce yapılan örneklerden de önem arz etmesi açısından söz edilecektir.

Tez kapsamında yüksek yapıların yapım sorunları, arsa seçimi, yatırım ve planlama sorunları, taşıyıcı sistem seçimi, temel sistemleri, cephe sistemleri, şantiye organizasyonu ve yapım aşamaları gibi başlıklar altında konular analiz edilerek değerlendirmeler yapılacaktır.

Bu çalışma kapsamında, ele alınacak yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri, kullanılan malzemelere göre sınıflandırılacaktır.

Çalışmanın yöntemi olarak konu ile ilgili çalışmalar kapsamında: Türkiye'de ve yurtdışında yayımlanmış konu ile ilgili bilimsel nitelikli kitap ve makaleler, bilimsel kuruluşlar tarafından düzenlenen sempozyum, panel ve konferans notları incelenmiştir.

Yapılan araştırmalar sonrasında, yüksek yapı kavramı, tarihsel süreç içerisindeki gelişimi, yüksek yapıların yapım sorunları incelenmiştir. Sonuç bölümünde, tez kapsamında elde edilen bulgular ve değerlendirmeler neticesinde ülkemizde yapılacak yüksek yapılar için, taşıyıcı sistem ve malzemesinin seçimi ve yapım yöntemleri ile ilgili öneriler ortaya konmuştur.

1. 4. BU KONUDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Kaynak araştırmasında öncelikle yüksek yapılarla ilgili olarak yapılmış çalışmalar, tezler ve yayınlar taranarak yüksek yapı tanımları tarihsel gelişimine göre yapılmış, yüksek yapıların taşıyıcı sistem, yapım sistem ve sınıflandırmaları oluşturulmaya çalışılmıştır. CTBUH tarafından konu ile ilgili yayınlamış yayınlardan faydalanılmıştır. Tez kapsamındaki bazı konularda da ağırlıklı oranda aşağıdaki tezlerden faydalanılmıştır.

Benli, N., 2005. Çok Katlı Yüksek Yapılarda Kullanılan Kalıp Sistemlerinin İrdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Sev, A., 2001. Türkiye ve Dünyadaki Yüksek Binaların Mimari Tasarım ve Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi, *Doktora Tezi,* MSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

2. YÜKSEK YAPI KAVRAMI

2. 1. YÜKSEK YAPI TANIMI

Yüksek yapı kavramı için uluslararası geçerli olabilecek tek bir tanım bulunmamaktadır. Bunun nedeni olarak yüksek bina tanımının her ülkede, hatta farklı şehirlerde farklı ölçütlere göre yapılmasıdır. Bu ölçütlerden bazıları aşağıdaki gibidir:

2.1.1. Yapıldığı Döneme Göre

Yüksek yapılar için yapıldıkları dönemlere göre farklı tanımlamalar geliştirilmiştir. Örneğin Antik çağlarda anıtsal nitelikteki yüksek yapılar bugünkü anlayıştan farklı olarak ele alınmaktadır.

Yüksek, daha da yüksek yapılar yaratmak her zaman insanların arzusu olmuştur. Babil Kulesi (Şekil 2.1), İskenderiye Feneri (Şekil 2.2), Mısır piramitleri, (Şekil 2.3), Meksika'daki Maya tapınakları, (Şekil 2.4), Hindistan'daki Kutub Minaresi (Şekil 2.5), vb. gibi yapılar Antik Yüksek Yapı tanımlaması sınırları içinde girmektedir.



Şekil 2.1. Babil Kulesi, Pieter Brueghel.



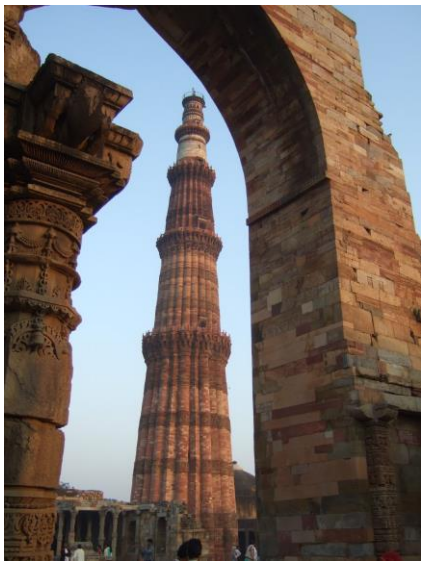
Şekil 2.2. İskenderiye Feneri.



Şekil 2.3. Mısır Piramitleri.



Şekil 2.4. Maya Tapınakları, Meksika.



Şekil 2.5. Kutub Minaresi, Hindistan.

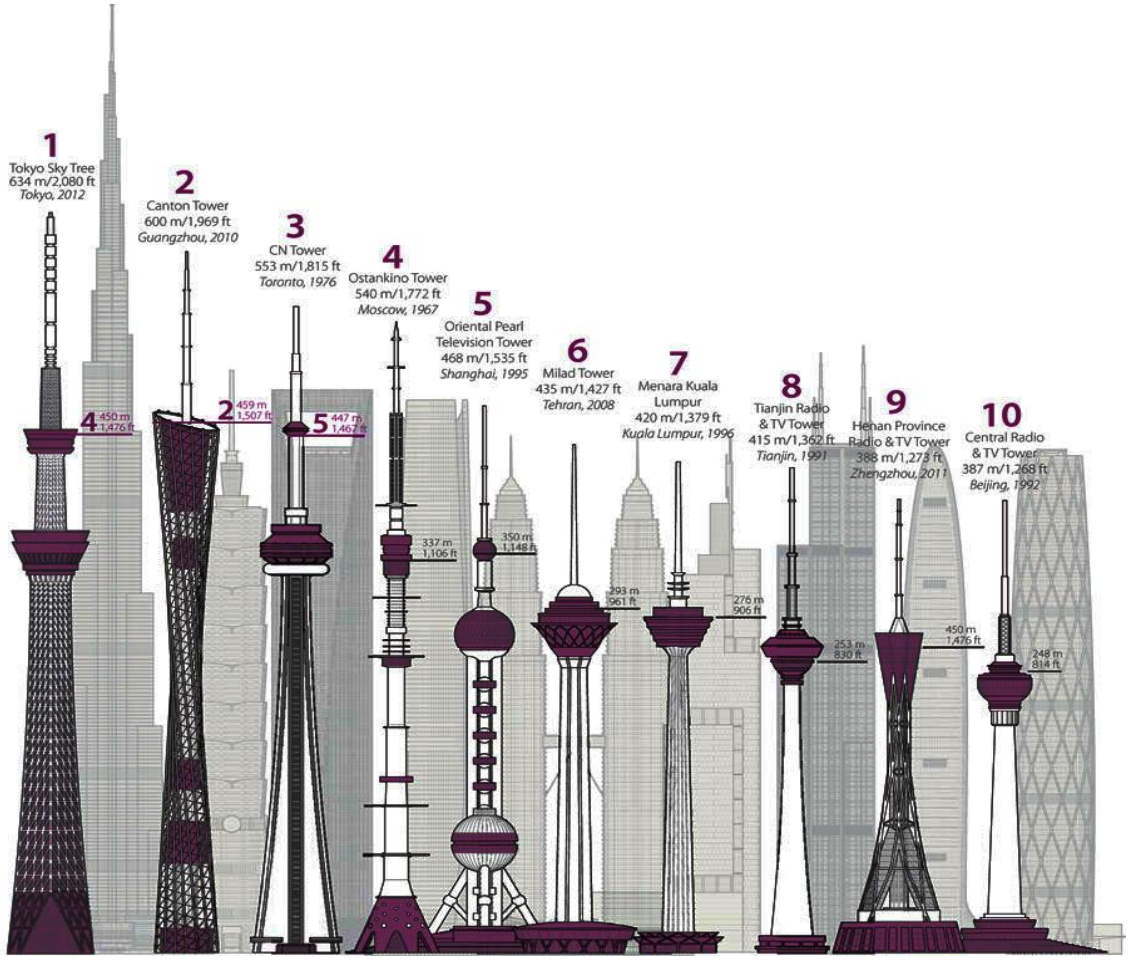


Şekil 2.6. Selimiye Cami, Edirne.

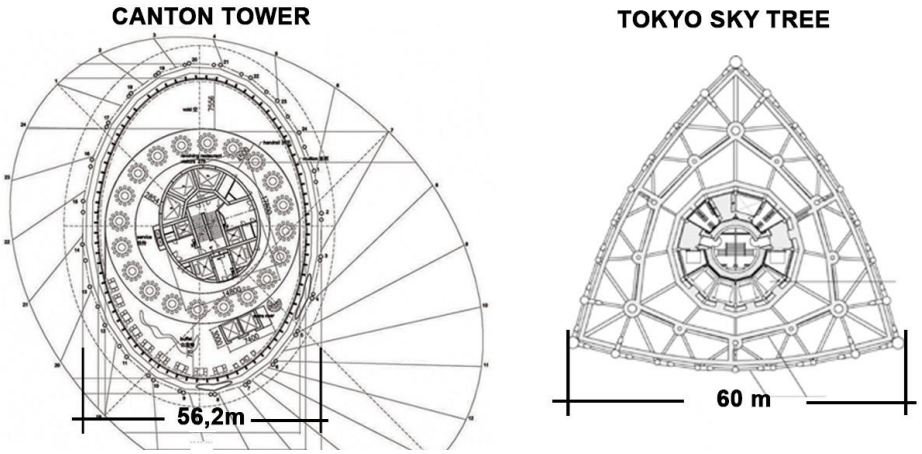
Prof. Dr. Hamdi Şensoy'a göre Edirne'deki Selimiye Camii[1] (Şekil 2.6) taşla yapılan en narin yapıdır. Minarelerinin narinliği ancak bugünkü teknoloji ile yapılan gökdelenlerle kıyaslanabilir. Minarelerin çapı 3.80 m, yüksekliği ise 70,89 (âlem hariç) m'dir. Bu durumda minarelerin narinlik değeri 18.65'e ulaşmaktadır[2]. Bu değer Taipei 101 Kulesi'nde (2004, Taipei) 8 (508m/63.5m), Burj Khalifa'da (2010, Dubai) 9.2 (828m/90m), Tokyo Sky Tree Yayı Kulesi'nde 10.56 (634 m/60 m) ve Canton Tower (Guangzhou) TV Kulesi'nde 10,67 (600 m/56,2)'dir (Şekil 2.7, 2.8), (URL-1).

[1] Prof. Dr. Hamdi Şensoy (Mimar, MSÜ Emekli Öğretim Üyesi) ile 1990 tarihinde yapılan söyleşiden edinilen bilgidir.

[2] Narinlik değeri yapı yüksekliğinin taban kısa kenarına (çapına) oranıdır. Selimiye Camii için; 70.89/3.80=18.65'tir.

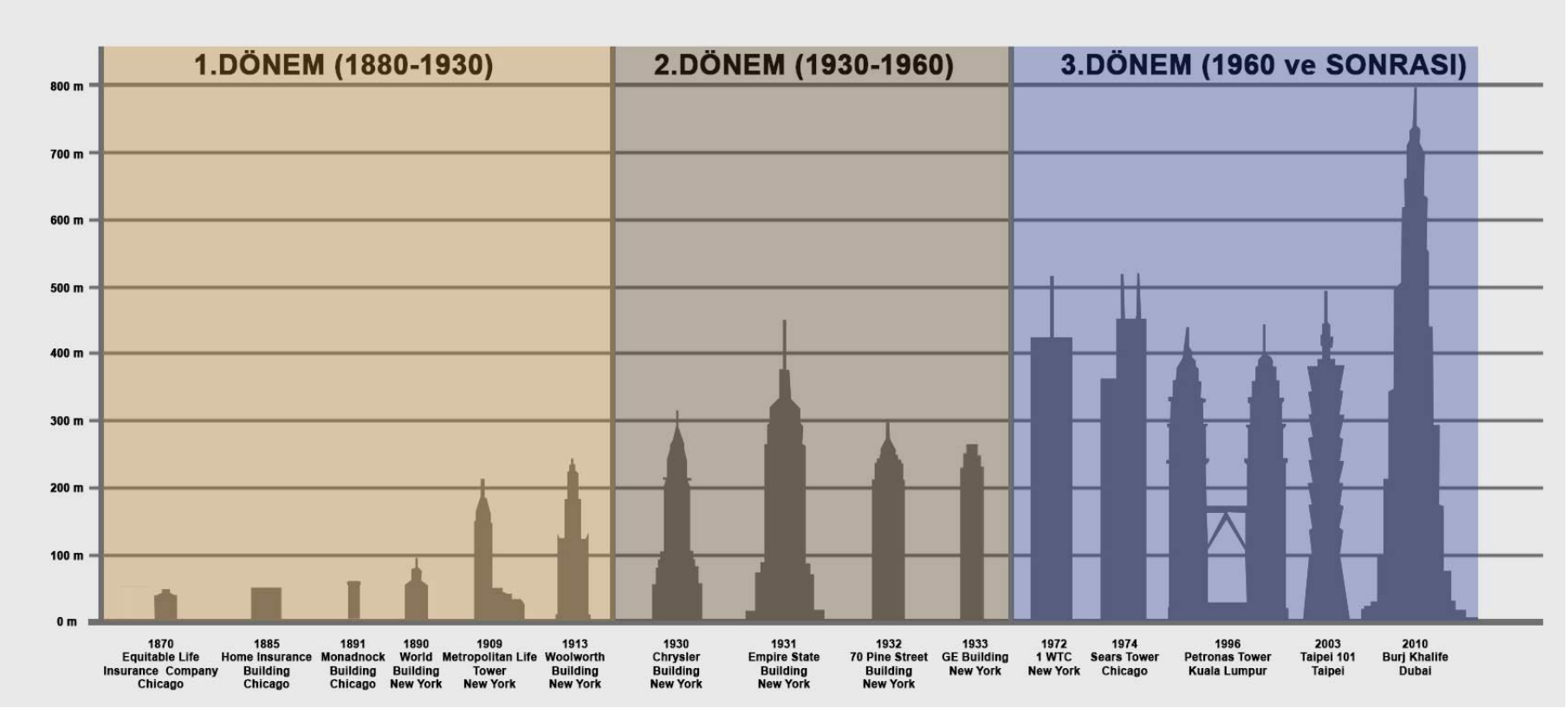


Şekil 2.7. Dünyanın 10 yüksek kulesi(URL-2).



Şekil 2.8. Canton Tower ve Sky Tree Tower planları ve dar kenar ölçüleri tablosu.

19. yy'den bu yana, günümüzdeki anlayışa paralel olarak ele alınabilecek yüksek binalar ise üç dönem altında sınıflandırılabilir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yüksek Yapılar Tarihsel Dönem Grafiği.

2.1.1.1. Birinci Dönem (1880-1930)

1880'lerde Chicago ve New York'taki mimarların demir ve çelik çerçeve teknolojisine liderlik etmelerinden önce bir binanın yüksekliği, onu taşıyacak kâgir duvarların kalınlığı ile sınırlıydı. Bu dönemin başında Chicago'da yapılan 16 katlı Monadnock Binası (1891), (Şekil 2.10) ve 20 katlı Masonic Temple (1892), (Şekil 2.11) ilk kâgir taşıyıcılı yüksek yapılardır.



Şekil 2.10. Monadnock Binası, Chicago, 1891.



Şekil 2.11. Masonic Temple Chicago,1892.

1885 yılında Chicago'da William Le Baron Jenney tarafından yapılan 10 katlı Home Insurance (1885), (Şekil 2.12) Binası, CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) tarafından dünyanın ilk çelik iskeletli yüksek binası olarak kabul edilmiş ve tescillenmiştir.

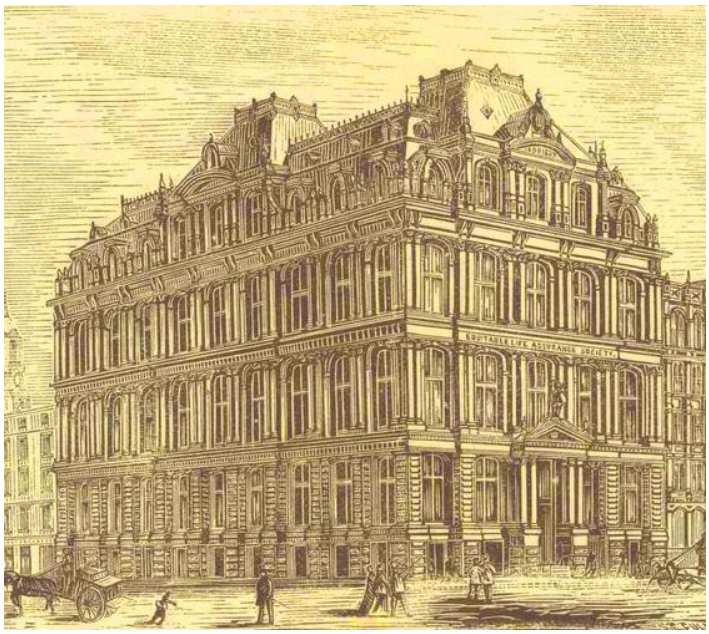


Şekil 2.12. Home Insurance, Chicago, 1885.

19. yüzyılda çelik iskelet çerçeveli yapıların ilk uygulamalarında, çerçevelerle birlikte cephelerde kâgir duvarlar geleneksel olarak kullanılmıştır. Daha sonra yüksek yapılara gereksinimin artması ve kısa zamanda çok sayıda, hafif bina yapılması gerekleriyle, taşıyıcı duvar terk edilerek bütünüyle çelik iskelet sistemlere yönelinmiştir. Bu tür sistemler 19.yy sonlarında Chicago'da kendini göstermiştir. Bu arada düşey dolaşım elemanı "asansör" geliştirilmiştir.

Yüksek yapılarda asansörün sağladığı olanaklar ilk olarak 1870'de, New York'taki Equitable Life Insurance Company Binası'nda (1870) kullanılmıştır (Şekil 2.13).

Equitable Life Insurance Binası ile en üst seviyeye tırmanarak ortaya çıkan, komşu binaları gölgeleme sorunu, 1916 New York İmar Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesiyle yüksek binalara boyutsal ve kütlesel sınırlamalar getirilmiştir. Bu yeni yönetmeliğe göre tüm yapılar belirli bir yükseklikten sonra geri çekmelerle daralacaktı.



Şekil 2.13. Equitable Life Insurance Company Binası, New York,1870.



Şekil 2.14. Woolworth Binası New York, 1913.

1.Dünya Savaşı öncesinde yapılan yüksek binalardan en önemlisi 60 kat sınırına ulaşan Woolworth Binası'dır (1913), (Şekil 2.14).

2.1.1.2. İkinci Dönem (1930-1960)

1930'larda ABD'de çıkan ekonomik kriz ve sonrasıyla başlayan İkinci Dönemde çelik yapıların gelişimi, çelik iskeletin yatay yüklere karşı dayanımının sağlanması, elektrikli asansörün yaygınlaşması ve havalandırma gibi teknolojik gelişmeler in yüksek yapılara yansıması söz konusudur. Bu dönemde Chicago ve New York arasında bir yüksek yapı yarışı başladığı görülür. Bu dönemde Empire State Binası (New York,1931), (Şekil 2.15) ve Chrysler Binası, (New York, 1930), (Şekil 2.16) inşa edilmiş ve bu dönem 2. Dünya Savaşı sonrasına, modernizme kadar devam etmiştir.



Şekil 2.15. Empire State Binası
New York, 1931.



Şekil 2.16. Chrysler binası
New York, 1930.

2.1.1.3. Üçüncü Dönem (1960 sonrası)

1950'lerde betonarme kendi kimliğini ortaya koyarak inşaat tarihinde bugün modernizm olarak kabul edilen üçüncü dönemi başlattı. Önceki dönemlerde mimari olarak dış giydirmeye ve tarihsel stile önem verilirken, üçüncü dönemde nedenler, fonksiyonel ve teknik unsurlar üzerinde duruldu.

Modern yüksek binalar dönemi Walter Gropius, Mies van der Rohe ve Le Corbusier gibi mimarların yönlendirdiği Uluslararası Dönem olarak değerlendirilmektedir.

Büro binalarının yanı sıra yüksek konut binalarının da yapılmaya başlandığı bu dönemin en önde gelen örneklerinden biri Mies van der Rohe'nin 1952'de tasarladığı Lake Shore Drive Apartmanlarıdır (Şekil 2.14). Bu konut binaları kolon yerleşmeleri ve kiriş yükseklikleri açısından, rijit düğüm noktalı, çekirdek bağlantılarıyla rijitliği arttırılmış modern çerçeve örneğinin başlangıcını temsil etmektedir (Sev, 2001).



Şekil 2.17. Lake Shore Drive Apartmanları, Chicago,1952.

Yüksek binaların üçüncü döneminde strüktürel sistemlerde, rijit çerçevelerden daha verimli yapı sistemlerine geçiş yaşandı. Yerçekimi ve yatay kuvvetler iki ya da daha fazla ayrı yapısal sistem kullanarak karşı koymak, binalarda esnek dış çerçevelerin ve iç dolguda rijit rüzgar destekli çerçevelerin kullanımını artırdı, bina ağırlıklarını önemli ölçüde azalttı. İnce iç dolgu ve düzlemsel çerçeveler 60 katı geçen yüksek binalarda yanal yüklere etkin şekilde direnmek için artık yeterli olmamaktadır. Bu dönemde Dünya Ticaret Merkezi (New York,1972-2001), Şekil 2.18), Sears Tower (Chicago,1974), (Şekil 2.19), Petronas Kuleleri (Kuala Lumpur,1996), (Şekil 2.20), Taipei 101 (Taipei,2004), (Şekil 2.21), Burj Khalifa (Dubai,2010), (Şekil 2.22) inşa edilen binalardan birkaçıdır.



Şekil 2.18. Dünya Ticaret Merkezi
New York,1972-2001.



Şekil 2.19. Sears Tower
Chicago,1974.



Şekil 2.20. Petronas Kuleleri ,
Kuala Lumpur,1996.



Şekil 2.21. Taipei 101
Taipei 2004.

1960'lı yıllarda Fazlur Rahman Khan tarafından tübüler sistem kavramının geliştirilmesi, yüksek yapılarda yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. Sık aralıklı kolonlar ve yüksek parapet kirişlerinden oluşan tübüler sistemlerle daha önceki örneklerden farklı olarak, çok daha az strüktürel malzeme ile çok yüksek binalar yapılabilmiştir (Özgen ve Sev, 2000).

Günümüzde dünya'nın en yüksek yapısı Burj Khalife binasıdır. Dubai'de 2004 yılında inşaatına başlanan bina Ocak 2010'da tamamlanmıştır.162 kattan oluşan karma kullanımlı binanın yüksekliği 828 metredir (Şekil 2.19).



Şekil 2.22. Burj Khalifa, Dubai, 2010.

2.1.2. Yapıldığı Ülke veya Şehir Yönetmelikleri

Bazı ülkeler, hatta ülkelerdeki farklı şehirler, kendi bakış açıları, ihtiyaçları ve koşulları doğrultusunda yüksek yapı yönetmelikleri geliştirmiş ya da imar yönetmeliklerinde yüksek yapılara yer vermiştir. Bu yönetmeliklerde yer alan tanımlamalar ise aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Çizelge 2.1):

Çizelge 2.1. Bazı ülkelere göre yüksek bina tanımları.

Ülke	Yapıların yüksek tanımına girme sınırı (metre veya kat adedi olarak)
Almanya	22 metre
A.B.D.	23 metre
İngiltere	28 metre
İsviçre	25 metre
Meksika	30 metre
Rusya	9 kat
Avusturya	10 kat
Polonya	12 kat
Türkiye	10 kat

Türkiye'deki yönetmeliklerde ise yüksek bina tanımları şöyledir:

İstanbul İmar Yönetmeliği'nde (23.06.2007 tarihli) "Yüksek yapılar, binanın herhangi bir cephesinden görünen en düşük kottaki bina yüksekliği en az 60.50 m. olan yapılardır" şeklinde ifade edilmiştir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği, 2007).

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te "Yüksek yapı, bina yüksekliği 21.50 m'den, yapı yüksekliği 30.50 m'den fazla olan binalar" olarak ifade edilmektedir (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007).

İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliğinde ise, yüksek yapılar şu şekilde tanımlanmaktadır: "Yüksek yapı, genel olarak yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, kent dokusu ve her türlü kentsel alt yapı yönünden etkileyen bir yapı (bina) türüdür. Son kat tavan döşeme kotu 30.80 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi 13'ü aşan (13. kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir" (İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapılar Yönetmeliği, 1996).

2.1.3. Bulunduğu Çevreye Göre

Yüksek binanın bulunduğu çevreye göre çeşitli tanımları şöyledir;

Beedle ve Rice (1995) tarafından yapılan tanımlamada, "Yüksek bir yapı yüksekliği ile çevresindeki binalardan farklı bir tasarım, konstrüksiyon ve kullanım koşulları oluşturan binadır" denmektedir. Buradan yüksek bir yapının yakın ve uzak çevresini, fiziksel çevre, siluet, kent dokusu ve her türlü kentsel altyapı yönünden etkilediği sonucu çıkarılmaktadır.

Yükseklik tanımı, sadece niceliksel bir değer olmayıp, yapının bulunduğu çevre dokusuyla yakından ilişkili niteliksel bir değerdir (Örneğin 14 katlı bir yapı Chicago ve New York'un şehir dokusu içinde yüksek olarak tanımlanmazken, aynı yapı Avrupa şehirlerindeki tarihi bir doku içinde ya da kırsal bir yerleşimde yüksek olarak tanımlanmaktadır).

2.1.4. Mesleklere Göre

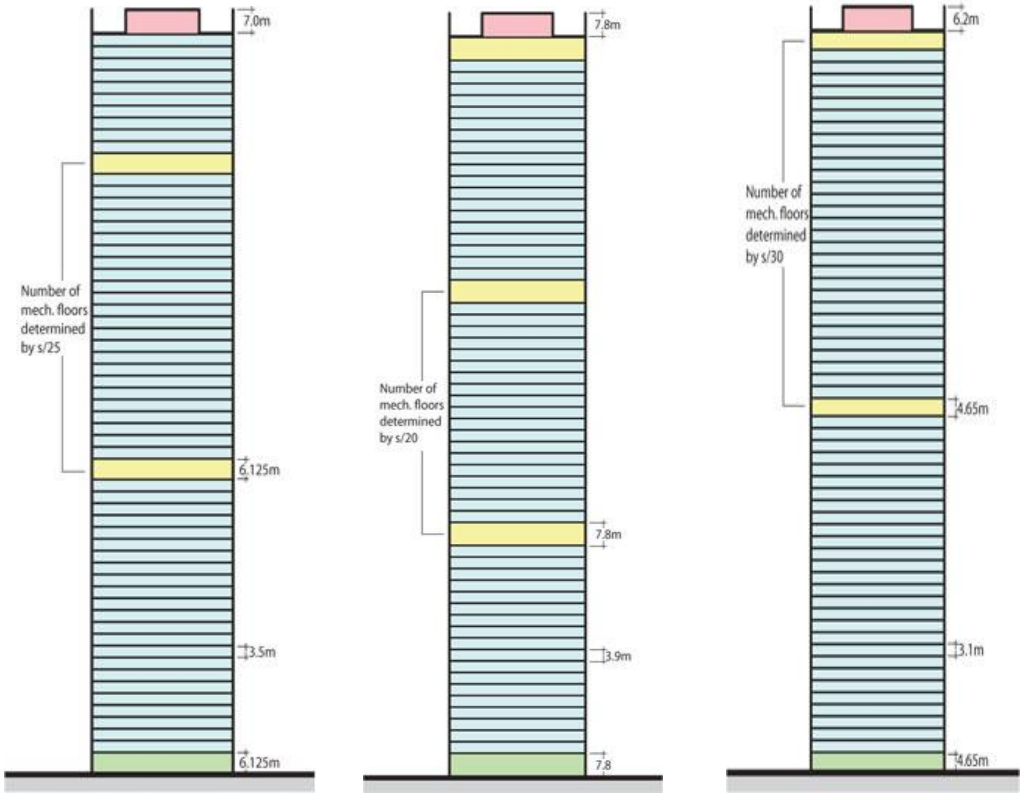
İnşaat mühendisliği alanında, bazı özel hesaplama metotlarının devreye girmesinden sonra 22 metre yükseklik sınır olarak kabul edilmiştir. Özden ve Kumbasar'a (1988) göre "yüksek yapılar, en üst kat döşemesinin, yapının oturduğu zemin yüzeyinden yüksekliği 22 m ve daha fazla olan yapılardır. Bu üst sınırı aşan yapılarda, yatay yüklerin (deprem, rüzgâr) taşınması düşey yüklere oranla daha fazla önem kazanmaktadır"

Levitt ve Samelson'a (1993) göre "yüksek bina terimi yükseklik ya da kat sayısıyla ilgili özel terimlerle tanımlanmaz. Bir binanın yapısal analizi ve tasarımı çeşitli yollarla yanal yükler tarafından etkileniyorsa, özellikle bu yükler nedeniyle salınım meydana geliyorsa, o bina yüksek bina sınıfına girmektedir.''

Makine mühendisliği alanında bir yapının yüksekliği söz konusu olduğunda, asansör konulma zorunluluğundan dolayı 5 ya da daha fazla katlı binalar yüksek yapı tanımına girmektedir (Beedle, 1984, s.6).

Belli kat adetlerinden itibaren tüm mekanik sistemlerin bulunduğu tesisat katı (elektrik, havalandırma, pis ve temiz su tesisatı, yangın tesisatı) ihtiyacı olan binalar bu sınıflandırmaya dahil olmaktadır. Aşağıdaki tabloda sırasıyla ofis, otel, lüks konut ve karma binalar için tesisat katı ile ilgili yükseklikler verilmiştir (Şekil 2.23), (CTBUH height calculator, 2013).

''Yangın güvenliği açısından bakıldığında; birçok büyükşehir yönetmeliği, yangına karşı özel önlemler alma zorunluluğundan dolayı 10 ya da daha çok katlı binaları yüksek olarak tanımlamaktadır" (Beedle, 1984).



60 Katlı Ofis | 60 katlı Otel veya Lüks Konut | 60 Katlı Karma Fonksiyonlu

Şekil 2.23. 60 katlı 3 tip binanın tesisat katı yükseklikleri tablosu (URL-3).

2.1.5. Malzeme ve Yapı Teknolojisine Göre

Yüksek bir yapı ileri düzeyde düşey ulaşım teknolojileri, yatay rijitleştirme sistemleri ve strüktürel çaprazlamalar, hızlı yapım yöntemleri gibi teknolojilerden yararlandığı durumlarda yüksek bina olarak tanımlanmalıdır (CTBUH, height criteria, 2013).

2.1.6. CTBUH'a Göre Yüksek Yapı Tanımı

CTBUH (Yüksek Binalar ve Kentsel Yaşam Konseyi) yüksek yapıların üç temel ölçüte göre sınıflandırılabileceğini belirtmiştir.

2.1.6.1 Yapının Çevre Dokusuyla Olan İlişkisi

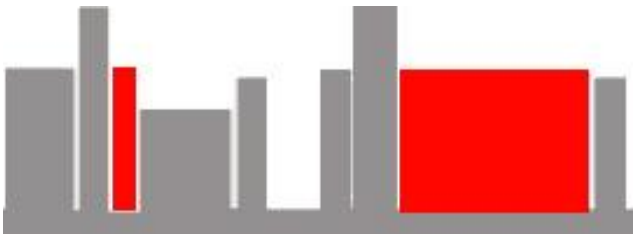
Yapı yüksekliğinin yapının bulunduğu çevre dokusuyla ilişkisi vardır. Yüksek Binaların yoğun olduğu Chicago veya Hong Kong gibi şehirlerde 14 katlı bir bina yüksek yapı grubuna girmezken, Avrupa'nın tarihi kentlerinde veya kırsalda yüksek yapı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.24), (CTBUH, height criteria, 2013).



Şekil 2.24. Yüksek Yapının çevre dokusuyla olan ilişkisi (CTBUH, height criteria, 2013).

2.1.6.2. Yapının Oranına Göre

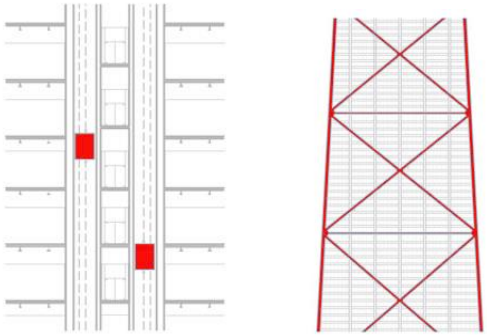
Yükseklik sadece düşeydeki ölçü ile değil, yapının eni, boyu ve yüksekliği arasındaki oranla ilişkilidir. Yükseklik aynı zamanda oransal bir kavramdır. Dünyanın çeşitli yerlerinde çok yüksek sayılamayacak, ancak çok narin binalar yüksek bina olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.25), (CTBUH, height criteria, 2013).



Şekil 2.25. Yapı yüksekliğinin oransal bir tanımıdır (CTBUH, height criteria, 2013).

2.1.6.3. Yapıda Kullanılan Teknolojiye Göre

Bir yapının yüksek olarak tanımlanabilmesi için, taşıyıcı sisteminde, cephe, duvar, döşeme, çatı gibi tüm yapı elemanlarında, elektrik ve mekanik sistemlerinde ileri yapım teknolojileri kullanılması gerekmektedir (Şekil 2.26), (CTBUH, height criteria, 2013).



Şekil 2.26. Yapı yüksekliğinin yapıda kullanılan ileri teknoloji ile olan ilişkisi (CTBUH, height criteria, 2013).

Yüksek bir yapıda gelişmiş asansör ve taşıyıcı sistem teknolojilerinin yanı sıra gerekli diğer ileri teknoloji donanımları da (CTBUH, height criteria, 2013).

2. 2. CTBUH'A GÖRE YAPI YÜKSEKLİĞİNİ ÖLÇME KRİTERLERİ

CTBUH yapıların yüksekliğini ölçmek için üç ölçüt belirlemiştir.

2.2.1. Mimari Tepe Noktasına Göre Yükseklik

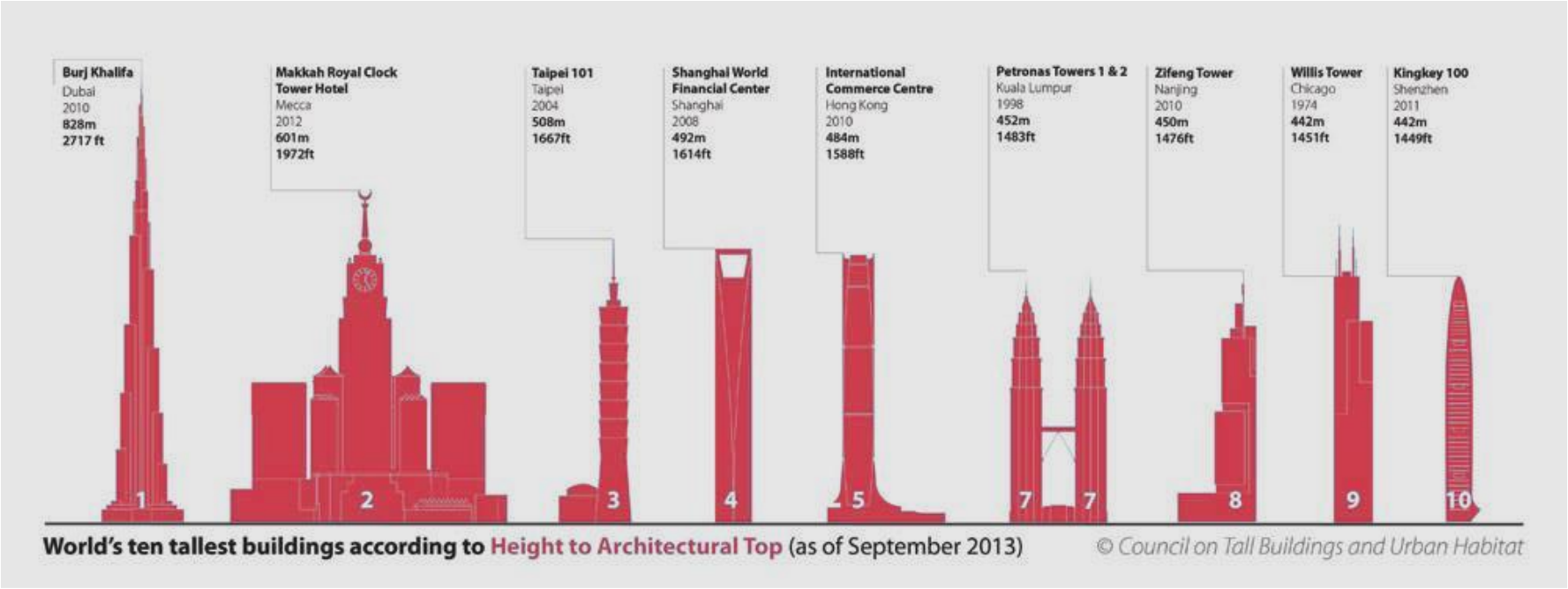
Bu kategoride yükseklik kaldırım seviyesinden yaya girişinin olduğu en alt kat kotundan yapının, anten hariç, bayrak direği, tüm fonksiyonel-teknik ekipman dahil mimari tepe noktasına kadar olan yükseklik ölçülmektedir. Konsey tarafından her yıl açıklanan, dünyanın en yüksek 100 yapısı sıralamasında en yaygın olarak bu yaklaşım izlenmektedir (Şekil 2.27), (CTBUH, height criteria, 2013).

2.2.2. Kullanılan En Üst Katın Döşemesine Göre Yükseklik

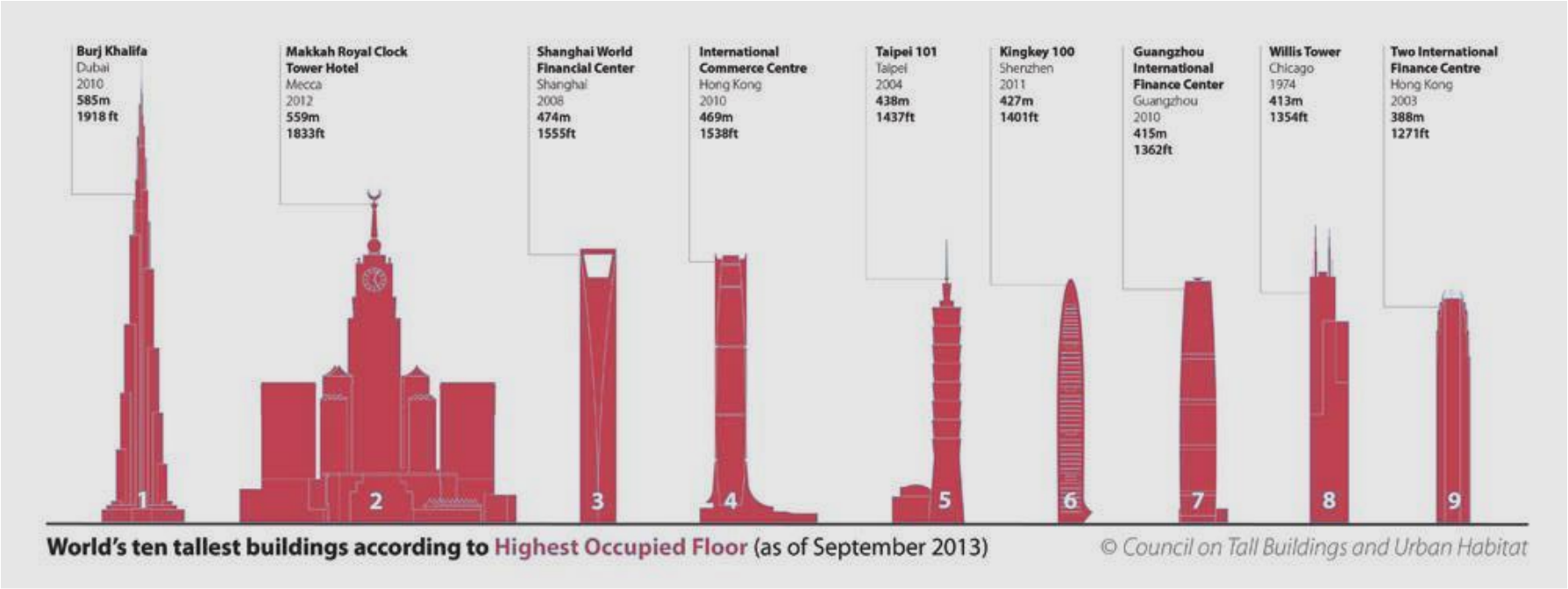
Bu kategoride binanın kaldırım seviyesinden, yaya girişinin olduğu en alt kat kotundan yapının kullanılabilir en üst kat döşemesine kadar olan yükseklik dikkate alınmaktadır (Şekil 2.28), (CTBUH, height criteria, 2013).

2.2.3. Tepe Noktasına Göre Yükseklik

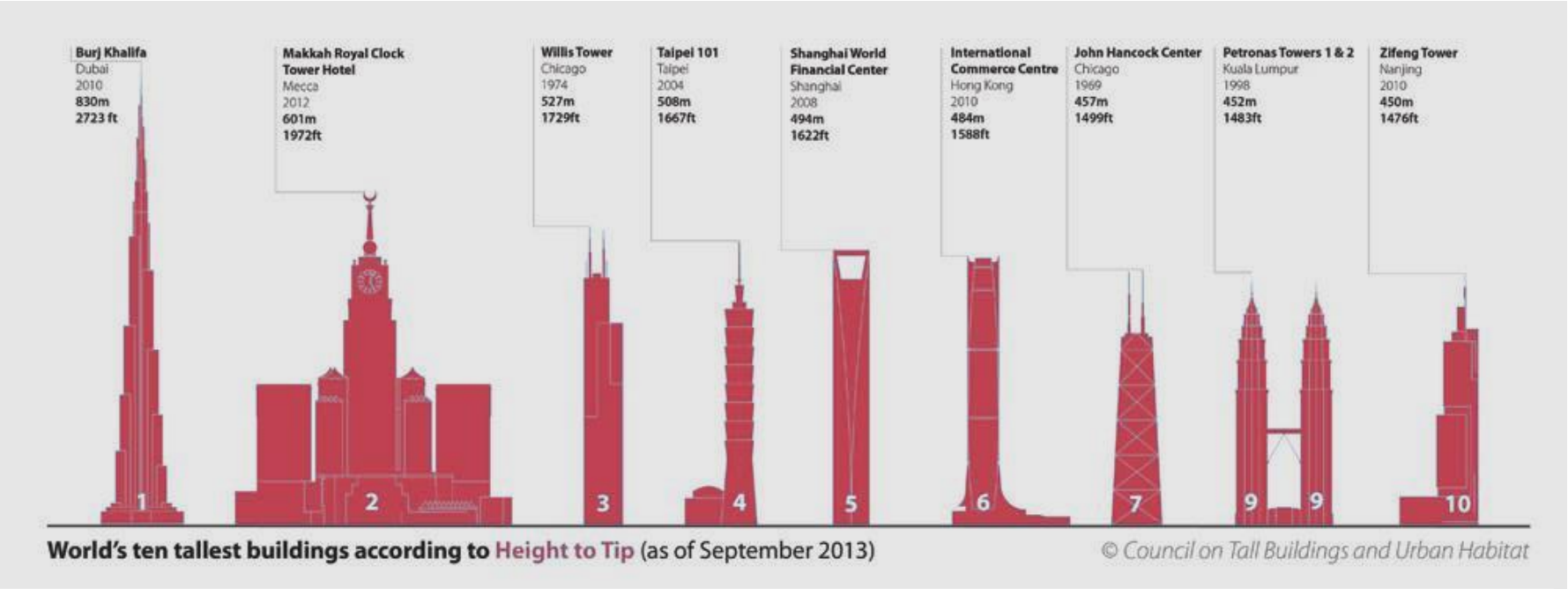
Bu kategoride yükseklik kaldırım seviyesinden, yaya girişinin olduğu en alt kat kotundan kullanılan malzeme ve fonksiyondan bağımsız, anten, bayrak direği vb. kapsayan fonksiyonel ve estetik ekipmanın en üst noktasına kadar olan yüksekliktir (Şekil 2.29), (CTBUH, height criteria, 2013).



Şekil 2.27. Mimari tepe noktasına göre yükseklik 2013 yılı itibariyle dünyanın en yüksek 10 yapısı (CTBUH, height criteria, 2013).



Şekil 2.28. Kullanılan en üst katın döşemesine göre yükseklik 2013 yılı itibariyle dünyanın en yüksek 10 yapısı (CTBUH, height criteria, 2013).



Şekil 2.29. Tepe noktasına n göre yükseklik 2013 yılı itibariyle dünyanın en yüksek 10 yapısı (CTBUH, height criteria, 2013).

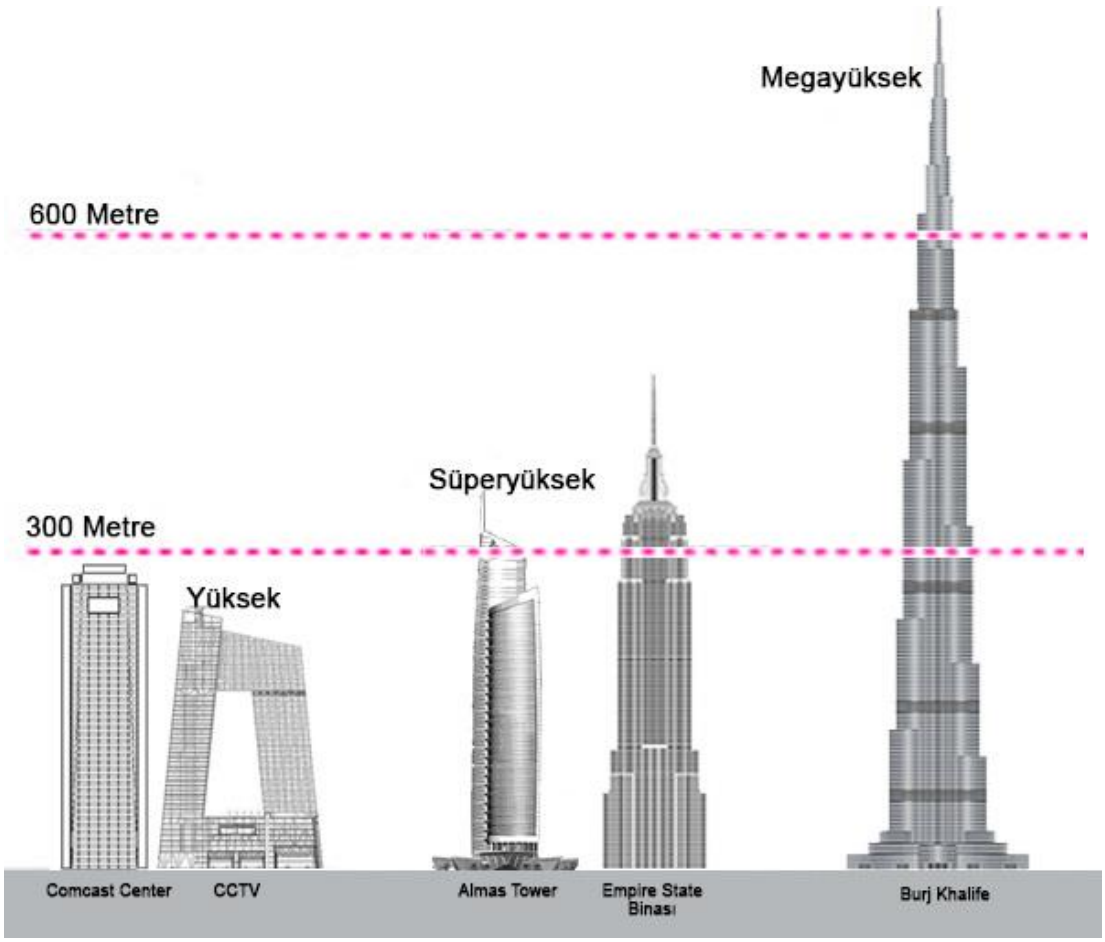
2.2.4. Kat Sayılarına Göre Yüksek Yapı Kavramı

Kat sayılarına göre yüksek yapılar üç grupta sınıflandırılabilir (Bkz. EK-1), (Şekil 2.30), (CTBUH, height criteria, 2013).

- Yüksek yapı, alt sınırı çeşitli kabullere göre değişmekle birlikte üst sınırı 299 m olan yapılar için kullanılan tanımdır (Bkz. EK-2);

- Süper yüksek yapı, 300 m yükseklikten başlayıp 599 m yüksekliğe sahip yapılar için kullanılan tanımdır (Bkz. Ek-3);

- Mega yüksek yapı, 600 m ve üzerindeki yapılar için kullanılan tanımdır (Bkz. EK-4);



Şekil 2.30. Kat sayısına göre yüksek yapı sınıflandırılmıştır (URL-4).

3. YÜKSEK YAPILARDA YAPIM SORUNLARI

3.1. ARSA SEÇİMİ VE YATIRIM SORUNLARI

3.1.1 Arsa seçimi

Büyük şehirlerin merkezi iş ve ticaret bölgelerinde, yapı alanlarının giderek daha yoğun biçimde kullanılması ve buralara olan talebin artması, yapılaşma için gerekli alanların sınırlı olması sonucu, şehir merkezlerinde yüksek binaların inşa edilmesine gidilmiştir. Yapım teknolojisinin, yüksek binaların tüm ihtiyaçlarını karşılayacak derecede gelişmesi ve inşaatlarını kolaylaştırması da yüksek bina yapımını hızlandıran bir etken olmuştur (A.Samsunlu,1993).

Yüksek yapılar için arsa seçimini etkileyen unsurlar dört başlıkta incelenebilir.

3.1.1.1. Jeolojik yapı, topoğrafya, iklim ve bitki örtüsü

Jeolojik yapı

Yüksek yapıların uygulanacağı alanların yer seçiminde arazinin jeolojik yapısı, yapılanmanın büyüklüğünü, tarzını ve ilerleyen zamanlardaki durumunu belirleyici önemli faktörlerdendir (Özdeş, 1992).

Çok katlı yapılarda bina yükleri diğer yapılara oranla daha farklı (az bir alana çok yük binmesi) ve fazla olduğundan bu yüklerin güvenli bir şekilde toplanarak sağlam bir zemine aktarılması gerekmektedir. Burada binanın taşıyıcı sistemi, zemin jeolojik yapısı ile çok iyi ilişkilendirilmelidir. Bu açıdan jeolojik haritalar çıkarılmadan, yeşil alan ve ağaçlandırılacak alanlar detaylandırılmadan, yeraltı koşulları belirlenmeden yüksek bina yapımı gerçekleştirilmemelidir.

Gelişen teknoloji sayesinde artık jeolojik açıdan çok uygun olmayan bölgelere de yüksek bina yapımının mümkün olduğu görülmektedir, ancak yine de böyle bir durumda yapının uygulanacağı zemine en uygun taşıyıcı sistem titizlikle belirlenmeli ve gerektireceği ek maliyet yükü de göz önünde bulundurulmalıdır.

Topoğrafya

Bir kentte yüksek binalar için en uygun bölgenin neresi olduğu kentin topoğrafik yapısına bağlıdır. Binanın konumlanacağı alan, tasarım kararlarını etkileyen birçok faktörü kapsar. Yüksek binanın meydana getirdiği iç ve dış mekan oluşumlarında gün ışığından en üst seviyede faydalanılan, doğal havalandırma imkanlarının iyi düzeyde olduğu, ekolojik sistem dengesine saygılı, doğayla uyumlu tasarımların gerçekleştirilmesi bölge topoğrafyası ile yakından ilgilidir. Eğimli bir arazide güneşin geliş açıları daha farklıdır; deniz seviyesinden yükseldikçe gün ışığı değerleri artar; ancak hava sıcaklığı düşer, rüzgârın şiddeti artar ve sıcaklık kayıpları meydana gelir.

Yüksek binaları kapsayan bir planlamada bu binaların oluşturdukları mekânlar, algılanmaları ve oluşturdukları siluet bölge topoğrafyasına bağlıdır. Eğimli zemin yapısına sahip bir bölgede bu tarz binaların kent siluetinde yarattıkları etki ve algılanmaları iyi test edilmeli, gerekli olmadıkça bu bölgelerde yüksek bina yapımı önlenmelidir. Denize yakın alanlarda yüksek bina konumlandırılması, zemin kalitesi -dolgu olup olmadığı- ve geride kalan binaların deniz görüş mesafesine engel teşkil edip etmemeleri bakımından iyi değerlendirilmelidir.

İklim

İklimsel verilerden yararlanma ve gerektiğinde korunma, yerleşim yeri seçiminde önemli rol oynayan diğer bir faktördür. Rüzgâr ve diğer hava hareketleri yüksek yapılarla etkileşim içindedir. Yüksek yapıların yoğun olduğu bölgelerde, bu yapılar rüzgârın yönünü ve şiddetini değiştirebilir. Kentsel planlama aşamasında yüksek yapılar için yer seçimi yapılırken, kentin mikro iklimsel özelliklerine olan etkiler de dikkate alınmalıdır.

Gün ışığı da yüksek binaların yerleşiminde dikkate alınması gereken faktörlerdendir. Güneş gerek doğal aydınlatma gerekse ısı enerjisi açısından tüm yapılar için olduğu gibi yüksek binalar için de son derece önemlidir. Güneş ışığı soğuk dönemlerde ısıtma, sıcak dönemlerde ise gölgelendirme açısından bilinçli bir biçimde kontrol edilmelidir. Ayrıca yüksek binalar komşu binaların gün ışığını da olumsuz etkileyebilmektedir. Bunun en çarpıcı örneği 1912 yılında New York'ta yapılan

Equitable Life Insurance Binası'nda yaşanmıştır. Yapıldığında dünyanın en büyük kat alanına sahip olan bu yapı, çevresindeki yapılar üzerinde oluşturduğu olumsuz etki yüzünden imar yönetmeliğinin değiştirilmesine ve 1916 Yeni New York İmar Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesine neden olmuştur. Sonuç olarak yüksek binaya düşen güneş miktarı ve çevresinde oluşturduğu gölge miktarı ile süresi arazinin bulunduğu konuma göre belirlenmelidir.

Bitki örtüsü

İçinde bulunduğu çevrede oluşturduğu mikro iklimsel etki, hava kalitesini artırma, gürültüyü azaltma ve insanlara psikolojik ve bedensel olarak daha konforlu bir yaşam sağlayan bitki örtüsü de yer seçiminde önemli ölçütlerden biridir.

Yüksek bina yapımında çevredeki mevcut yeşil alanların ve ortak kullanıma ayrılmış kamu arazilerinin korunması gerekir. Yoğunluğuna göre zeminde küçük bir alana yerleşiyor olsa da yüksek binaların zemin katlarında kullanım alanı diğer katlara oranla genellikle biraz daha fazladır. Yapının bitki örtüsüne vereceği zarar önceden belirlenmeli ve yeşil alan olarak düzenlenecek açık alanların bırakılmasına özen gösterilmelidir.

3.1.1.2. Kent Siluetine Etkisi

İnsanlar kentlerin renk, doku, boyut, boşluk doluluk oranı, gibi kültürel birikiminden etkilenirler ve kentleri zaman sürecinde, bir hiyerarşi içinde algılarlar. Algılanan elemanların, insan üzerindeki olumlu etkisi, kurulan çevrenin estetik normlara oturtulması ile doğrudan ilişkilidir. Yerleşmelerin çevreleriyle bütünleşmeleri sadece doğal şartlarla yapım kolaylığı sağlamakla kalmaz, uyumlu bir kentsel tasarım ve yaşam içinde gereklidir. Kentlerin genel karakteri, yer aldığı doğal yapının genel özellikleri ile çağlar boyunca, onun üzerinde oluşan yapılaşmaların, peyzaj düzenlemelerinin, mimari ve tarihsel özelliklerinin birikimi sonucu belirlenir. Yüksek yapılaşmanın teşvik edildiği bu tür bölgelerin, nazım plan içinde planlama kararları ile incelenerek ele alınması gereklidir.

Bölgelere ait planların sık sık değiştirilmeden veya bazı noktalardan delinmeden uygulanması, planı uygulayacak yetkili kurum ile plan kararında etkili kurumun tek olması sağlanmalıdır. Şehirler ve şehrin görünüşünü belirleyen binalar bölgenin coğrafi karakterine ve toplumun politik, ekonomik, sosyal düzenine göre biçimlenmelidir. Yerleşimlerin tarihi çekirdeklerinde yüksek binalar mevcut karakteri bozacağından, pek çok şehirde yapımlarına sınırlamalar getirilmiştir.

Paris'te, yüksek yapıların yapımına şehrin dışında sonradan oluşturulan La Defense bölgesinde izin verilmiştir. Londra'da ise, yapılacak binaları denetlemek için bir konsey oluşturulmuştur. London City Council isimli bu konsey, Londra'da yapılacak yüksek yapılar için ilkeler koymakta ve bu ilkelere uyulup uyulmadığını denetlemektedir (Özdeş, 1992).

Aşağıda son yirmi yıl içinde çok katlı yapıların gelişiminde tipik özellikler yansıtan Hong Kong (Şekil 3.1),Tokyo (Şekil 3.2), Londra (Şekil 3.3) ve İstanbul (Şekil 3.4) gibi kentlere ilişkin siluetler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1. Hong Kong kent silueti.



Şekil 3.2. Tokyo kent silueti.



Şekil 3.3. Londra kent silueti.



Şekil 3.4. İstanbul'un eski ve yeni kent siluetinin karşılaştırılması.

Tarihi doku ve topografik açıdan özellik arz eden kentlerde yüksek yapılar için yer seçimi son derece önemlidir. Yüksek yapılar doğrudan tarihi doku içinde yer almasa dahi, topoğrafya nedeniyle tarihi siluet üzerinde olumsuz etki oluşturabilir. İstanbul bunun en tipik örneğidir. İstanbul'un Tarihi Yarımada bölgesinin eski silueti ile yeni silueti, 25 yıl gibi kısa bir sürede plansız yapılaşma nedeniyle anormal bir şekilde değişmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. İstanbul Tarihi Yarımada'nın eski ve yeni Siluetinin karşılaştırılması.

3.1.1.3. Tarihi Dokuya Etkisi

Tarih, mimarlık ve kentleşme hareketi bir kentin kimliğinin oluşmasını ve devamını sağlayan birikimlerdir. İstanbul, Roma, Paris, Venedik gibi kentler kendilerine ait özel kimliklere sahiptirler.

Zaman içinde yavaş yavaş oluşmuş bu tarihsel oluşumlara, çizgilere, ölçütlere, doğal verilere, siluetin özelliklerine görsel algılama ilkeleri ışığında yaklaşıp, planlama kararları almak, tarihsel ve estetik kimliğe sahip kentler için gereklidir.

Eminönü ve Fatih ilçelerini kapsayan tarihi yarımada bölgesi Topkapı Sarayı Sultanahmet Cami, Ayasofya, Şehzade, Süleymaniye camileri ve Beyazıt kulesinin oluşturduğu bir siluete sahiptir. Şehirci Henri Prost'a göre, büyük camiler, genelde İstanbul tepelerinin üzerinde denizden 40 metre yukarıda inşa edilmişlerdi. Prost bu kıyı üzerinde yapılacak yapıların üç kat ve 9,50 metreyi geçmesini sınırlayan bir yasak koyulmasını teklif etti ve kabul ettirdi. Hatta daha da ileri giderek bu yüksekliği geçen katların yıkılmasını öneren yeni bir istimlak yasasının oluşmasını gündeme getirdi (A.Angel, 1987).

Örnek olarak, İstanbul Dolmabahçe Sarayı'nın hemen arkasına yapılan otel ve iş merkezi tarihi dokunun bozulmasına neden olmuştur (Şekil 3.6.)



Şekil 3.6. İstanbul Dolmabahçe Sarayı'nın hemen arkasına yapılan otel ve iş merkezi.

31.1.4. Altyapı Sistemlerine Etkisi

Çoğunlukla iş merkezi ve lüks konut olarak kullanılan yüksek yapılar yapıldığı bölgede büyük bir nüfus yoğunluğunun oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle alt yapı sistemleri (içme suyu, atık su enerji ve ulaşım) noktasal olarak aşırı derecede yüklenerek, kapasiteleri zorlanmakta veya yetersiz kalmaktadır.

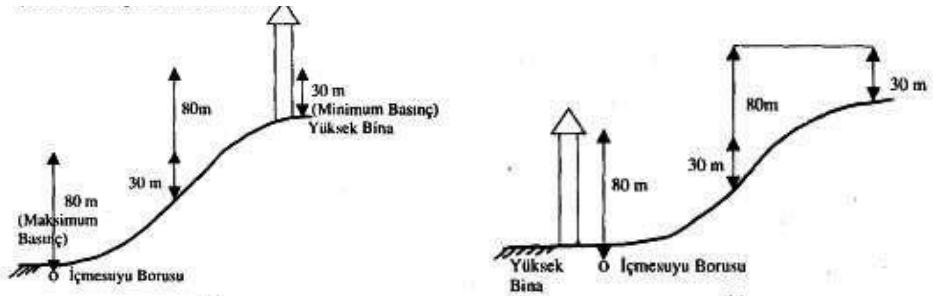
Mevcut yerleşim merkezlerindeki alt yapı tesislerinin yenilenmesi veya genişletme yatırımlarının maliyeti, yeni kurulan bir sisteme göre birkaç misli daha fazla olabilmektedir. Bu yüzden yüksek binaların yer seçimi açısından altyapı sistemleri önemli bir etken olarak ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde veya gelişmekte olan ülkelerin çoğunda yüksek yapılar büyük çoğunlukla alt yapı sistemlerinin eski olduğu arsalar üzerinde inşa edilmektedir. Bazı ülkelerde önce alt yapısı hazırlanmış yüksek yapı bölgesi olarak belirlenmiş arsalara inşa edilmektedir. Pek çok yüksek yapı projesi temellerinin kazılması ya da inşa edilmesi sırasında meydana gelen ve öngörülemeyen problemler nedeniyle planlanan mali bütçeyi aşmakta ya da öngörülen tarihden geç bitmektedir.

Bu problemlerin en düşük seviyede tutulabilmesi için özellikle yüksek bina inşaatlarında ayrıntılı bir saha ve alt yapı incelemesi yapılmalıdır.

İçme Suyu

İçme suyu sistemlerinde mühendislik açısından en ekonomik çözüm, temiz suyun bulunduğu bölgedeki tüm yapıların en üst katına kadar belirlenen basınç miktarında (30mss-80mss) ulaştırılmasıdır. Aksi takdirde, günümüzde İstanbul'da olduğu gibi çoğu binanın pompa ve hidrofor sistemi ile beslenmesi gerekir. Bu durumda yatırım masrafları yanında işletme ve enerji masraflarının oldukça yüksek boyutlara ulaşacağı şüphesizdir.



Şekil 3.7. İçme suyu şebekelerinde yüksek binanın durumu (A.Samsunlu,1993).

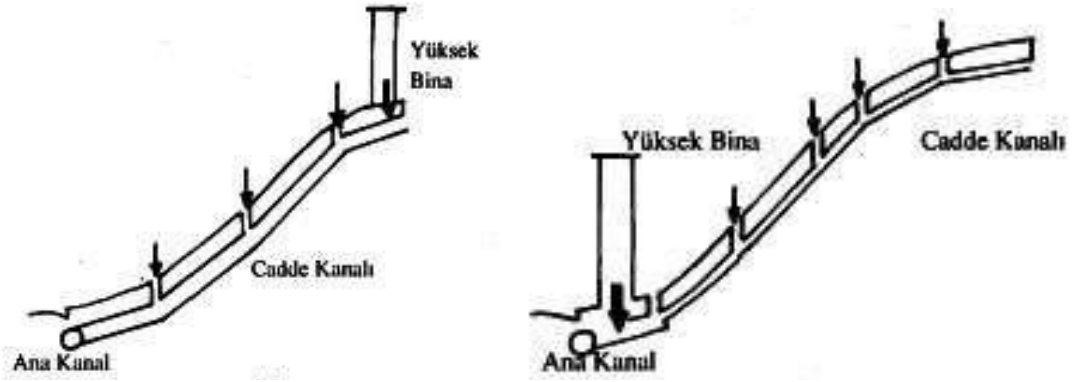
Alt ve üst basınç değerleri nedeniyle içme suyu şebekeleri 50 m kot aralıkları ile şebekelere ayrılarak beslenir. Şehrin düşük kotlu yerlerinde yüksek su basıncı, yüksek kotlu yerlerinde ise düşük su basıncı ile karşılaşılır.

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi, gökdelenlerin, şehrin yüksek kotlu yerlerine yapılması halinde, şebeke basıncı ideal durumda olsa bile, binanın ancak bir bölümünü şebeke basıncı ile beslemek mümkün olur. Binanın daha yüksek katlarını beslemek için hidrofor vb. basınç yükseltme sisteminin kullanılması gerekir. Bu, hem ilave bir işletme maliyeti ve enerji kullanımı getirir, hem de içme suyu şebekesinden yararlanma konusunda binaya haksız bir üstünlük verir. Zira yer seviyesindeki bir depoya su alıp hidroforla bu suyu yüksek katlara verme durumunda veya doğrudan şebekeden pompa ile su alma durumunda bina, civarındaki normal yolla beslenen binalara göre daha fazla su alma şansına sahip olur.

Kanalizasyon

Kanalizasyon sistemlerinde suyun akışı serbest olarak cereyan etmesi nedeniyle, su akış yönü, zemin eğimi ile aynı yönde olur. Dolayısı ile kanalizasyon sisteminde kanallar yüksek noktalardan düşük kotlu noktalara doğru teşkil edilir.

Yüksek binanın şehrin yüksek kotlu noktasına yapılması durumunda, bu binanın atık suyunu alacak cadde kanalının debisi ve çapı, büyük ölçüde yüksek bina tarafından belirlenir. Bu durumda kanal çapı, başlangıçtan itibaren büyük değer alır. Yüksek binanın düşük kotlu yere yapılması halinde, cadde kanalı, baştan itibaren küçük bir çapla gelip, ancak yüksek binadan sonra, kısa bir mesafe için büyük çap alır. İki durum mukayese edildiği zaman, kanal maliyetinin birinci durumda daha yüksek, ikinci durumda daha düşük olduğu görülür. Kanalizasyon sistemi acısından da yüksek binanın düşük kotlu noktaya yapılması daha uygun görünmektedir (Şekil3.8).



Şekil 3.8. Kanalizasyon sisteminde yüksek binanın durumu (A.Samsunlu,1993).

Ulaşım

Kentlerin, hızlı gelişme süreçlerini yaşaması ve çoğu zaman kentleşmenin kontrol edilememesi sonucu kent planları bu hıza ayak uyduramamakta, sonuçta, ulaşım ağları da yetersiz kalabilmektedir.

Özellikle büro kullanımlı yüksek binaların yapıldığı alanlar, yoğun kullanımın gerçekleştiği saatlerde (sabah $8^{00} - 9^{00}$ saatleri arası, akşam $18^{00} - 19^{00}$ saatleri arası), binlerce kişinin ulaşım ağına döküldüğü sorun noktaları olmaktadır. Yüksek binaların kapasitesi, konumu, sayısı ulaşıma etkisi bu açıdan düşünülerek çözümlenmelidir (H.S Kırkan,2005).

Altyapı sorunlarının yaşandığı yerleşimlerde, kent merkezinde yüksek yapılaşmaya gidilmesinin, mevcut ulaşım yoğunluğunu artıracağı ve tıkanmaları daha da çözümsüz hale getireceği düşünülerek, yüksek binaların konumlandırılmasında, ana ulaşım aksına yakın olmasına ve birden fazla ulaşım seçeneğinin (metro, tren, otobüs, deniz ulaşımı v.s.) bulunmasına, özellikle o bölgelerde toplu taşıma sisteminin geliştirilmesine dikkat edilmelidir. Örneğin İstanbul'da ilk olarak yüksek binaların yoğun olarak yapıldığı Maslak-Levent hattında ulaşımın çok büyük sorun oluşturması üzerine, ilk metro bu hatta yapılmış, metro istasyonlarının çoğu yüksek yapılar ile ilişkilendirilerek sorun çözülmeye çalışılmıştır.

İstanbul Anadolu yakasında ise benzer bir gelişme yaşanmaktadır. Çevre yoluna Kadıköy Kartal Metrosu yapıldıktan sonra bu hat üzerinde yapılan yüksek binalarda büyük artış yaşanmış ve yaşanmaya devam etmektedir.

3.1.2 Yatırım Sorunları

Yüksek binaların üretim ekonomisi, pek çok araştırmayı, işbirliğini ve uzmanlık alanını gerektirdiğinden yüksek maliyetlidir. Tasarım ve uygulama aşamasının sağlıklı bir biçimde yürüyebilmesi, herhangi bir finansal problemle karşılaşılmaması üretimin mükemmelliğinde önemlidir. Bu açıdan henüz karar verme aşamasındayken, yapımı planlanan gökdelenin finansal boyutları ve sonuçları uzmanlarca iyi hesaplanmalıdır.

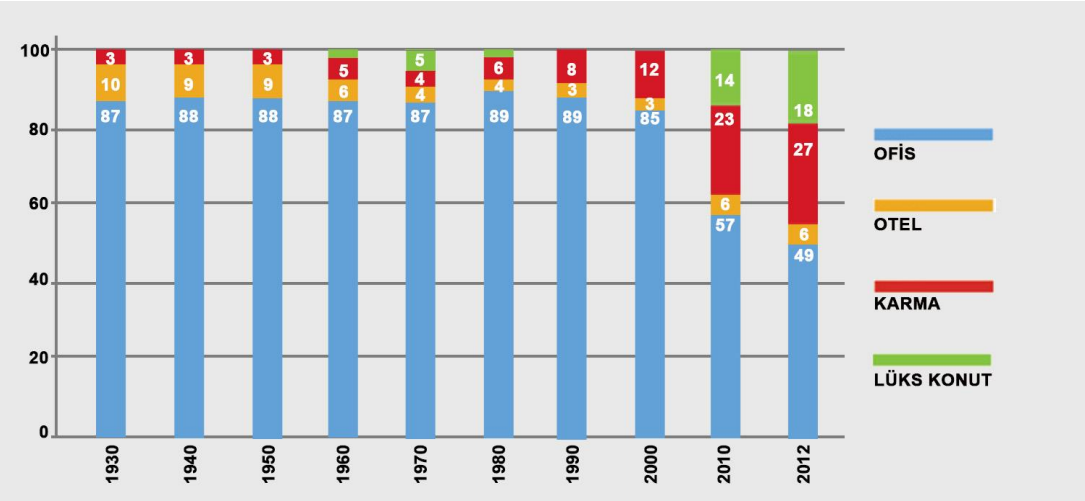
Araştırmalar yalnızca bina düzeyinde kalmamalı, ülke ekonomisini, ekonomik politikaları, arz talep dengesini kapsayan her türlü somut verinin ve ihtiyacın belirlenmesinin gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Yüksek yapılar fonksiyonel açıdan ofis, otel, karma fonksiyonlu, lüks konut, hastane, yurt gibi çeşitli amaçlarla yapılabilmekte olup, bu çalışmada öncelikli olarak ofis, otel, lüks konut ve karma kullanımlı örneklere yer verilmiş ve bu türden örnekler incelenmiştir.

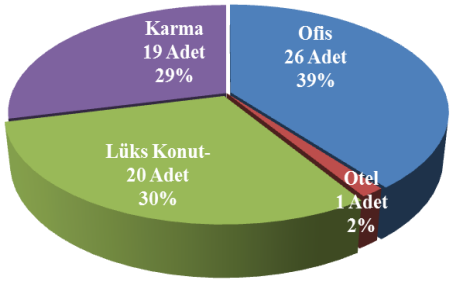
Günümüzdeki anlamıyla yüksek yapıların ilk örneklerinin ofis amaçlı olarak yapıldığı birçok çalışmada ortaya konmuştur. Dünyada 1930 yılından günümüze kadar yapılan en yüksek 100 yapının fonksiyonlarına göre sayısal dağılımı incelendiğinde ofis binalarının genel dağılım içinde oranının%87-89 arasında olup, oldukça yüksek bir orana sahip olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 3.1).

2000 yılından sonra ofis binalarının sayısal oranı hızla düşmüş olduğu, karma fonksiyonlu yapılar ve lüks konutların oranında ciddi bir artış olduğu gözlenmektedir (Çizelge 3.1), (CTBUH journal 2012,sayfa 39).

Çizelge 3.1. Dünyada 1930 yılından itibaren en yüksek 100 yapının fonksiyonlarına göre adetsel dağılım tablosu (Bkz. EK-5), (CTBUH journal 2012,sayfa 39).

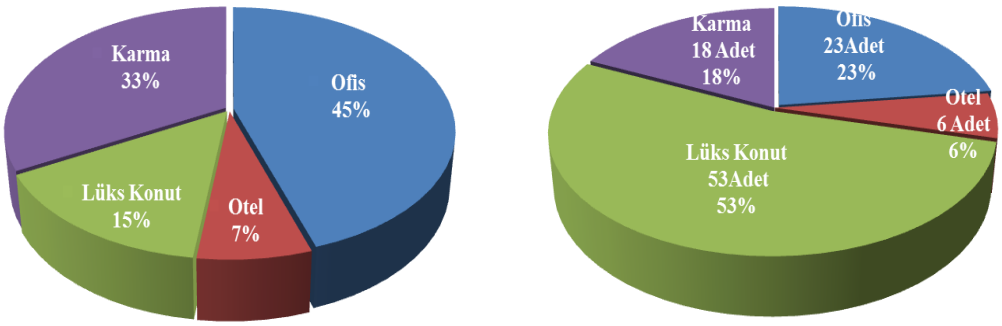


2012 yılında yapımı tamamlanan 200 m veya üzeri yüksek yapıların fonksiyonlarına göre dağılımı incelendiğinde, ofis kulelerinin toplam içindeki oranının %39'a düştüğü gözlenmektedir (Şekil 3.9), (URL-5).



Şekil 3.9. 2012 yılında yapımı tamamlanan 200 m veya üzeri yüksek yapıların fonksiyonlarına göre dağılımına tablosu (CTBUH tall building rewiew, 2012).

Dünyada ve Türkiye'deki en yüksek 100 yapının (Bkz. EK-6), fonksiyonlarına göre dağılımı incelendiğinde, dünyada en çok % 45oranında ofis kullanımlı yüksek yapılar yapılırken, Türkiye'de lüks konut yapımının %53 gibi yüksek bir oranda olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.10).



Dünya Türkiye

Şekil 3.10. Dünyada ve Türkiye'deki en yüksek 100 yapının fonksiyonlarına göre dağılım tablosu.

Başta İstanbul olmak üzere Türkiye'nin diğer büyükşehirlerindeki yüksek binaların büyük bir çoğunluğunun, arsasını değerlendirmek isteyen yatırımcılar tarafından inşa edildiği bilinmektedir. Çok büyük bir arsa spekülasyonunun yaşandığı İstanbul'da, şehir merkezindeki arsaların yüksek değerleri, bu arsadan mümkün olduğunda fazla yararlanarak rant elde etme isteğini gündeme getirmiştir. Arsanın değerlendirilmesi amacı ile yapılan yüksek binalarda fonksiyon seçimi, arsanın bulunduğu yerin ön plana çıkan fonksiyon eğilimine göre seçilmekte, bu seçimde bazen, o yöre için hiç ihtiyaç olmayan fonksiyonlara gidilmesi de söz konusu olabilmektedir (Aytıs, 1996).

Tek fonksiyonlu yapılar kentsel planlama açısından yarattığı çeşitli sakıncalar nedeniyle gerek ülkemizde, gerekse dünyada zaman içinde geri planda kalmış olup, son yıllarda karma kullanımlı yapılara daha fazla yatırım yapıldığı görülmektedir. Karma kullanımlı yapılar birden fazla fonksiyonun bir yapıda yer alabildiği, farklı kullanıcılara hizmet verebilen yapı türleri olup, kentsel planlama, sosyal ve ekonomik açılardan birçok avantaja sahiptir. Konut ve büro fonksiyonlarının bir arada olduğu, karma geliştirme projeleri çalışma saatleri dışında da kullanılabildiği, başka bir deyişle yaşamaya devam ettiği, özellikle geceleri 'hayalet şehir' etkisinin önlendiği yerleşimlerdir. İstanbul'da da bu tür yapıların sayısı hızla artmakta, insanlar ulaşım problemlerine çözüm olduğu, birçok sosyal ve fiziksel ihtiyaçlarını bu yapılarda daha kolay sağladıkları gibi gerekçelerle bu tür yapılarda ya da yakınında yaşamak istemektedir.

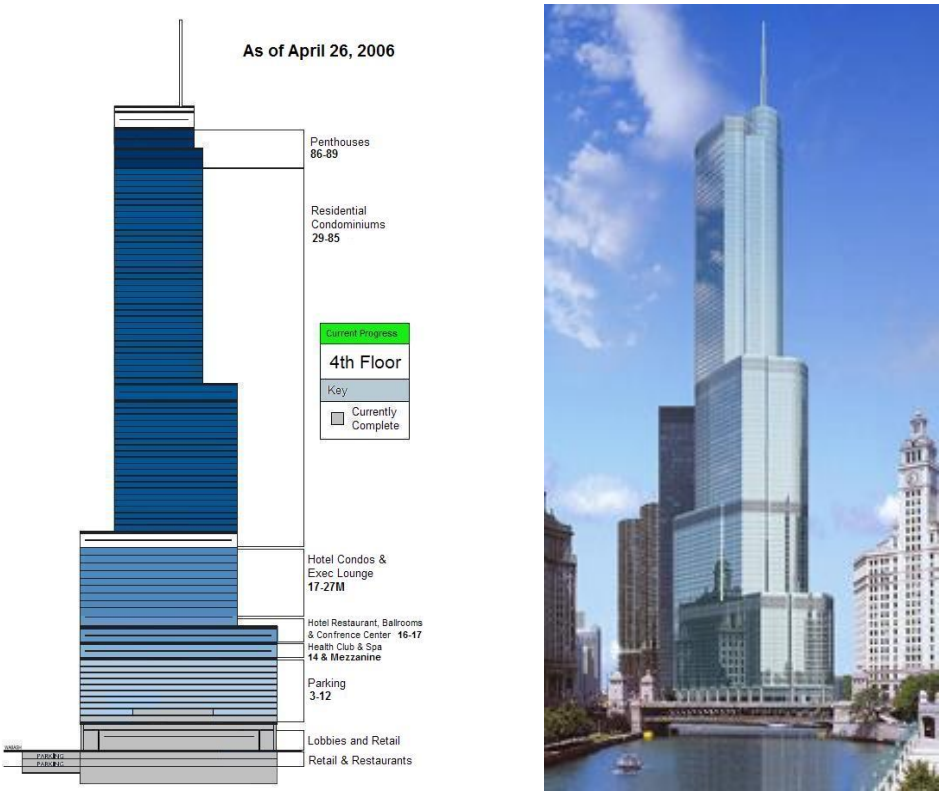
Kentin kültürel ve sosyal yaşam olanaklarından yararlanmak isteyen, aynı zamanda şehir içinde güvenliği sağlanmış alanlarda yaşamayı tercih eden kitleler için karma kullanımlı yapılar ve yerleşimler tek çözüm gibi görünmektedir.

Gelişen kongre turizmi sektörü ve buna paralel olarak artan turist sayısı da, şehir merkezlerinde konaklama ihtiyacını artırmakta, kaliteli otellere olan ihtiyaç da hızla büyümektedir. Bu otellerin bünyelerinde çok sayıda lokanta, lobi, balo salonları, kongre salonları, sağlık, alış-veriş birimleri vs gibi farklı fonksiyon grupları yer almaktadır. Otelcilik sektöründe, özellikle şehir merkezinde yapılmış olan yüksek katlı otel binalarında sadece geçici konaklama ve kullanım değil, uzun dönem kullanım için konut alanları da kent halkının kullanımı için tasarlanmaktadır (Rutes ve Penner, 1985).

Ancak karma kullanımlı yüksek binaların tasarımında, işlevlerin gereksinime uygun olarak seçimi ve her işlev için ayrılacak alanların doğru belirlenmesi, göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur (Goldberger, 1988: 101-115).

Karma kullanımlı yüksek yapıların kronolojik gelişimine bakıldığı zaman ilk örnekleri Chicago şehrinde görülmektedir. 1969 yılında kullanıma açılan Chicago'daki 100 katlı John Hancock Center bu yaklaşımı dünyaya ilk tanıtan örnek olarak bilinmektedir. 2009 yılında tamamlanan Chicago Trump Hotel and Tower Binası ise yine bu yaklaşımın en son ve en çarpıcı örneklerinden biridir (Şekil 3.11).

Toplam 98 kattan oluşmakta olan bu yapının, bünyesinde otel, lüks konut, konferans salonları, sağlık kulübü ve alışveriş merkezinin bir arada yer aldığı görülmektedir.



Şekil 3.11. Trump İnternational (Chicago) fonksiyon şeması ve görünümü.



Şekil 3.12. Turning Torso (Malmö) görünümü.

İsveç, Malmö'de, 2006 yılında tamamlanan Turning Torso, bir diğer karma kullanımlı yüksek yapı örneğidir. Mimari tasarımı Santiago Calatrava'ya ait olan bu yapının yüksekliği 190 m olup, toplam 54 kattan oluşmakta, ağırlıklı olarak konut

fonksiyonunu içermektedir. Yapıda bulunan en büyük konut 230 m2, en küçük konut ise 45 m2'dir. Zemin kattan itibaren ilk 12 kat ofis amaçlı kullanım için tasarlanmış, üst katlar ise, konut amaçlı kullanım için ayrılmıştır (Şekil 3.12).

İstanbul'da karma kullanımlı yüksek yapılar kronolojik açıdan incelendiğinde, buradaki yaklaşımın yakın bir geçmişe sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 3.2). İlk karma kullanımlı yüksek yapı olan Akmerkez'in yapım tarihi dikkate alınırsa, bu yapıların İstanbul'da 1990'lı yıllardan sonra ortaya çıkmaya başladığı görülmektedir (Şekil 3.13), (Sev, 2001).

Çizelge 3.2. İstanbul'daki Karma Kullanımlı Yüksek Yapılar Listesi.

Sıra No	İsim	Şehir	Yükseklik (m)	Kat sayısı	Bitiş yılı	Kullanım	Durum
1	Diamond of Istanbul	İstanbul	270	53	2015	Karma	Yapım Aşamasında
2	Varyap Meridian Grand Tower 1	İstanbul	244	61	2012	Karma	
3	Mistral Tower Bayraklı 1	İzmir	220	45	2014	Karma	Yapım Aşamasında
4	Spine Tower	İstanbul	201	47	2013	Karma	Yapım Aşamasında
5	Mistral Tower Bayraklı 2	İzmir	200	40	2014	Karma	Yapım Aşamasında
6	Folkart Bayraklı Kulesi 1	İzmir	200	40	2014	Karma	Yapım Aşamasında
7	Folkart Bayraklı Kulesi 2	İzmir	200	40	2014	Karma	Yapım Aşamasında
8	Leopardus [Sarphan Finans Park]	İstanbul	178	48	2014	Karma	Yapım Aşamasında
9	Mertim	Mersin	177	52	1987	Karma	
10	Ak-Asya Shopping Center and Tower	İstanbul	173	40	2014	Karma	Yapım Aşamasında
11	Tekstilkent Plaza 1	İstanbul	168	44	2000	Karma	
12	Tekstilkent Plaza 2	İstanbul	168	44	2000	Karma	
13	İstanbloom	İstanbul	150	44	2014	Karma	Yapım Aşamasında
14	42 Maslak Tower 1	İstanbul	148	42	2013	Karma	Yapım Aşamasında
15	Tat Twin Towers 1	İstanbul	143	34	2000	Karma	
16	Tat Twin Towers 1	İstanbul	143	34	2000	Karma	
17	Nurol Tower	İstanbul	142	32	2014	Karma	Yapım Aşamasında



Şekil 3.13. Akmerkez görünüm (İstanbul).

Türkiye'deki bir diğer karma kullanımlı yüksek yapı örneği ise, İzmir'de yapımı devam eden Folkart Towers'dır. Her biri 40 kattan oluşan bu ikiz yapılarda 210 lüks konut ve 440 adet ofis bulunmaktadır. Yapılarda ayrıca spor merkezi, sauna, buhar odası, yüzme havuzu, spor alanları, çocuk oyun alanları, kapalı otopark gibi kapsamlı sosyal donatılar da bulunmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Folkart Bayraklı Kulesi fonksiyon Şeması.

3.2. PLANLAMA SORUNLARI

Kentsel açıdan şehir yaşamına kattığı olumlu ve olumsuz etkilerin dışında, başta karma kullanımlı olanlar olmak üzere, tüm yüksek yapıların planlanmasında ve yapımında çeşitli zorluklar söz konusudur. Ofis, otel, konut ve alışveriş merkezi gibi çeşitli fonksiyonların bir arada bulunduğu yüksek yapılar içinde bu sorun çok daha büyük boyuttadır. Bu zorluklar genellikle farklı fonksiyonların getirdiği farklı türdeki taşıyıcı sistemlerin birbiri ile uyum içinde üst üste yerleştirilmesi gereğinden kaynaklanmaktadır. Genel anlamda yüksek binaların planlama sorunlarını, mimari, strüktür, mekanik ve elektrik tesisatlarına ilişkin sorunlar olarak dört başlık altında incelemek mümkündür.

3.2.1. Mimari Planlama Sorunları

Bir yüksek yapıda bulunan konut, ofis, alışveriş merkezi ve otel gibi farklı kullanıcılar için farklı mekân gereksinimleri, farklı kullanıcılar için güvenliği sağlanmış giriş-çıkış bölgelerinin planlanmasını gerektirmektedir.

Aynı yapı içinde bulunan ofis ve alışveriş merkezi giriş-çıkışlarının önceden çok iyi tasarlanarak uygulamaya geçirilmesi gerekir; çünkü alışveriş merkezi bir kamusal alandır ve kullanımı dışa açıktır, alışveriş merkezinin iyi çalışabilmesi için dışa dönük olarak tasarlanması gerekmektedir. Ofis yapısı ise güvenliği arttırılmış ve belirli bir kesime yönelik planlanan dışa kapalı mekânlardır. Bu yüzden her iki fonksiyonu barındıran alanlardaki giriş ve çıkışların doğru çözülmesi beklenir (Thompson, 2002).

Karma kullanımlı yapılarda her kullanıcı grubu için ayrı giriş-çıkış düzenlenmesi en uygun çözüm olarak görünmektedir. Bunun yanı sıra yine farklı kullanıcılara hizmet edecek asansör, merdiven, yangın merdiveni gibi düşey ulaşım sistemlerinin ayrı çekirdekler içinde çözülmesi veya tek bir çekirdek içinde bölümlere ayrılması uygun olmaktadır. Ayrı çekirdek çözümünde maliyet artışı en büyük sorun olarak ortaya çıktığından, doğru planlanmış tek çekirdekli çözüm, etkili işlemesi durumunda en uygun çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.2.2. Strüktür Tasarım Sorunları

Sistematik olarak tek fonksiyona sahip binaların strüktürel çözümlemelerine bakıldığı zaman, taşıyıcı sistem seçimi ve tasarımının daha basit olduğu görülmektedir. Fakat farklı fonksiyonların yer aldığı karma kullanımlı yüksek yapılarda, değişik fonksiyonlar farklı mekân büyüklükleri, hatta yükseklikleri gerektirmektedir. Bu da tasarım aşamasında farklı fonksiyonların taşıyıcı sistem kurulumu açısından sorunlar oluşturmasına sebep olacaktır. Örneğin konut alanlarında taşıyıcı sistem, ara paneller veya bölücü duvarlarla gizlenebilmesi istenirken, ofis ve ticari alanlarda büyük mekân açıklıklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanım açısından bakıldığında her farklı fonksiyonun en yüksek kazançla en iyi şekilde işleyebilmesi için, tasarım ve planlama aşamasında her birinin ortak bir noktada çözümlenmesi gerekmektedir (Thompson, 2002).

Taşıyıcı sistem seçimine ilişkin çözümler 3.3.Taşıyıcı Sistemler başlığı altında daha detaylı olarak incelenecektir.

3.2.3. Mekanik ve Elektrik Tesisat Planlama Sorunları

Gelişen teknoloji ve artan gereksinimler geleneksel bina yapım ve düzenlerinin aşılmasını zorunlu kılmakta, "akıllı bina" olgusunu ön plana çıkarmaktadır. Giderek hızlanan bilgi ve iletişim çağına bağlı olarak günümüzde binalar eskiden olduğu gibi beton, çelik, cam gibi bileşenlerin yanı sıra ona çok daha fazla değer katan elektrik elektronik ve yazılım katmanlarından oluşmaktadır. Bu durum farklı disiplinlere ait bilgi gereksinimini de beraberinde getirmiştir. Bu tür binaların yapılması, yönetilmesi ayrı bir bilgi ve yetkinlik konusudur. Yüksek yapılar, tasarım aşamasından kullanıma kadar çok çeşitli alt sistemler ile bunların tasarım ve üretimini üstlenen disiplinleri uyum içinde bir araya getiren son derece titiz bir çalışmayı gerektirmektedir.

3.3. TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ

Çok katlı yapıların taşıyıcı sistemleri, yatay yüke dayanım sağlayacak çerçeve elemanları, kullanım alanlarını oluşturan döşeme sistemleri ile bunların bir araya gelerek oluşturduğu düzeni yatay yüklere karşı dayanıklı hale getirerek kullanıcı güvenlik ve konforunu sağlayacak ek elemanlardan oluşmaktadır.

Yüksek bir yapının taşıyıcı sistem seçiminde dikkate alınan etkenler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- **Ekonomik etkenler.** Ekonomik etkenler, sadece yapım maliyeti olarak değil, yapı tamamladıktan sonraki işletme giderleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Günümüzde herhangi bir yapıyı her açıdan güvenli ve dayanıklı kılabilecek taşıyıcı sistem ve yapım teknolojisi mümkün olmakla birlikte, amaç bu sistemin en ekonomik şekilde nasıl çözülebileceğini tespit etmektir. Bu durumda bir yüksek yapı için taşıyıcı sistem belirlenirken dikkate alınması gereken en önemli konulardan biri ekonomik olanaklardır.

- **Zemin koşulları.** Yapının üzerine oturacağı zemin, taşıyıcı sistem tasarımı için önemli olan bir diğer etkendir. Temel sistem üzerine gelen yükleri toplayarak zemine aktarmakta ayrıca olası bir deprem vb. gibi doğal felaket sırasında ise yapının ilk etkilenen kısmı olmaktadır. Bu nedenle yapının taşıyıcı sisteminin tipi, zeminin jeolojik yapısına uygun seçilmelidir. Taşıma kapasitesi düşük zeminlerde mutlak surette gerekli önlem alınmaktan kaçınılmamalıdır.

- **Yapının geometrik formu.** Taşıyıcı sistemin seçimi yapının geometrik formuna ve narinliğine (yükseklik /genişlik oranına) kısacası kütlesel formuna bağlı olarak yapılmaktadır. Yüksek bir yapının kütle formunda alt kattan başlayarak üst kata doğru ağırlık ve rijitlikle uyumlu bir daralma uygun olmaktadır. Belli yüksekliklerin üstünde bazı katlarda girinti çıkıntılar yaparak etkiyen rüzgârın düzenini bozmak (rüzgârı şaşırtmak) taşıyıcı sistem tasarımında bazı kolaylıklar sağlamaktadır. Aerodinamik tasarım yaklaşımı olarak adlandırılan bu yaklaşıma birçok yüksek yapı örneği bulunmaktadır.

- **Yapım sistemi.** Taşıyıcı sistemin seçiminde yapım sistemi bölgenin sahip olduğu teknolojik olanaklar, iş gücüne ve yapı malzemesine ulaşılabilirlik açısından önem taşımaktadır. Örneğin çelik endüstrisinin olmadığı bir bölgede çelik bir taşıyıcı sistem seçme veya ön yapım endüstrisinin gelişmediği bir ülkede yapımda hız kazanmak amacıyla ön yapım gerektiren bir taşıyıcı sistem tasarlamak durumu tam tersine döndürerek olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Çin'in Changsha bölgesinde tasarlanan Sky City 1000 için benzeri bir durum yaşanarak, iki ayda tamamlanması planlanan ve ön üretimli elemanlardan üretilecek olan yapının inşaat süresi, üretim yetersizlikleri nedeniyle 9 aya uzamıştır.

- **Mekanik donanım sistemleri.** Yüksek yapılarda hangi mekanik sistemin seçileceği taşıyıcı sistem tasarımı açısından da önem kazanmaktadır. Tesisat sistemi için gerekli ekipmanların, kanalların ve diğer tüm gereksinmelerin taşıyıcı sistem elemanları ile bütünleşip bütünleşemeyeceği, döşeme, kiriş gibi yatay elemanların boyutlarını etkileyip etkilemeyeceği önceden düşünülerek taşıyıcı sistem tasarımı yapılmalıdır. Bu gibi sistemlerin özellikle düşey doğrultuda fazla yer kaplamaması, dolayısıyla kat ve bina yüksekliğini artırmaması istenmektedir. Bu anlamda çelik taşıyıcı sistemler ve boşluklu gövdelere sahip çelik kirişli döşeme sistemleri avantaj sağlamaktadır.

- **Yangın Önlemleri.** Çok katlı yapılarda yangın sorunu ve çözümlenmesi önemli problemlerden birisidir. Özellikle çelik yapılarda taşıyıcı sistemin yangından korunması için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

- **Yönetmelikler.** Bölgesel yönetmelik ve şartnameler taşıyıcı sistem ve yapım yöntemi seçiminde önemli etkenlerdendir. Kat adedi veya yapı yüksekliği sınırlamaları, döşeme yükseklikleri taşıyıcı sistem tasarımında önemli rol oynamaktadır.

- **Yerel Malzeme Olanakları.** Yapının gerçekleştirileceği yerin, yapı malzemesi kaynağına yakın bir mesafede bulunması durumunda normal şartlar altında pahalı olan sistemler daha ekonomik sınırlara ulaşabilir. Bu nedenle sistem tasarımı sırasında bu etken de göz önünde bulundurulmalıdır.

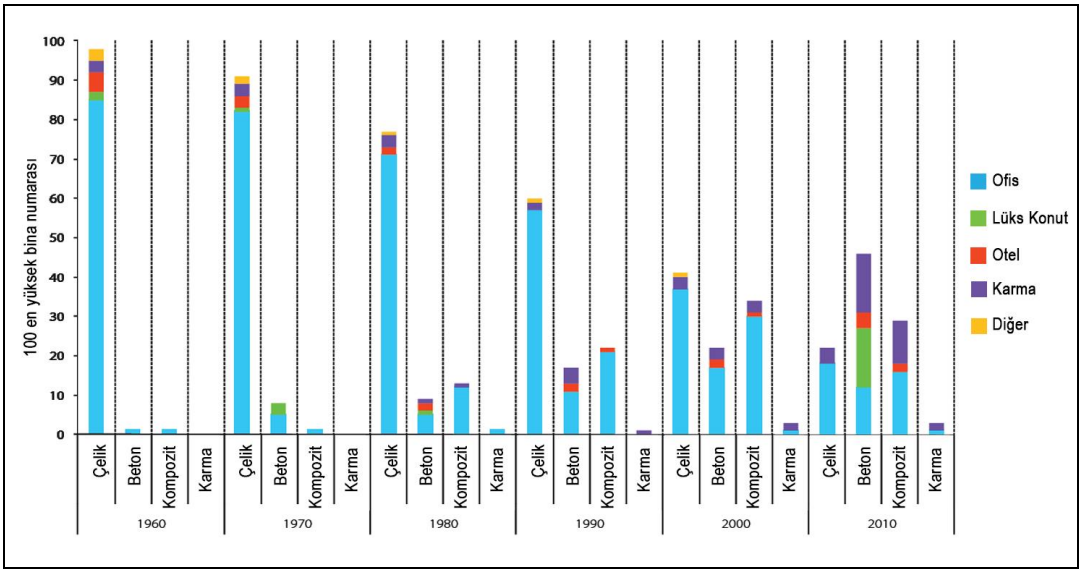
3.3.1. Yüksek Yapılarda Malzemeye Dayalı Taşıyıcı Sistem Seçenekleri

Yüksek yapılardaki taşıyıcı sistem seçenekleri, kullanılan malzemenin çelik, betonarme veya kompozit olmasına, binanın kat adedine, mimari planlamasına veya kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. Bu sistemlerin sistematik bir sınıflandırılması yapılırken, yapının yüksekliği ve kat adedi ile yatay yüklere dayanım önemle göz önünde bulundurulmalıdır.

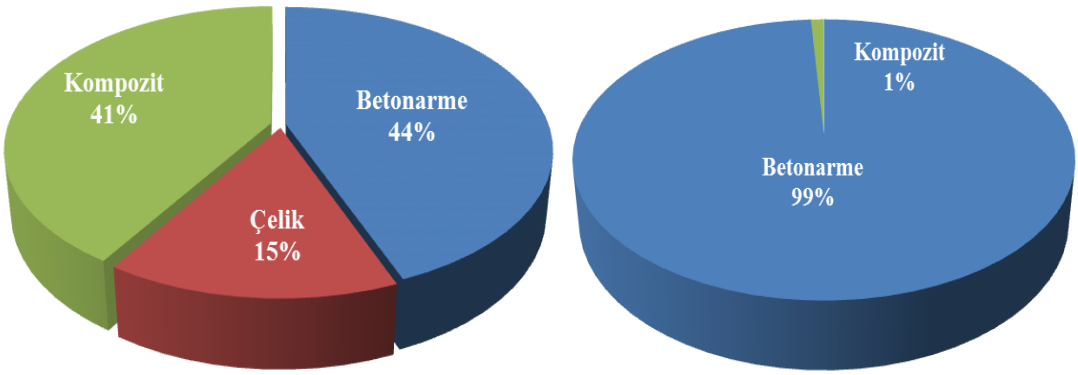
1960 yılından itibaren yapılan yüksek yapılarda strüktürel malzeme kullanımı sayısal olarak incelendiğinde, 1960 yılında çeliğin % 95 olan kullanım oranına sahip olduğu, ancak 2010 yılında %23'lere kadar düştüğü görülmektedir.

1960 yılında ofis binalarının yapımında çelik %88 oranında kullanılırken günümüzde bu oran % 18'e kadar düşmüştür. İçinde bulunduğumuz dönemde karma fonksiyonlu yüksek yapılarda %15 oranında betonarme, %10 oranında çelik ve betonarmenin birlikte kullanılmasından doğan kompozit taşıyıcı sistemler kullanılmaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. 1960 yılından 2010 yılına kadar dünyanın en yüksek 100 yapısının, taşıyıcı sistem olarak malzeme kullanımı ve fonksiyonlarına göre karşılaştırılması (CTBUH journal 2010,sayfa 41).

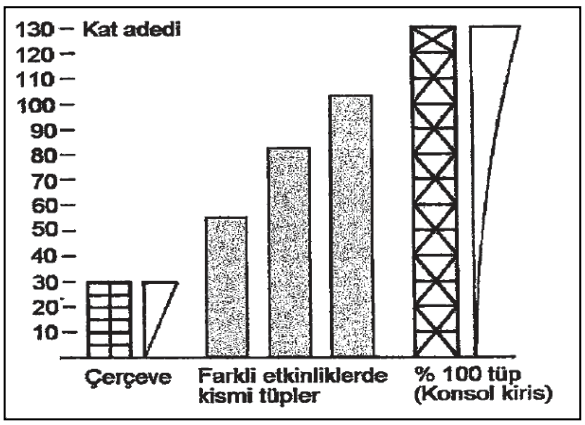


Dünyada ve Türkiye'de yapımı tamamlanmış en yüksek 100 yapının taşıyıcı sistemlerinin malzemelerine göre yapılan grafikte görüleceği gibi Türkiye'de taşıyıcı sistemlerde malzeme olarak %99 oranında betonarme kullanılmaktadır (Şekil 3.15).



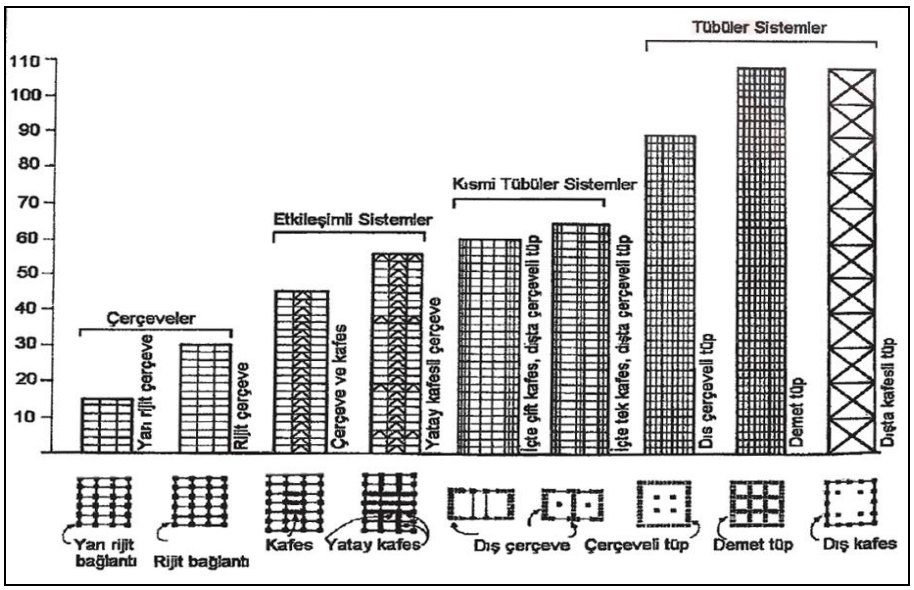
Şekil 3.15. Dünya ve Türkiye'de yapımı tamamlanmış en yüksek 100 yapının taşıyıcı sistem malzemelerine göre sınıflandırılması.

Yüksek binalar için oluşturulan düzenlemeler "basit konsol" la karşılaştırıldığında farklı etkinlik düzeylerine sahip bir dizi taşıyıcı sistem bulunmaktadır (Iyengar, 1986). Şekil 3.16 'da 1960'lar da ortaya konan ve her bir sistem için yükseklik sınırlarını gösteren karşılaştırma grafiği verilmiştir (Sev,2001), (Iyengar, 1972).



Şekil 3.16. Yatay yüklere dayanıklı yüksek yapı taşıyıcı sistemlerinin 1960 yılında karşılaştırılması (Sev,2001).

1965 yılında Fazlur Khan, taşıyıcı sistemlerin yatay yüklere dayanım açısından etkinlikleri doğrultusunda sınıflandırılabileceğini öne sürmüştür (Şekil 3.17). Spektrumun bir tarafında 20-30 kat yükseklikler için etkin olan rijit çerçeveler, diğer tarafında konsol etkinliği olan tübüler sistemler bulunmaktadır (Sev,2001).



Şekil 3.17. Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler (ABD örneği).

Zaman içinde yüksek yapılarda kullanılan taşıyıcı sistem malzemesinde değişiklikler yaşanmış, çelikten betonarme ve kompozit malzemeye doğru bir eğilim olduğu göz önünde bulundurularak, bu çalışma kapsamında yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri strüktür malzemesine dayalı olarak üç sınıfta incelenmiştir.

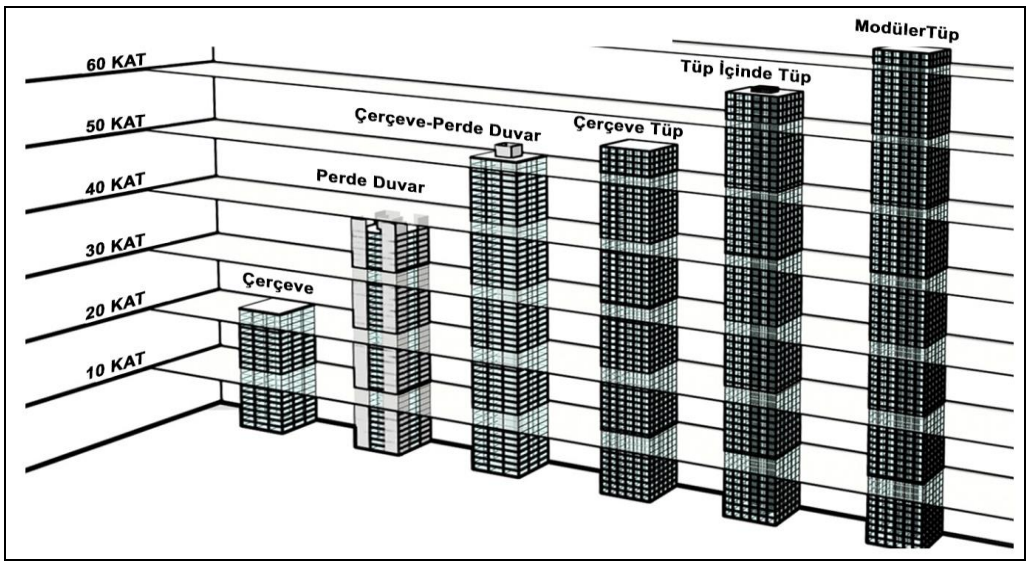
3.3.1.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemler

1950'lerde betonarme, yüksek yapı taşıyıcı sistemlerinde daha etkin olarak kullanılmaya başlanmıştır. Betonarmenin diğer strüktürel malzemelere göre avantajları,

- Ekonomik olması ve dünyanın çoğu bölgesinde yerel olarak elde edilebilmesi,
- Şekil verilebilme özelliği,
- Dış etkenlere ve yangına dayanıklılığı,
- Bitmiş ürün olarak kullanılabilmesi,
- İnsan sağlığı açısından zararsız olması, şeklinde sıralanmaktadır.

Kayan kalıplar, tünel kalıplar ve tırmanan kalıplar gibi beton yerleştirme tekniklerindeki yeni gelişmeler, beton pompaları gibi daha hızlı beton dökme ekipmanlarının kullanımı, yüksek kaliteli kalıp ve beton birleşimi sonucu iç mekânların verimli olmasını sağlayan küçük boyutlu ve daha az sayıda kolonun kullanılması, süper akışkanların geliştirilmesiyle betonun dayanımının ve işlenebilme özelliğinin artması, dış cephedeki perde, kolon ve yüksek kirişlerin ek önlemler gerekmeksizin mimari amaçlara uygun şekilde yapılabilmesi gibi özellikleri beton malzemeyle uygun yapı sistemlerinin geliştirilmesine ve yaygın olarak kullanılmasına yardımcı olmuştur (Ardıç,1993).

Khan 1973'te yüksek yapılarda betonarme ile yapılan taşıyıcı sistemleri altı grup olarak sınıflandırmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Yüksek yapılarda betonarme taşıyıcı sistemler (ABD örneği), (Şekil E. Gülakan tarafından tez çalışması kapsamında yeniden düzenlenmiştir).

Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek 100 yüksek yapı incelendiğinde çelik taşıyıcı sistem seçimi ve endüstrisi gelişmeyen Birleşik Arap Emirlikleri, Kuveyt, Suudi Arabistan ve Çin'de betonarme taşıyıcılı yüksek yapıların tercih edildiği gözlenmektedir. Çizelge 3.4 de dünyada yapımı tamamlanmış betonarme taşıyıcı sistemler ile yapılan en yüksek 10 yapı gösterilmiştir (CTBUH,2013).

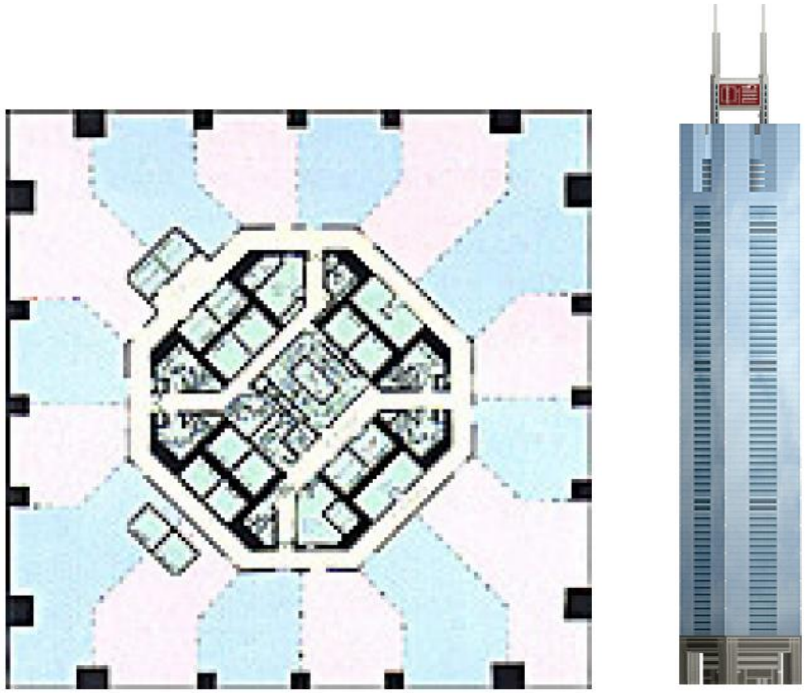
Çizelge 3.4. Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek 10 betonarme yapı (CTBUH,2013).

Sıra No	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Sayısı	Bitiş Tarihi	Malzeme	Kullanım
1	Trump International Hotel & Tower	Chicago (US)	423	98	2009	Betonarme	Otel / Lüks Konut
2	Al Hamra Tower	Kuwait City (KW)	413	80	2011	Betonarme	Ofis
3	23 Marina	Dubai (AE)	393	90	2012	Betonarme	Lüks Konut
4	CITIC Plaza	Guangzhou (CN)	390	80	1996	Betonarme	Ofis
5	Elite Residence	Dubai (AE)	380	87	2012	Betonarme	Lüks Konut
6	Central Plaza	Hong Kong (CN)	374	78	1992	Betonarme	Ofis
7	Almas Tower	Dubai (AE)	360	68	2008	Betonarme	Ofis
8	The Pinnacle	Guangzhou (CN)	360	60	2012	Betonarme	Ofis
9	JW Marriott Marquis Hotel Dubai Tower 1	Dubai (AE)	355	82	2012	Betonarme	Otel
10	JW Marriott Marquis Hotel Dubai Tower 2	Dubai (AE)	355	82	2013	Betonarme	Otel

Günümüzde betonarme malzeme ile yapılan yüksek binalarda çerçeve sistemler, yanal yüklere dayanımının diğer sistemlere göre düşük olması ve en fazla 20 kat yapılabilmesi nedeniyle tercih edilmemektedir. Betonarme malzeme ile yapılan perde duvarlı sistemler tünel kalıplı yapım yöntemlerinde ön plana çıkmaktadır. Betonarme perde duvarlı taşıyıcı sistemler, perde duvarların ağır ve yapımın zor olması, cephenin büyük bir bölümünü kaplaması, yeterli ışık almayı engellemesi, açık, esnek ve geniş kullanım alanlarına izin vermemesi gibi nedenlerle mimarlar ve yatırımcılar tarafından tercih edilmemektedir.

Günümüzde dünyada ve Türkiye'de taşıyıcı sistem seçiminde, betonarme malzemeli taşıyıcı sistemle yapılan yüksek yapılarda çerçeve ve perde duvar etkileşimli sistemler, çekirdek ve çerçeveli sistemler ile tübüler sistemler (çerçeve tüplü, tüp içinde tüplü ve modüler tüplü) kullanılmaktadır.

Guangzhou'da 1996 yılında yapımı tamamlanan Citic Plaza, 98 kat ve 423 metre yüksekliğindedir. Betonarme bir dış çerçeve ve altıgen planlı bir çekirdekten oluşan taşıyıcı sistem çerçeve ve çekirdekli sistem olarak adlandırılmaktadır. Yapıda yüksek dayanımlı beton kullanılmış olup dış kolonlar ve çekirdek birbirine kirişler ve döşemeler ile bağlanmaktadır (Şekil3.19).

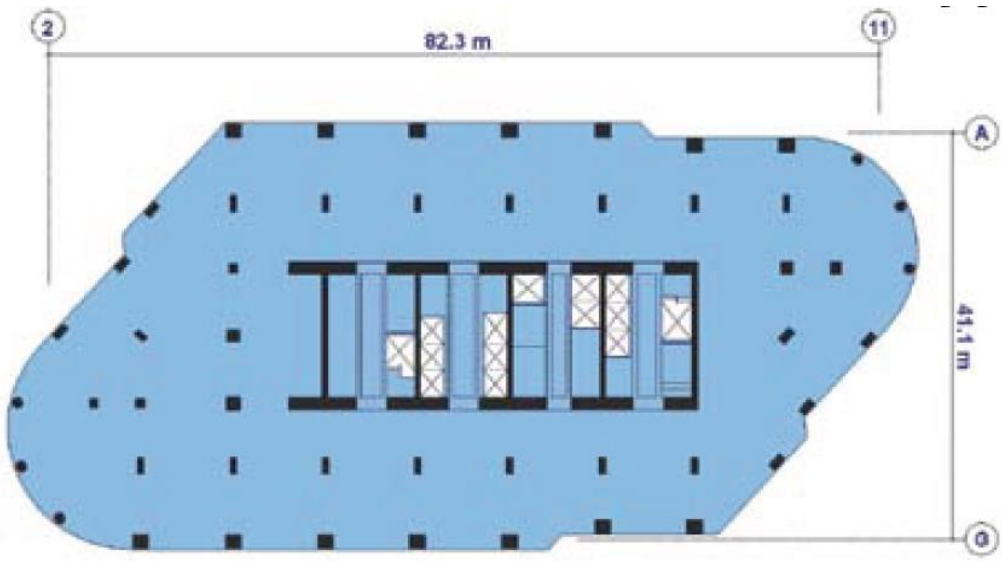


Şekil 3.19. Citic Plaza, Guangzhou.

Chicago'da 2009 yılında yapımı tamamlanan Trump International Hotel & Tower 98 kat ve 423 metre yüksekliği ile dünyanın betonarme taşıyıcı sisteme sahip en yüksek ikinci yapısıdır (Şekil 3.20), (CTBUH, 2013). Yapıda betonarme bir çekirdek ve betonarme kolonlardan oluşan bir dış çerçeve söz konusudur. Betonarme çekirdeğin orta kısmında dört adet I-planlı ve iki adet C-planlı perde duvar bulunmakta, 51. kattan sonra, iki adet I-planlı perde duvar devam etmekte, yanlardaki C-planlı perde duvarlar bu katta son bulmaktadır (Şekil 3.21). Kolon ve perdelerde yüksek dayanımlı beton kullanılmıştır (Structuremag,2009).

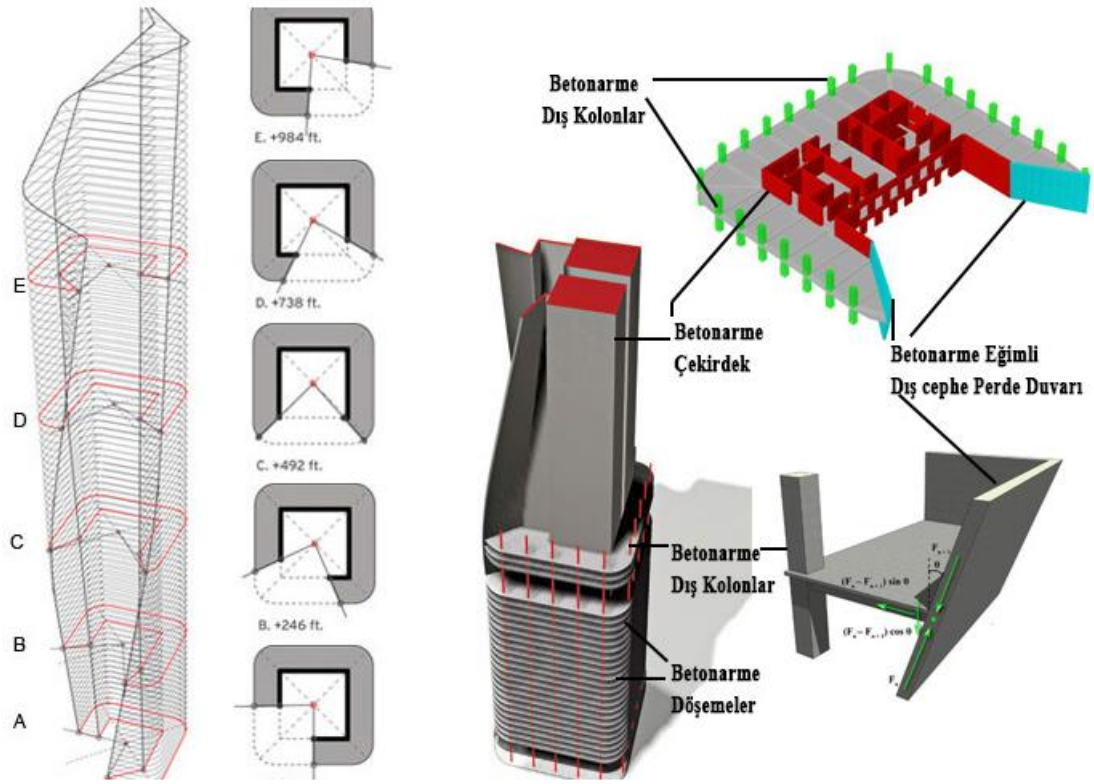


Şekil 3.20. Trump International Hotel & Tower görünümleri.



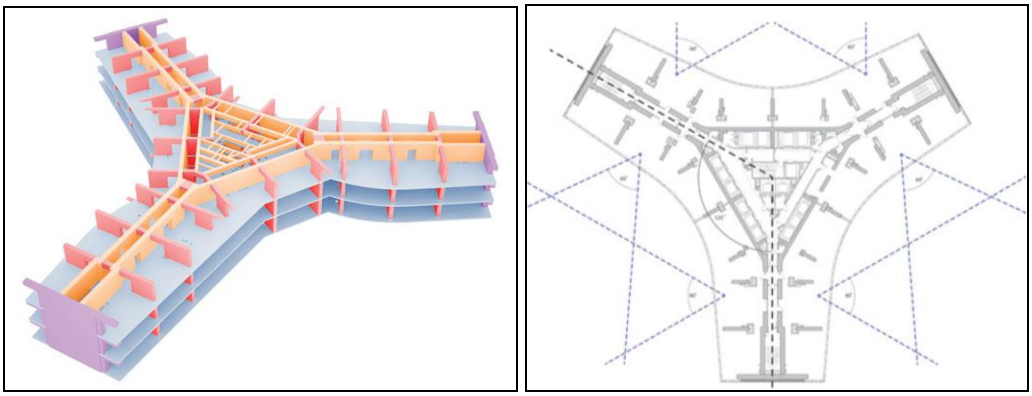
Şekil 3.21. Trump International Hotel & Tower planı (URL-6).

Betonarme taşıyıcı sisteme sahip bir diğer yüksek yapı örneği olan Kuveyt'teki Al Hamra Tower 2011 yılında yapımı tamamlanmış olup, 80 katlı 413 metre yüksekliğindedir. Yapı betonarme bir çekirdek ve dış çerçeve tarafından taşınmaktadır. Çalışma mekânlarına ışık sağlamak için orta kısmında bir atrium olan bu mimari ve strüktür açısından ilginç yapıya daha sonra yer alan 4. Örnekler bölümünde ayrıca yer verilecektir (Şekil3.22).



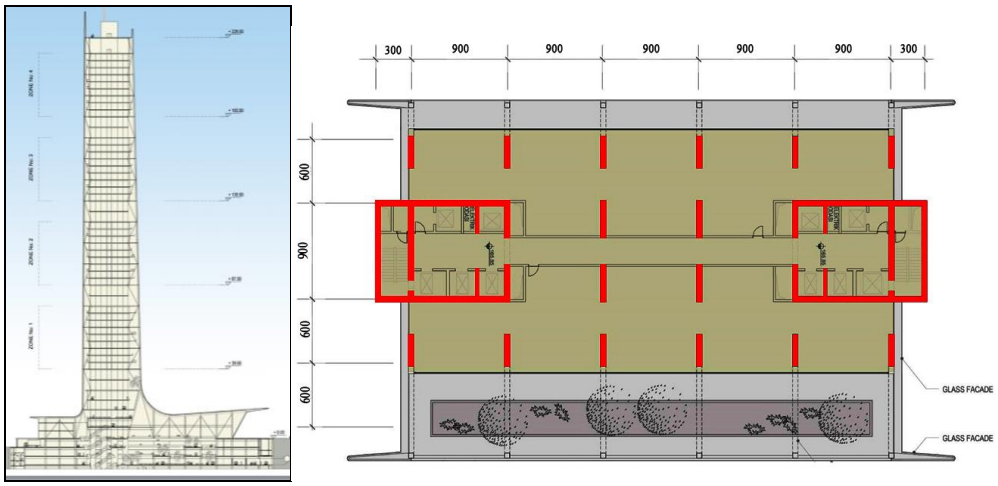
Şekil 3.22. Al Hamra Tower geometrik yapısı ve şematik planları (URL-7).

Cidde'de 2019 yılında yapımı tamamlanması planlanan Kingdom Tower 167 kat ve 1007 metre yüksekliği ile dünyanın betonarme taşıyıcı sisteme sahip en yüksek yapısı olacaktır. Yapının üç kollu yıldız şeklindeki planının merkezinde üçgen planlı bir betonarme çekirdek, kollarında ise oldukça kalın betonarme perde duvarlar bulunmaktadır (Şekil3.23). Bu yapıya da daha sonra 4. Örnekler bölümünde detaylı olarak yer verilecektir.



Şekil 3.23. Kingdom Tower plan ve taşıyıcı sistemi (URL-8).

Bu konudaki örneklerden bir diğeri de 2011 yılında yapımı tamamlanan İstanbul'daki Sapphire'dir (Şekil 3.24). 66 katlı 261 metre yüksekliğinde ve dikdörtgen planlı yapı kısa kenarlarında iki adet dikdörtgen betonarme çekirdek, içte perde duvarlar tarafından taşınmaktadır (detaylı bilgi için bkz 4. Bölüm)



Şekil 3.24. Sapphire taşıyıcı sistem kesit ve planı.

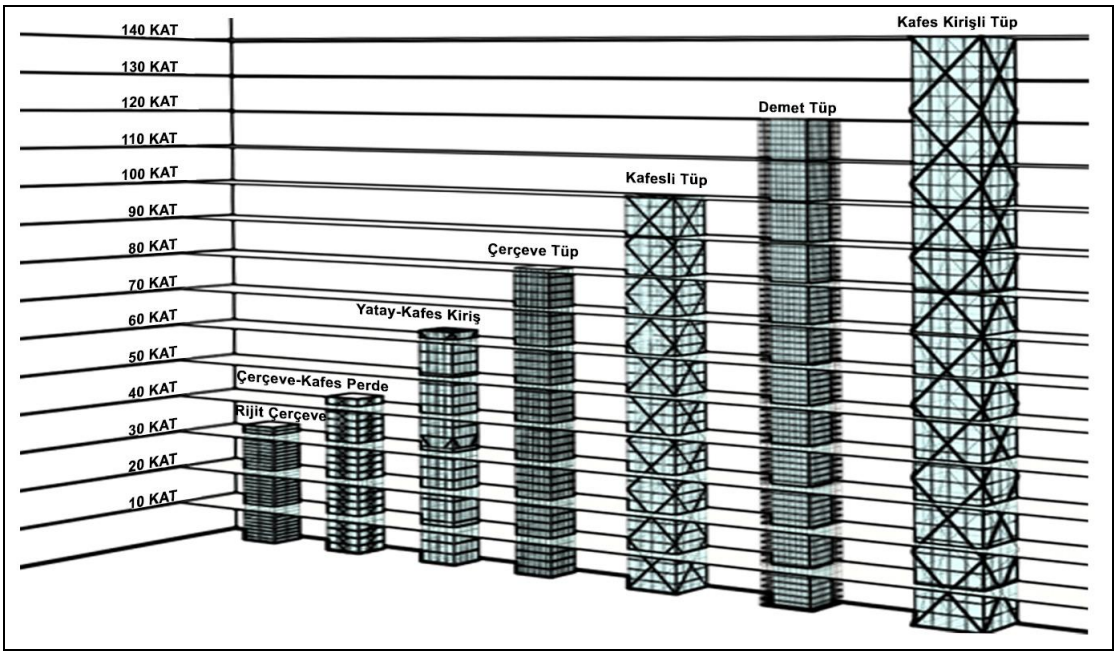
3.3.1.2. Çelik Taşıyıcı Sistemler

Yüksek binaların ilk örneklerinde yalnızca yerçekimi yüklerini taşımak üzere tasarlanan çelik elemanlar, bir süre sonra rüzgâra ve depreme dayanıklı basit portal çerçevelerin ve çaprazlı çerçevelerin üretilmesinde kullanılmıştır. Daha sonra yatay kafes kirişli sistemler, mega çerçeveler, içte süper diyagonal çapraz çerçeveler ve benzerlerinin geliştirilmesiyle daha etkin ve yüksek strüktürler yapılmaya başlanmıştır (Taranath,1997).

Çeliğin yüksek dayanımlı olarak üretilebilmesi ve yüksek esneklik modülü, strüktürel dayanım ve rijitlik açısından bakıldığında büyük avantaj sağlamaktadır (Ali ve Armstrong, 1995). Çeliğin yapı alanında yaygın olarak kullanılmasının nedenleri (Ardıç,1993):

- Yapım sürecinin hızlı olması,
- Açıklıkların kolay geçilebilmesi,
- Projede yapılabilecek onarım ve düzenlemelere imkân vermesi,
- Yapı ağırlığının nispeten az olması nedeniyle uygun olmayan zemin koşullarında temelin sorunsuz inşa edilmesine olanak tanıması,
- Olumsuz hava şartlarından çok fazla etkilenmediği için, yapım sırasında "kayıp gün" sorununu aza indirgemesidir.

Khan 1973'te yüksek yapılarda çelik ile yapılan taşıyıcı sistemleri altı grup olarak sınıflandırmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Yüksek yapılarda çelik taşıyıcı sistemler (ABD örneği), (Şekil E. Gülakan tarafından tez çalışması kapsamında yeniden düzenlenmiştir).

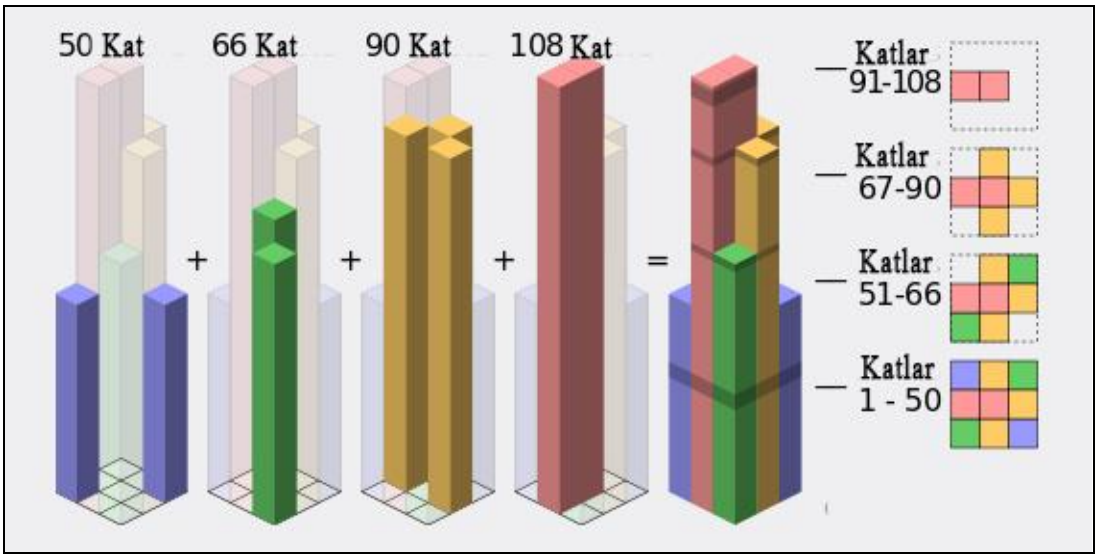
Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek 100 yüksek yapı incelendiğinde çelik taşıyıcı sistemin daha çok çelik endüstrisinin geliştiği Amerika Birleşik Devletleri'nde tercih edildiği gözlenmektedir (Çizelge 3.5), (CTBUH, 2013).

Çizelge 3.5. Dünyada yapımı tamamlanmış çelik taşıyıcı sistemler ile yapılan en yüksek 10 yapı (URL-9).

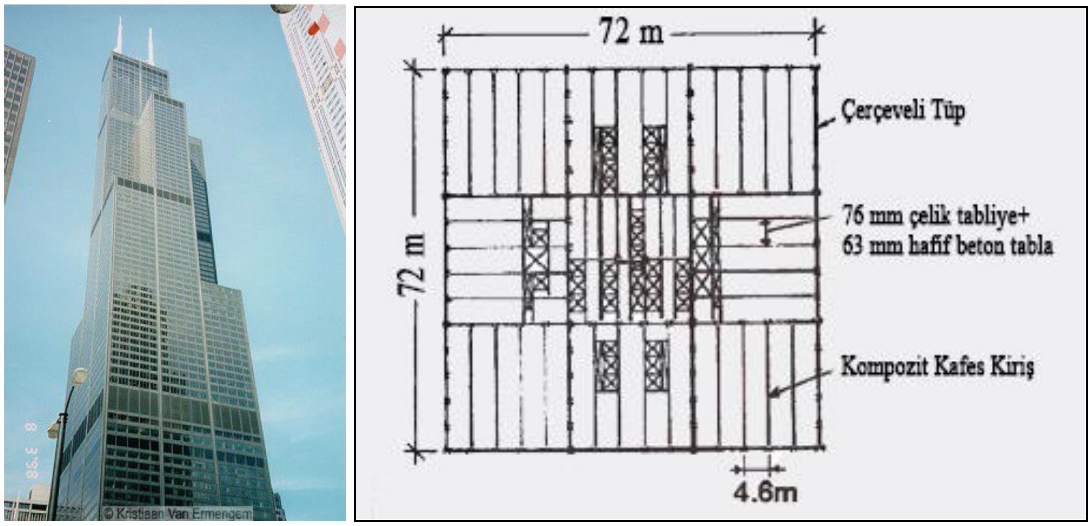
Sıra No	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Sayısı	Bitiş Tarihi	Malzeme	Kullanım
1	Willis Tower	Chicago(US)	442	108	1974	Çelik	Ofis
2	Empire State Building	New York City (US)	381	102	1931	Çelik	Ofis
3	Aon Center	Chicago (US)	346	83	1973	Çelik	Ofis
4	The Center	Hong Kong (CN)	346	73	1998	Çelik	Ofis
5	John Hancock Center	Chicago (US)	344	100	1969	Çelik	Ofis / Lüks Konut
6	Minsheng Bank Building	Wuhan (CN)	331	68	2008	Çelik	Ofis
7	Chrysler Building	New York City (US)	319	77	1930	Çelik	Ofis
8	New York Times Tower	New York City (US)	319	52	2007	Çelik	Ofis
9	U.S. Bank Tower	Los Angeles (US)	310	73	1990	Çelik	Ofis
10	Wells Fargo Plaza	Houston (US)	302	71	1983	Çelik	Ofis

Fazlur Khan'ın ortaya koyduğu tübüler sistem kavramının çelik konstrüksiyonda uygulanmasına bakıldığında, bu konuda oldukça önemli zorlukların yıkılan World Trade Center Kuleleri ve Willis (Sears) Tower ile başarıldığı görülmektedir. Tübüler tasarımda, cephe elemanının yerden konsol çıkan boş bir tüp kiriş gibi yatay yüklere karşı koyduğu varsayılır. Dış duvarlar yatay yükünün tümünü ya da çoğunu karşıladığı için yapı içindeki diyagonal çaprazlamalara ve kesme duvarlarına gerek kalmaz. Tüp, yapı çevresinde sık aralıklı kolonlarla oluşturulur. Bu cephe strüktürü delikli bir duvar görünümündedir. Tübün rijitliği maksimize edilmiştir ve bina yüksekliğince konsol kirişe benzer bir şekilde yatay yüklere karşı koyar (Yılmaz,1998). 30 kattan mega yüksek binalara kadar geniş bir yelpazede uygulanabilen demet tüp kavramı, bir dizi çerçeveli tüpün, ortak iç bağlantılarla, çok hücreli bir tüp oluşacak şekilde bir araya getirilmesiyle oluşur. Bu sistemde yatay yükü paralel çerçeveler karşılarken, diğer yüzey çerçeveler eğilme momentlerini karşılamaktadır. Demet tüpü oluşturan her bir tüp bütünlük bozulmadan herhangi bir seviyede kesilebilir (Taranath 1997, Schueller,1990; Iyengar and Khan, 1973). Bu yoldan malzemelerin en etkin şekilde kullanımı mümkün olmaktadır. Tübüler sistemlerin etkinliği, metrekareye düşen taşıyıcı sistem malzeme miktarının, pek çok durumlarda geleneksel çerçeveli yapılardakinin yarısına eşdeğer olmasıyla belirginleşmektedir (Mucur,1994).

1973 yılında yapılmış olan 108 katlı, 442 m yüksekliğindeki Willis Tower (Sears Tower) çelik bir demet tüp tarafından taşınmaktadır (Şekil 3.26). 23 m kenar boyutlarına sahip dokuz adet kare tüpten oluşan binanın tüp yüzeylerindeki kolon aralıkları 4.6 m'dir (Şekil 3.27).

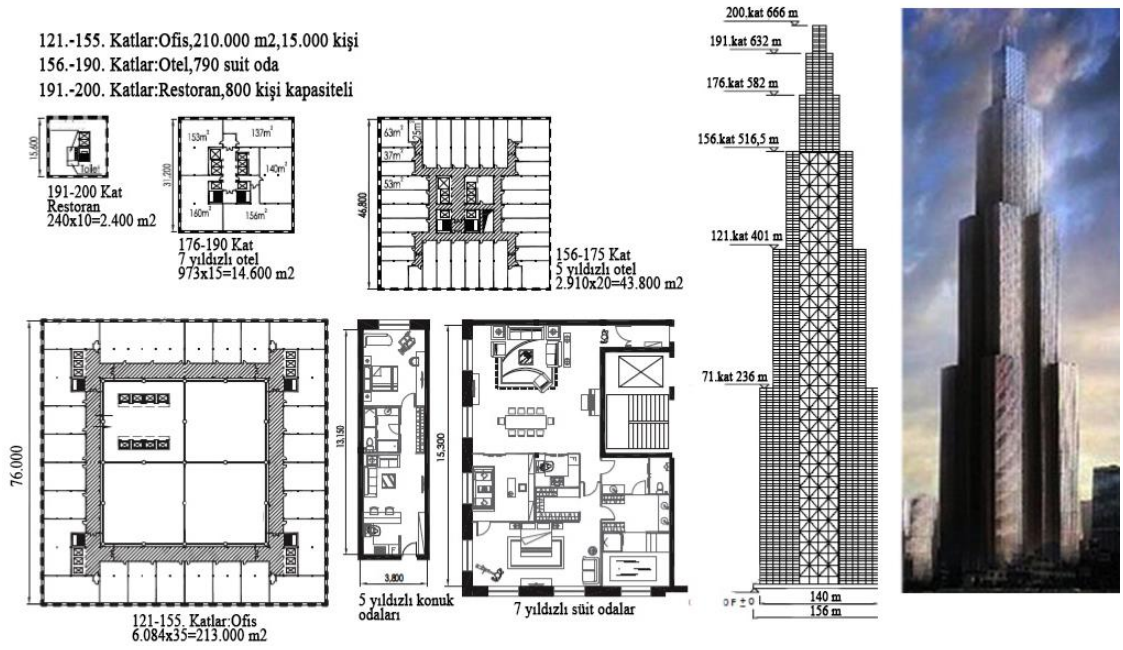


Şekil 3.26. Willis Tower çelik demet tüp sistem (URL-10).



Şekil 3.27. Willis Tower çelik demet tüp sistem planı ve görünümü (Sev,2002).

Dünyanın çelik taşıyıcı sistemle yapılan en yüksek binası olmaya aday 167 katlı, 838 m yüksekliğindeki Sky City 1000 (2014) demet tüp sistem tarafından taşınmaktadır (Şekil 3.28). Önüretimli çelik modüller yerinde montajı yapılarak taşıyıcı sistem tamamlanmıştır (detaylı bilgi için bkz 4. Bölüm).



Şekil 3.28. Sky City taşıyıcı sistem plan ve kesitler (URL-10).

3.3.1.3. Kompozit Taşıyıcı Sistemler

Beton ve çelik malzemenin bir arada kullanıldığı yüksek yapılar, kompozit (karma) yapılardır. Çeliğin hızlı yapım süreci ve mukavemeti, betonun ekonomik oluşu ve yangına karşı direnci dolayısıyla kompozit yapılar son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dünyadaki gelişmiş ülkelerde yoğun olarak kullanılan kompozit yapı tekniği, özellikle deprem aktiviteleri yüksek bölge ve ülkelerde taşıyıcı sistem olarak tercih edilmektedir. Kompozit yapıların avantajları şu şekilde sıralanabilir (www.yapisanatlari.com).

- Kompozit yapılar, betonarme yapılara göre %40 daha hafif olabilmektedir. Bu da depremde daha az deprem yükü demektir.
- Kompozit yapılar yüksek düktil özelliğinden dolayı, deprem kuvvetlerine karşı daha sünek davranış gösterebilmektedir.
- Kompozit yapılarda ana taşıyıcı sistem atölye ortamında hazırlandığı için kalite kontrol derecesi yüksek olmaktadır.

- Kompozit yapılarda, çelik yapılara oranla %20 daha az çelik kullanılabilmektedir.

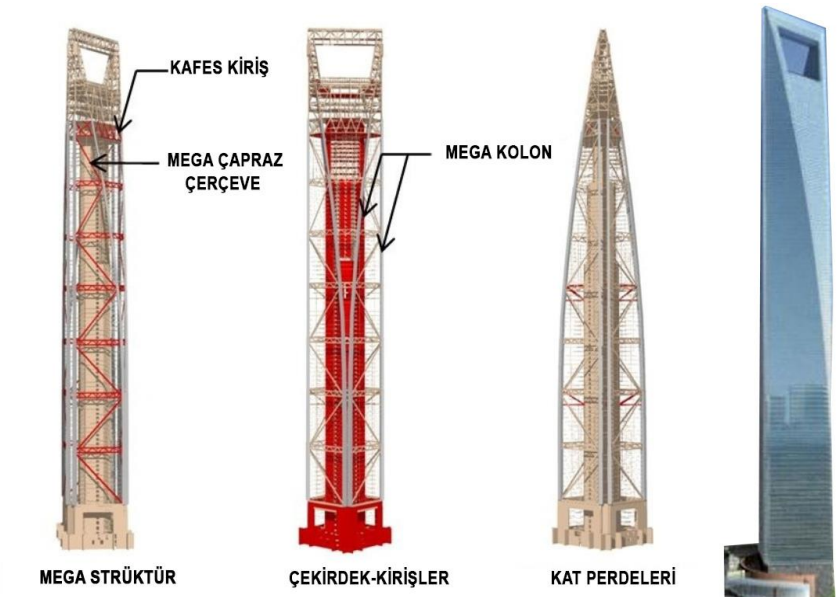
- Kompozit yapılar, çelik ile betonarme birlikte kullanılarak yapıldığından yerel, alışılmış inşaat malzemeleri ile daha rahat uyum sağlamakta, pahalı ve az bulunan malzemelerin kullanımını gerektirmemektedir.

Kompozit yapı sistemleri, betonarme binalara göre yapı zati ağırlığını etkili bir şekilde azalttığı, sismik ve rüzgar yüklerine karşı istenilen yapı sünekliğini oluşturmada iyi performans sağladığı için özellikle deprem riski ve kuvvetli rüzgar yükü olan ülkelerde daha çok tercih edilmektedir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Dünyada yapımı tamamlanmış en yüksek 10 kompozit yapı (URL-9).

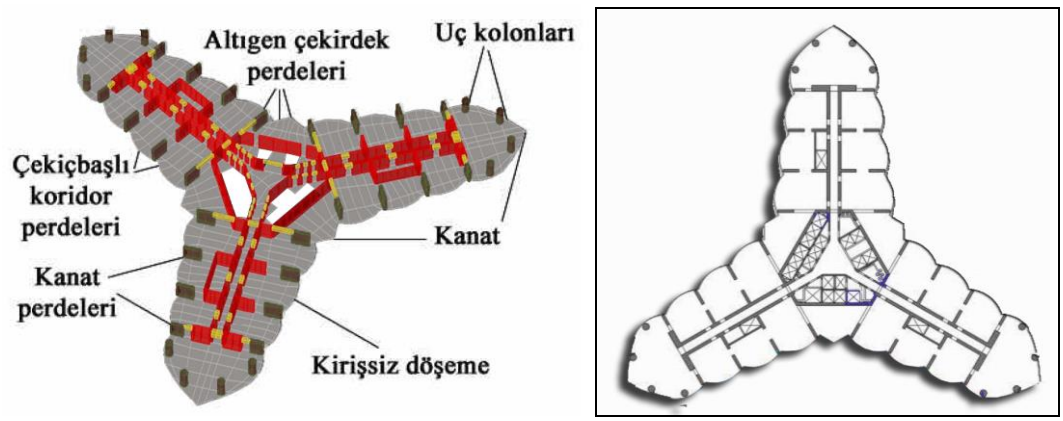
Sıra No	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Sayısı	Bitiş Tarihi	Malzeme	Kullanım
1	Burj Khalifa	Dubai (AE)	828	163	2010	Kompozit	Otel / Lüks Konut / Ofis
2	Makkah Royal Clock Tower	Mecca (SA)	601	120	2012	Kompozit	Otel / Diğer
3	Taipei 101	Taipei (TW)	508	101	2004	Kompozit	Ofis
4	Shanghai World Financial Center	Shanghai (CN)	492	101	2008	Kompozit	Ofis / Otel
5	International Com. Centre	Hong Kong (CN)	484	108	2010	Kompozit	Ofis / Otel
6	Petronas Tower 2	Kuala Lumpur (MY)	452	88	1998	Kompozit	Ofis
7	Petronas Tower 1	Kuala Lumpur (MY)	452	88	1998	Kompozit	Ofis
8	Zifeng Tower	Nanjing (CN)	450	66	2010	Kompozit	Ofis / Otel
9	KK100	Shenzhen CN)	442	100	2011	Kompozit	Ofis / Otel
10	International Finance Center	Guangzhou (CN)	439	103	2010	Kompozit	Ofis / Otel

2008 yılında yapımı tamamlanan 101 katlı, 492 m yüksekliğindeki Shanghai World Financal Center kompozit taşıyıcı sistem ile taşınmaktadır. Süper yüksek yapının tübüler taşıyıcı sistemi, merkezinde dikdörtgen betonarme çekirdek ve dış cephede mega kolonlar ile onları destekleyen çelik yatay ve çapraz kirişlerden oluşmuştur (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Shanghai World Financial Center taşıyıcı sistemi ((URL-12).

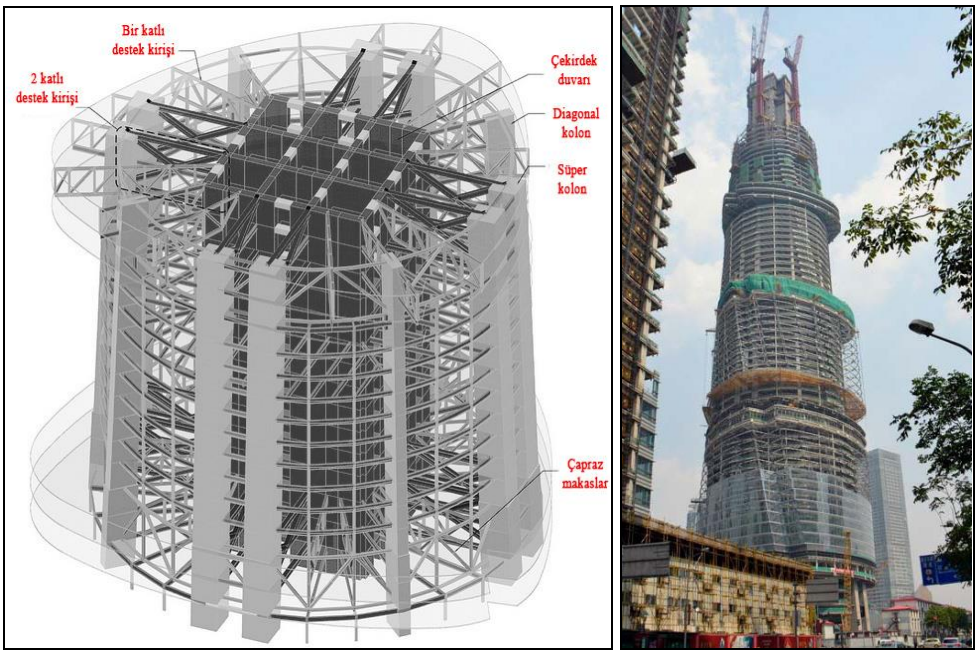
Dünyanın kompozit taşıyıcı sistemiyle yapılan en yüksek binası olan163 katlı, 828 m yüksekliğindeki Burj Khalifa, merkezinde altıgen bir çekirdek ve üç doğrultuda uzanan kollardaki betonarme perde duvarlar ile taşınmaktadır (Şekil 3.30). İlk defa bu bina için geliştirilen bu konfigürasyona mühendisler payandalı çekirdek adını vermektedir. Binanın yaklaşık 150. kattan sonraki kısmı çelik olarak yapılmıştır. Bu da dünyada ilk defa betonarme kütle üzerine çelik konstrüksiyonla devam edilen ilk bina özelliğini kazandırmıştır.



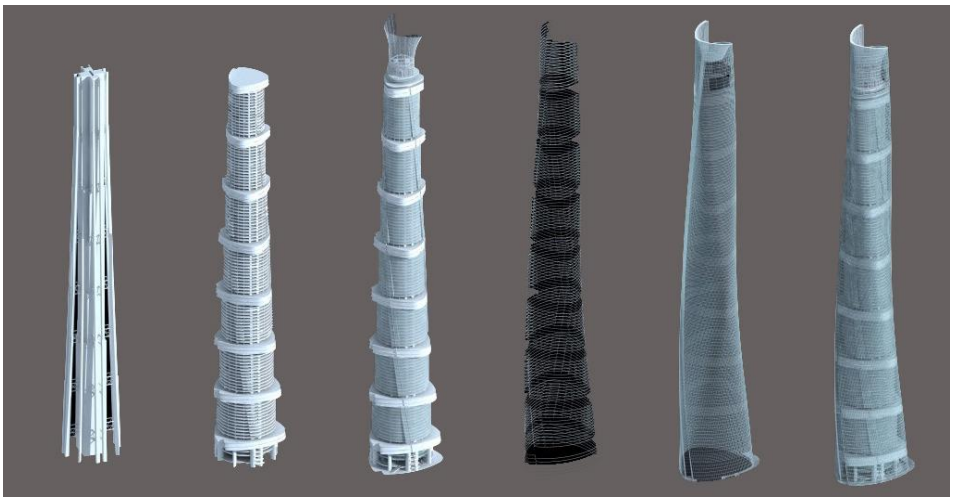
Şekil 3.30. Burj Khalifa taşıyıcı sistemi (URL-13).

Bir diğer örnek 2013 yılında yapımı tamamlanan 128 katlı, 632 m yüksekliğindeki Shanghai Tower kompozit taşıyıcı sistem ile yapılmıştır (Şekil 3.31).

Süper yüksek yapının tübüler taşıyıcı sistemi, merkezinde dikdörtgen betonarme çekirdek ve dış cephede mega kolonlar ile onları destekleyen çelik yatay kuşaklar ve çapraz kirişlerden oluşmuştur (Şekil 3.32).

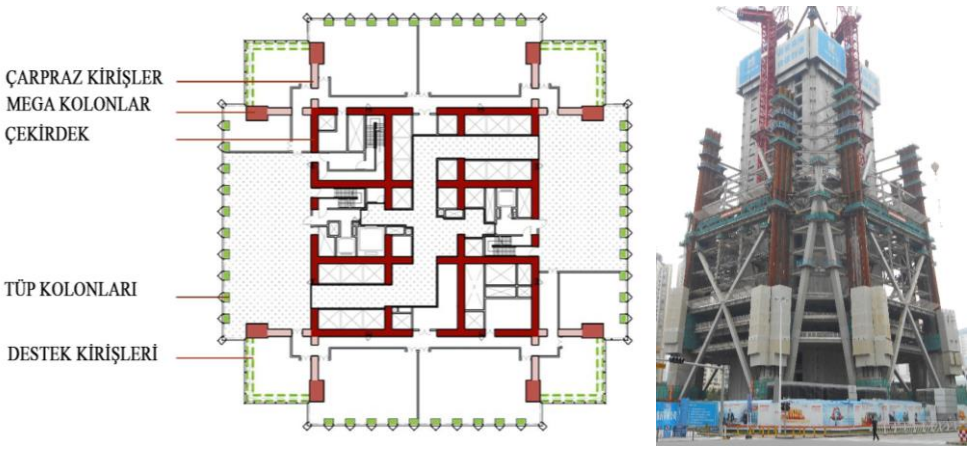


Şekil 3.31. Shanghai Tower taşıyıcı sistemi (URL-14).



Şekil 3.32. Shanghai Tower taşıyıcı sistemi (URL-14).

Dünyanın kompozit taşıyıcı sistemle yapılan en yüksek binası 2016 yılında yapımı tamamlanması planlanan 115 katlı, 660 m yüksekliğindeki Ping An Finance Centre (Shenzen) Binası olacaktır (Şekil 3.33). Mega yüksek yapının tübüler taşıyıcı sistemi, merkezinde dikdörtgen betonarme çekirdek ve dış cephede mega kolonlar ile onları destekleyecek çelik yatay ve çapraz kirişlerden oluşmuştur.



Şekil 3.33. Ping An Financal Centre taşıyıcı sistemi planı ve şantiyeden görünüm (URL-15).

3.4. TEMEL SİSTEMLERİNE İLİŞKİN SORUNLAR

Temel sisteminin işlevi binadaki yapısal yükleri güvenli şekilde zemine aktarmaktır. Bu işlevi yerine getirebilmesi için temel sisteminin zemin ve çevre koşulları ile bina özelliklerini de dikkate alarak, uygun şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi gerekmektedir. Temelin stabilitesi büyük oranda üzerinde durduğu zeminin yük altındaki davranışlarına bağlıdır; bu davranışlar temelin tasarımından ve zeminin özelliklerinden etkilenir. Temelin tasarımı ve yapımı sırasında zeminin olası davranışları kadar temel için kullanılan malzemelerin özelliklerine ve dayanıklılıklarına da dikkat etmek gereklidir (Chew Yet Lin,2012).

Pek çok proje temel çukurunun kazılması ya da temel sisteminin inşa edilmesi sırasında meydana gelen ve öngörülmemiş problemler nedeniyle planlanan bütçeyi aşmakta ya da yapım beklenen süreden daha uzun sürebilmektedir. Bu problemlerin en düşük seviyede tutulabilmesi için özellikle yüksek bina inşaatlarında ayrıntılı bir arazi ve zemin analizi yapılmalıdır.

3.4.1 Arazi ve Zeminin Analizi

Saha incelemesi yapının inşaat ve mühendislik tasarımı için gerekli çevre ve zemin etüt çalışmalarının yapılmasıdır. Bu süreçte jeolojik, jeoteknik, topografik, sosyal, çevresel, ekonomik ve diğer konular ilgili veriler toplanarak analiz edilir.

İncelemelerin kapsamı haritaların ya da hava fotoğraflarının üzerinde çalışılmasından, arazi keşfinden ve birkaç sığ deney çukuru kullanarak veya kullanmayarak yapılan basit yüzeysel zemin analizinden, sondaj delikleri ve yerinde veya laboratuvarda yapılan malzeme testleriyle gerçekleştirilen yüzeyden oldukça derine kadar inen ve yeraltı sularının kapsamlı bir tespitine kadar çeşitlilik gösterebilir.

Yeterince detaylı bir saha incelemesi için aşağıdaki bilgilere sahip olunmalıdır:

- Temel tasarımı ve inşasını etkilediği için arazinin genel topoğrafisi (yüzey düzeni, komşu arazi, suyolları, göletler, çitler, ağaçlar, kaya çıkıntıları...) ve erişilebilir durumdaki inşaat taşıtları ve tesisleri.
- Yeraltından geçen elektrik ve telefon kabloları, su ve atık taşıma boruları gibi hizmetlerin yerleri.
- Arazinin altındaki jeolojik formasyonlar, zemin tahkimatları ve diğer nedenlerle meydana gelebilecek çökmeler, özellikle alanın genel jeolojik yapısı.
- Arazinin daha önceki kullanımı, mevcut ya da eskiden var olan binalardaki temellere bağlı olarak oluşan arıza ve kusurlar.
- Sel ihtimali, mevsimsel yükselme ve çekilmeler, toprak erozyonu gibi özel durumlar, yer altı su seviyesi ve suyun kimyasal yapısı.
- Temel yükünü ve inşaat faaliyetlerinin oluşturacağı yükü taşıyacak bölgelerin detaylı toprak-kaya tabakaları ve zemin durumu kayıtları.
- Temel tasarımı ya da yapısal sorunlarla ilgili toprak ve kaya örnekleriyle yapılmış laboratuvar testlerinin sonuçları.

Aşamaların sayısı ve içerikleri yapının büyüklüğüne ve zemin koşullarının karmaşıklığına göre farklılık gösterse de çoğu proje için saha incelemesinin aşamaları benzerdir. Çizelge 3.7 genel olarak bir projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar gerçekleşen aşamaların sırasını göstermektedir.

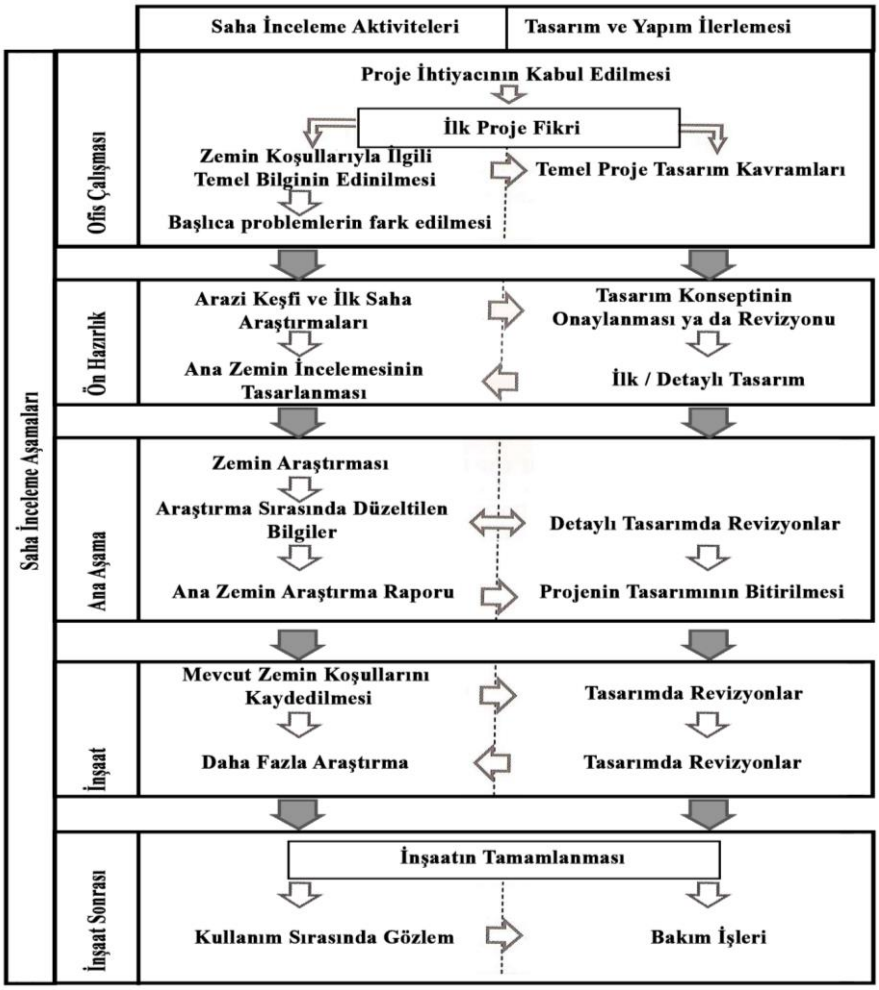
Bir örnek olarak, İzmir Büyükşehir Belediyesi Yüksek Yapı Yönetmeliğine göre yüksek yapıların yapılacağı araziyle ilgili istenen zemin raporunda aşağıdaki bilgiler istenmektedir:

- Jeolojik yapı,
- Zemin özellikleri (yeraltı su seviyesi ve kimyasal yapısı),
- Temel sistemi konusunda öneriler,
- Gerekiyorsa istenen iyileştirme veya ıslah yöntem önerileri,
- Temel kazısı sırasında alınması gereken önlemler ve iksa yöntemine ilişkin öneriler,
- Temelin çevre yapılara etkisi.

Ayrıca şu notlar da eklenmektedir:

- Sondaj yerleri ve derinliği arazi konusunda bilgi verecek yeterli sayıda ve derinlikte seçilecektir. İnceleme ekibi gerekli görürse daha fazla sondaj isteyebilir.
- Yüksek yapılarda, tekil temel sistemi uygulanamaz.
- Yüksek yapı temellerinin tasarımında, özellikle yumuşak ve bozuk zeminlerde zemin-yapı etkileşimi hesapta dikkate alınacaktır.
- Kazıklı temel sistemi seçildiğinde, kazıklar arasındaki uzaklık kazık çapının 3 katından daha az olamaz. Kazık başlık kirişlerinin boyutu en az 30 cm x 70 cm olmalıdır.
- Kaya zemine oturan yüksek yapılarda devrilme tahkiki yapılacaktır.
- Temel projelerinde altyapıya ilişkin imalatların yeri gösterilecek ve özellikle depremde oluşabilecek yer değiştirmelerde veya farklı oturmalarda nasıl önlem alındığı belirtilecektir.

Çizelge 3.7. Saha incelemesinin aşamaları (Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliği, IAEG'den alınmıştır, 1981).



Zemin etütleri için gereken aşamalardan biri olan ofis çalışması sahayla, mevcut çevreyle ve tasarlanan yapıyla ilgili aşağıda yer alan tipte belgelerin toplanmasını söz gerekli kılmaktadır:

- **Önceki Zemin İncelemeleri;** zemin incelemesinin planlanmasına yardımcı olacak ve gerekli araştırmanın kapsam ve büyüklüğünü azaltabilecek yararlı bilgilere ulaşılabilir.

- **Topoğrafik Haritalar;** ormanlar, bataklık ya da dağlık araziler gibi gelişmemiş alanların belirlenmesi açısından yararlıdır. Alanın geçmişteki kullanımı, otoyolların, demiryollarının, patikaların, ırmakların, kanalların, yaya yollarının, boru hatlarının, elektrik hatlarının, eş yükselti eğrilerinin ve benzerlerinin yerleri topografik haritalardan öğrenilebilir.

- **Hava Fotoğrafları;** topoğrafinin, iletişim hatlarının (yollar, demiryolları ve kanallar), yüzey drenajının ve kentsel gelişimin detaylı ve tanımlayıcı bir resmini sunabilirler.

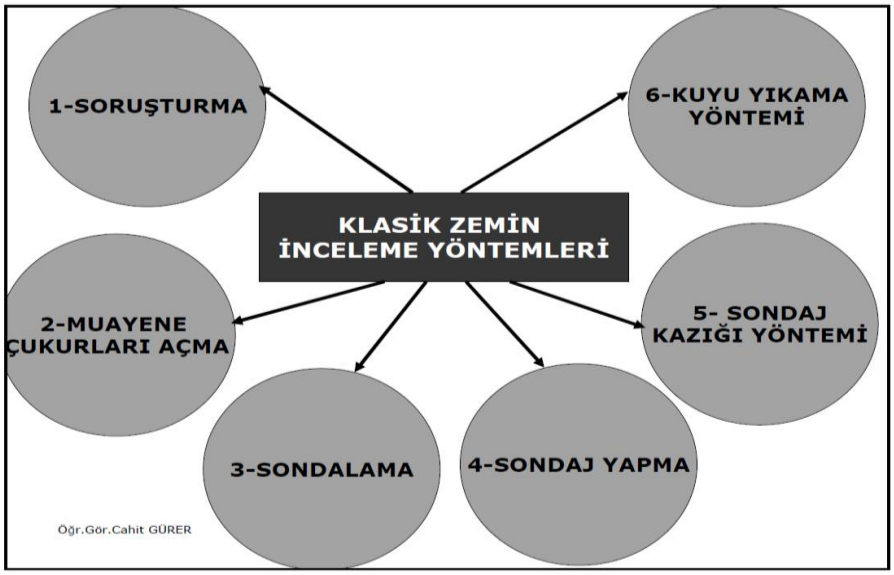
- **Jeolojik Harita ve Yazılar;** bölgenin jeolojik yapısıyla ilgili detaylı bilgi sağlarlar. Ayrıca bölgenin jeolojik yapısının tasarlanan işler üzerindeki etkisini değerlendirmek ve saha inceleme yöntemlerini seçmek için bir kaynak oluştururlar.

- **Tarihi Haritalar;** arazinin geçmiş zamanlardaki kullanımıyla ilgili bilgi verir, böylece kapanmış nehir yatakları ya da eski bataklık arazileri tespit edilebilir. Bu da ana zemin araştırması sırasında daha detaylı incelemeye gerek duyan muhtemel problemli alanların belirlenmesi için önemlidir.

- **Yağış Miktarı Kayıtları;** bodrum katların yapımı, eğim ve ana drenaj sistemleri içi önemli bir konudur. Hidrolojik bilgiler sel riski değerlendirme ve tasarlanan işlerin bölgesel ve akış yönündeki drenaj rejimlerine etkisi gibi konuları da içeren drenaj çalışmaları için yararlıdır.

Geleneksel Zemin İnceleme Yöntemleri

Şekil 3.34 de klasik zemin inceleme yöntemleri grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.34. Klasik zemin inceleme yöntemleri (Gürer, 2007).

Jeofizik Zemin İnceleme Yöntemleri

Bu yöntemler, kolay ve ucuz olmasının yanında yeterli hassasiyette ve hızda zemin katmanlarının kalınlığı ve cinsi hakkında bilgi alınan sistemlerdir. Bu tip yöntemlerde çeşitli metotlar kullanılabilmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Gürer, 2007):

- Manyetik yöntem,
- Gravimetrik yöntem,
- Nükleer yöntem,
- Jeotermik yöntem,
- Sismik yöntem,
- Elektrik Rezistiviti (direnç) yöntemi.

3.4.2. Yüksek Yapılarda Kullanılan Temel Sistemleri

Yüksek yapılarda uygulanan temel sistemleri yapının yüksekliği, ağırlığı, taşıyıcı sistem özellikleri ve yatay yük etkisi gibi bu yapı tipine özel birçok etkenden kaynaklanan nedenlerle az katlı ve orta yükseklikteki yapılara göre farklılık gösterir.

Üst yapıdan gelen yükleri daha derinlerdeki sağlam tabakalara aktarmak ve yapının yapacağı oturmaların istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak için derin temeller inşa edilir. Kazıklı temeller, kesonlar ve derin ayak temelleri derin temel sınıfına girer. En yaygın olarak kullanılanı kazıklı temellerdir.

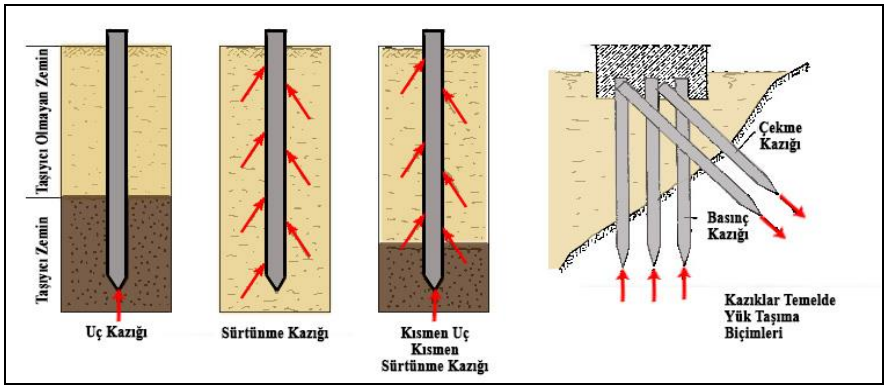
Kazıklı temelleri yükleri taşıma ve iletme şekillerine, yapıldıkları malzemelere, zeminde yerleştirme tarzına, zeminde sebep oldukları deplasmanlar yönünden, yapıldıkları veya inşa edildikleri teknolojiye göre sınıflandırmak mümkündür.

Kazıklar yüklerini zemine aktarış şekline göre üçe ayrılırlar (Şekil 3.35).

- Uç kazıkları: Taşıdığı yükün tamamını veya büyük bir bölümünü sağlam zemine, uç kısımlarıyla ileten kazıklardır.

- Sürtünme kazıklar: Taşıdığı yükün tamamını veya büyük bir bölümünü kazığın çevre yüzeyinin sürtünmesiyle zemine ileten kazıklardır.

- Kısmen uç ve kısmen sürtünme kazıklar: Taşıdığı yükü hem uç kısımlarıyla ve hem de çevre yüzeyinin sürtünmesiyle zemine ileten kazıklardır.



Şekil 3.35. Yüklerin zemine aktarılış biçimine göre kazık çeşitleri.

Bu sistemlerin başlıcaları aşağıdaki gibidir:

3.4.2.1. Önüretimli Kazıklar (Çakma Kazıklar)

Önüretimli kazıklar, kazık temellerin yapımında, zemine çakılarak uygulanan, bir bütün olarak ya da parçalar halinde üretilen kazıklardır. Önüretimli kazıklar kazığı oluşturan parça sayısına göre iki gruba ayrılır.

- Tek parçalı önüretimli kazıklar

- İki veya daha fazla parçalı önüretimli kazıklar; bunlar çakılmadan önce ya da çakılma sırasında birbirine eklenerek boyu uzatılabilen önüretimli kazıklardır (Arslan, 2008).

Önüretimli Ahşap Kazıklar

Ahşap çakma kazıkların boyları genellikle 6.00 m, çapları ortalama 25 cm dir. 6.00 m den fazla her metre boy için çapa en az 1.00 cm ekleme yapılır. Yaklaşık olarak kazık çapının her cm'sinin 1.00 ton yük taşıdığı kabul edilir. Kazıklar birbirlerine eklenerek boyları 25.00 m ye kadar artırılabilir. Ahşap kazıkların uçlarına çelik çarık, başlarına da çelik başlık konularak takviye yapılır

Önüretimli Çelik Kazıklar

Çelik kazıklarda Geniş I profilli H-kazıklar ya da dairesel kesitli kazıklar kullanılır (Şekil 3.36). Büyük ölçüde yer değiştirmelere neden olmazlar ve kabarma problemi olan zeminlerde kullanılabilirler. Ağır yükleri taşıyabilirler, kolaylıkla kesilebilirler ve çok derine çakılabilirler. Çelik kazıkları çakma yöntemleri ön üretimli betonarme kazıkları çakma yöntemlerine benzemektedir. Yüksek gerilme mukavemetleri sayesinde çelik kazıkların tutulması ve kaldırılması daha kolaydır. Çelik kazıklar kaynak yapılarak uzatılabilirler. Birleşme yerlerine kaynak yapılırken dikkat edilmelidir, çakma sırasındaki zorlanmalara sorunsuz şekilde dayanacaklarından emin olunmalıdır. Gerekli olduğunda birleşme yerlerine çelik bir koruyucu muhafaza da kaynaklanmalıdır (Chew Yet Lin,2012).



Şekil 3.36. Önüretimli çelik kazıklar ve uygulaması.

Önüretimli Betonarme Kazıklar

Farklı boyut ve uzunluklardaki kazıklar serbest düşmeli tokmaklar ya da Şekil 3.37'de gösterildiği gibi kazık çakma donanımlı vibratörler kullanılarak zeminde ilerletilir. Bu kazıklar oldukça güçlü ve bozulmalara karşı dayanıklıdırlar. Yine de çok ağır olmaları gevreklik problemleri ve düşük gerilme mukavemetleri nedeniyle bu kazıklarla çalışırken ve kazıklar zemin içinde ilerletilirken özen gösterilmelidir. Kesilmeleri için hava basınçlı çekiç ve kesme şalomları gibi araçlar gereklidir (Chew Yet Lin,2012).



Şekil 3.37. Önüretimli betonarme kazıklar ve uygulaması.

3.4.2.2. Yerinde Yapılan Kazıklar (Delme Kazıklar)

Günümüzde en çok kullanılan kazık temel yöntemidir. Yerinde açılan kazık boşluklarına beton dökülerek yapılan kazıklar üzerine yapının oturtulması şeklinde uygulanan temel kazık sistemidir. Yerinde yapılan kazık sistemindeki temel süreçler, kazık çukurlarının açılması, donatı yerleştirilmesi ve beton dökülmesidir.

Borusuz yerinde yapılan kazıklar

Borusuz yerinde yapılan kazıklar, taneli ve yeraltı suyu olmayan zeminlerde uygulanır. Bu kazıklar, zeminin sıkıştırılarak taşıma gücünü arttırmak için yapılır.

Borusuz yerinde yapılan kazıklar üç şekilde yapılırlar;

- Kompresol kazıklar: Bu metot 1920 de Fransa'da kullanılmaya başlanmıştır. Kompresol kazıkların yapımı üç farklı şahmerdan kullanılarak üç aşamadan oluşmaktadır.
- Kornart kazıklar: Kornart kazıklar orta sertlikte ve kohezyonlu zeminlerde uygulanır. Zemine önceden çakılan 25-30 cm. çapındaki ahşap kazıkların daha sonra zeminden çıkartılarak yerlerine beton dökülüp sıkıştırılması şeklinde uygulanır.
- Ekspres kazıklar: Ekspres kazıklar orta sertlikte ve kohezyonlu zeminlerde uygulanır. 30-90 cm. çaplı konik ve dökme demir kazık ucu zemine şahmerdanla çakılır. Daha sonra zeminde açılan boşluk betonla doldurulup sıkıştırılır.

Borusu zeminde bırakılan kazıklar

Borusu zeminde bırakılan kazıklar, yumuşak sıkışma özelliği fazla olan kohesyonsuz zeminlerde kullanılır. Çapı 30-90 cm. olan ucu çelik çarıklı boru, ikinci bir kaplama borusuyla birlikte çakılarak yerleştirilir. İstenen derinliğe inilince kaplama borusu zeminde kalacak şekilde dış boru dışarı çekilir, demir donatı yerleştirilir ve betonu dökülüp sıkıştırılır.

Borusu çıkartılan kazıklar

- Simpleks kazıklar: Genellikle 40 cm. çaplı çelik boru, kaplama borusu olarak ve konik timsah ağzı, çift çarıklı uçla donatılı bir şekilde zemine çakılır. Daha sonra kaplama borusu timsah ağzıyla birlikte çekilerek zeminden çıkartılıp betonu dökülür ve sıkıştırılır. Konik çarık zeminde kalır.

- Franki kazıklar: 45 – 50 cm. çaplı kaplama borusu, içerisine 25-100 cm. yüksekliğe kadar konan kuru tampon betonu dökülerek, düşey yönde şahmerdanla zemine çakılır. Tokmakla her seferinde bir miktar daha zemine çakılan kaplama borusuna demir donatı ve normal beton konularak vibrasyonla sıkıştırılır. Tabanda geniş bir yüzey oluştuğu için taşıma gücü yüksektir (90-100 ton). Daha sonra kaplama borusu yukarıya çekilir.

- Pedestal kazıkları: Bu kazık tipinde sivri uçlu şahmerdan ucuyla zemin delinir. Kaplama borusu uçla birlikte zemine çakılır ve deliğe kademeli olarak beton dökülür; bir yandan da tokmakla dövülerek sıkıştırılır. Demir donatı kullanılmayan pedestal kazığında geniş taban alanı nedeniyle taşıma gücü de yüksektir (~ 30 ton).

- Wolfholz kazıklar: Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu ve zeminin akışkan olduğu yerlerde kullanılır. İçerisine hava basma, su tahliye ve beton pompaj boruları yerleştirilen kaplama borusu istenilen tabakaya kadar zemine çakılır. Üst ucu bir kapakla kapatılır. Hava borusundan bir yandan basınçlı hava verilirken beton borusundan da beton dökülür. Bir yandan yeraltı suyu yukarı itilirken diğer yandan da beton sıkışmış olur. Daha sonra kaplama borusu yukarı çekilir.

3.4.2.3. Kısmen Çakma, Kısmen Delme (Kombine) Kazıklar

Yeraltı su seviyesi altında kalan kısımları ahşap çakma, üzerinde kalan kısımları da beton ya da betonarme delme kazık olan uygulamalardır. Hem ahşabın ucuz olması hem de temel tabanını daha derine indirebilmek için tercih edilebilirler. Ayrıca ahşap bütünüyle ve devamlı olarak su içerisinde kaldığı için uzun ömürlü olur. Bu tür kazıkların yapımında önce ahşap kazık tüm uzunluğunca zemine çakılır. Bu kazığın başına da içi boş metal kazık oturtularak çakılır. Yeterli derinliğe inildiğinde metal kazığın içerisine sıkıştırılarak beton dökülür. Bu arada kaplama borusu da yukarı çekilir istenirse üst kazık betonarme olarak yapılabilir. Bu tür kazığa Kompozit Raymond Kazıkları denir.

Kazık Izgaraları

Kazık temellerin üzerine binanın oturtulabilmesi için başlıklar yapılır. Bu ızgaraların görevlerini şöyle sıralanabilir.

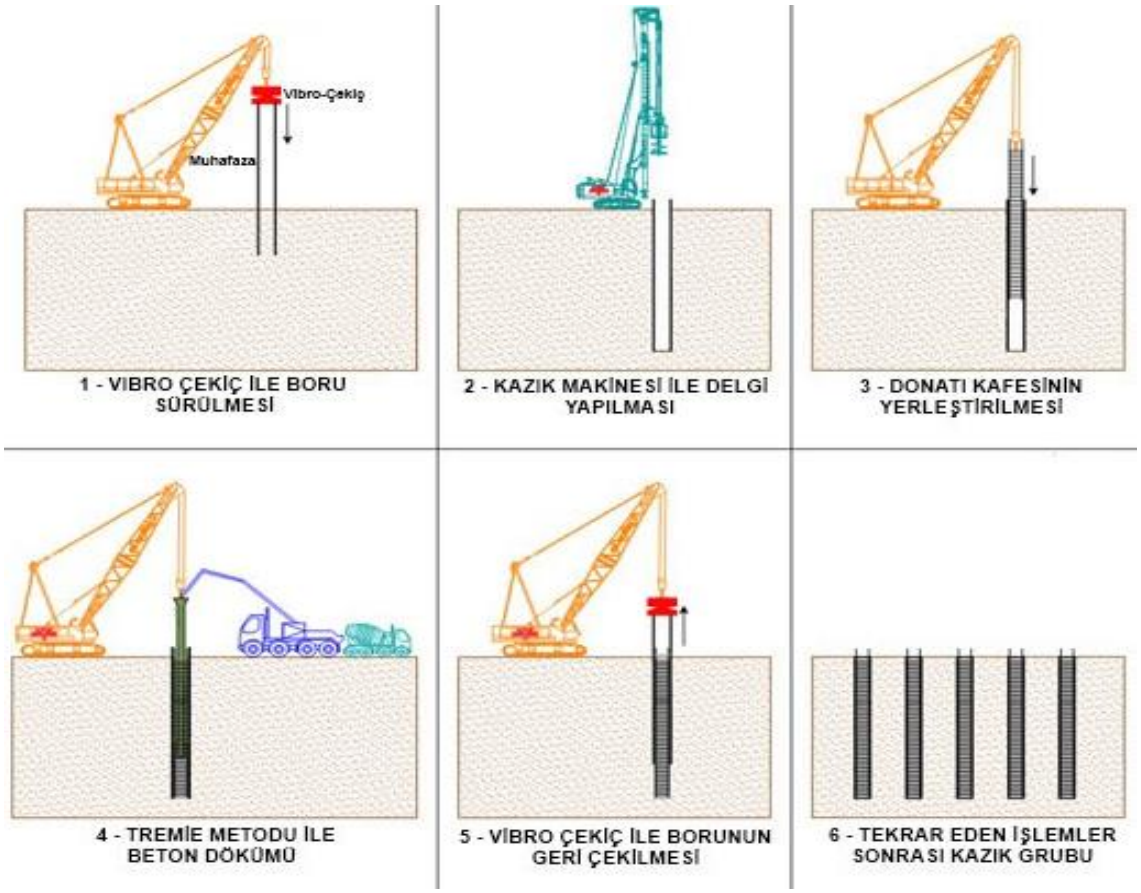
- Kazık yükünü kazıklara eşit olarak dağıtmak
- Kazıkların birbirinden ayrı ve yanlara olabilecek hareketlerini önlemek
- Kazıkların zemine oturmasını düzgün yayılı hale getirmek

Su seviyesi yükseksebaşlığın yapılabilmesi için ya su seviyesi düşürülür ya da ızgara çevresi palplanşlarla tahkim edilerek iyi bir çalışma ortamı hazırlanır. Kazık başlıkları ahşap, çelik, beton ya da betonarme olarak yapılabilirler. Ahşap başlıklar genellikle, ahşap kazıklarda kullanılırlar. Beton ve betonarme başlıklar istenilen boyut ve şeklin kolaylıkla verilebilmesi ve her türlü gerilmeleri karşılayabilecek şekilde yapılabilmeleri nedeniyle tercih edilirler.

Fore Kazıklı Temeller

Fore kazıklar zemin içerisinde dairesel kesitli bir delgi yapılması ve bu delgi içerisine kazık donatısı ve beton yerleştirilmesi şeklinde inşa edilmektedir (Şekil 3.38).

Zemin şartları, seviyesi, yeraltı suyu seviyesi, kazık boyu ve çapı gibi faktörlere bağlı olarak farklı kapasite ve boyutta makine ve ekipmanlar kullanılarak inşa edilebilir (Şekil 3.39). Delgi esnasında zemin ve yeraltı suyu şartlarına, kazık boyuna ve kullanılan ekipman kapasitesine bağlı olarak muhafaza (kılıf) borusu kullanılarak veya bentonit çamuru kullanılarak yapılabilir.



Şekil 3.38. Fore Kazık uygulama aşamaları (URL-16).



Şekil 3.39. Fore Kazık uygulaması (URL-17).

3.4.2.4. Keson (Sandık) Temeller

Keson temeller, zeminde yeraltı suyunun bulunması ve yapı temelinin oturacağı sağlam zeminin derinde olması durumunda tercih edilir. Keson temellerin yapımı, yüzeyde hazırlanan temelin altı kazılarak kendi ağırlığı ile zemine indirilmesi ile gerçekleştirilir. Kesonlar genel olarak kâgir, beton, betonarme veya çelikten yapılabilen boş silindirlerdir (Arslan,2008). Keson temellerde;

• Açık (kuyu) kesonlar,

• Hava basınçlı (pnömatik) kesonlar,

• Yüzen kesonlar olmak üzere üç tip keson vardır.

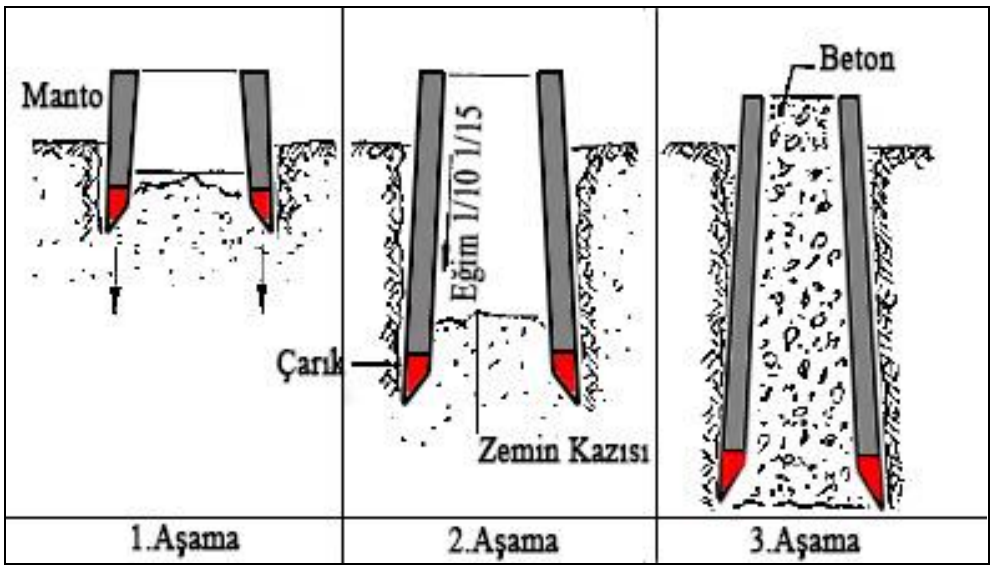
Açık (Kuyu) Kesonlar

Açık kesonların yapımı üç aşamada gerçekleştirilir (Şekil 3.40):

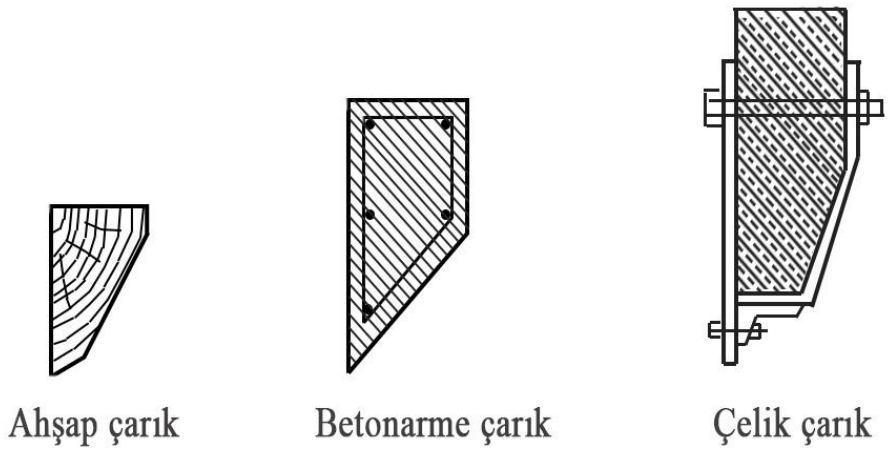
1.Aşama: Zeminin yapısına uygun olarak seçilen ahşap, beton veya çelik malzemeden hazırlanmış olan çapı yaklaşık 150ile 300 cm arasında değişen, daire şeklinde bir çarık zemin üzerine yerleştirilir (Şekil 3.41). Dış çapına uygun olarak çarık üzerine taş, tuğla, beton ya da betonarmeden bir manto duvar örülür veya kalıpla dökülür. Daha sonra her 1.0-1.5 m de bir hatıl yapılarak duvar bağlantısı sağlamlaştırılır ve bu arada devamlı olarak kesonun içindeki zemin kazılarak dışarı çıkartılır.

2.Aşama: Mantonun altı boşaltılır. Ağırlığıyla aşağı doğru inen kesonun üst seviyesi zemine silme gelince tekrar ayni işleme devam edilerek sağlam tabakaya ulaşılmaya çalışılır. Sürtünmeyi azaltmak üzere manto duvarı içe doğru 1/10-1/15 eğimle daraltılarak devam edilir.

3.Aşama: Son olarak kesonun içi betonla doldurulur.



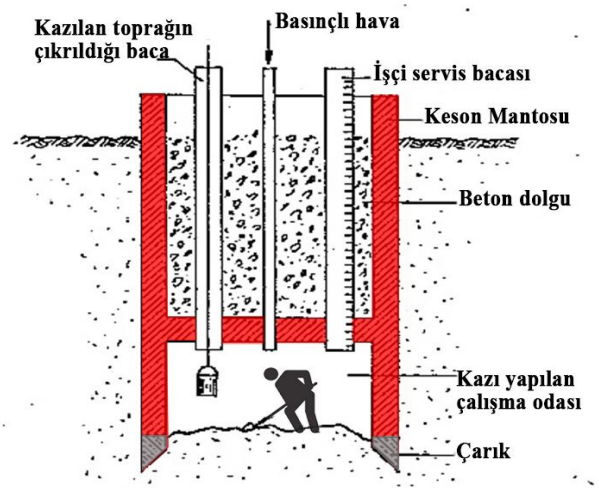
Şekil 3.40. Açık keson temel sistemi yapım aşamaları.



Şekil 3.41. Yapıldıkları malzemelere göre çarık en kesitleri.

Hava basınçlı (Pnömatik) Kesonlar

Zemin ve yeraltı suyunun fazla olduğu yerlerde kullanılan bu keson türünde prensip, temel olarak inşa edilecek kesonun alt bölümündeki çalışma odasının zemindeki suyu yenecek hava basıncıyla doldurulması ve kuruda çalışılarak zeminin kazılması, ağırlığıyla çöken kesonun sağlam tabakaya ulaşmasıdır. Kazılan toprak bir bacadan dışarı çıkartılır. Ayrıca işçi servis bacası, sağlık koşullarına uygun hacim, alan ve yükseklik ile basınç sağlanmalıdır. Bu kesonlar da ahşap, çelik veya betonarmeden yapılabilmekte, üst boşlukları yine betonla doldurulmakta ve 30.00 m derinliğe kadar inilebilmektedir (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. Hava basınçlı keson temel sistemi yapım aşamaları.

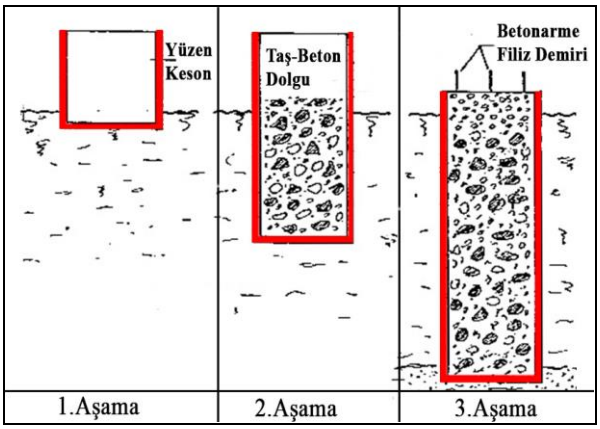
Yüzen Kesonlar

Tamamen su içinde, balçık zeminlerde uygulanan keson türüdür. Bu tür kesonlara "Yüzen Sandık" da denmektedir. Açık kesonların yapımı üç aşamada gerçekleştirilir (Şekil 3.43):

1. Dışarıda hazırlanan alt ve yanları kapalı beton sandık kesonlar, temel veya sömel yapılması istenen noktaya getirilip yerleştirilir.

2. İçerisine taş, blok, demir ve beton parçalarından oluşan ağırlıklar konularak gevşek zeminde tabana doğru çökmesi sağlanır.

3. İstenilen sağlam zemin tabakasına ulaşıldığında kesonun geri kalan boşlukları doldurularak işlem tamamlanır. Bina bağlantısı için üstte demir filizleri bırakılır.



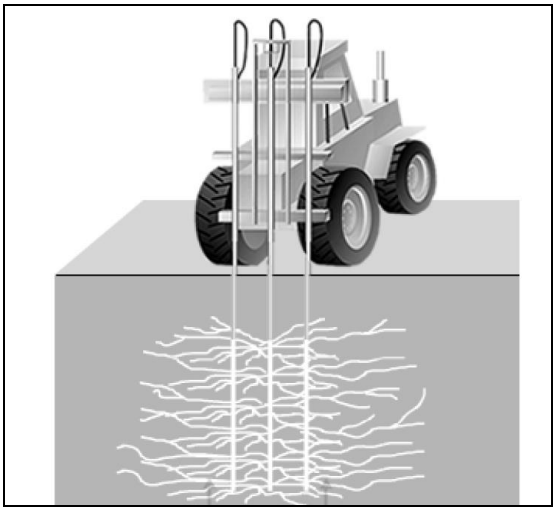
Şekil 3.43. Yüzen keson temel sistemi yapım aşamaları.

3.4.2.5. Enjeksiyonlu Temel Sistemleri

Zemin enjeksiyonu temel olarak akışkan malzemelerin basınç altında zemin içerisindeki boşluklara enjekte edilmesidir. Buradaki amaç zeminin ya da kaya kütlesinin mühendislik özelliklerini iyileştirmektir. İyileştirme zeminin gerilme-deformasyon ve dayanım gibi mekanik özellikleri ile geçirimlilik gibi hidrojeolojik özellikleri değiştirilerek elde edilir (Altun,2010).

Permeasyon (Sızdırma-Emdirme) Enjeksiyonu

Emdirme enjeksiyonunun amacı zeminin hacminde ve yapısında önemli bir değişiklik meydana getirmeksizin zemin içerisindeki boşlukların enjeksiyon malzemesiyle doldurulmasıdır. Enjeksiyon malzemesi başlangıçta akışkan iken zemin boşlukları içerisinde zamanla sertleşmekte ve dolayısıyla zemin özelliklerini değiştirmektedir (Şekil 3.44).

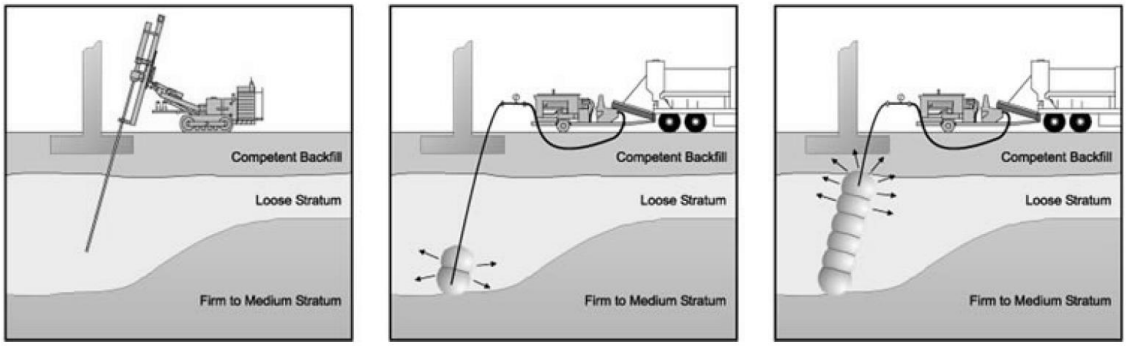


Şekil 3.44. Permeasyon (Sızdırma-Emdirme) Enjeksiyonu uygulaması (Altun,2010).

Kompaksiyon enjeksiyonu

Kompaksiyon enjeksiyonu 25 mm'den daha az çökme değeri olan, yeterli plastisiteyi sağlayacak kadar silt ve içsel sürtünmeyi sağlayacak kadar da kum içeren katı enjeksiyon malzemesinin zemin boşluklar içerisine girmeksizin enjeksiyon noktası etrafında giderek genişleyen bir kütle oluşturacak ve bu sayede etrafındaki gevşek zeminleri sıkıştıracak şekilde yüksek basınçlarda enjekte edilmesi olarak tanımlanabilir (Şekil 3.45).

Yöntem çoğunlukla zayıf veya yumuşak zeminlerin sıkıştırılmasında, temel ve döşemelerin alttan desteklenmesinde, yapı oturmalarının kontrol edilmesinde, farklı oturmalar gösteren yapı temellerinin iyileştirilmesinde ve tekrar eski seviyelerine yükseltilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 3.45. Kompaksiyon enjeksiyonu uygulaması (Altun,2010).

1998 yılında Kuala Lumpur'da yapımı tamamlanan Petronas Kuleleri'nin temel sisteminin arazi analizinden sonra zemindeki kireçtaşı kaya (Kenny Hill) formasyonu ve çökme bölgesi arasındaki dik eğime gelmesi nedeniyle kuleler güneydoğu yönünde 60 m. kaydırılmıştır (Şekil 3.46). Kulelerin temeli, 40 metreden 105 metreye kadar değişen derinlikte dikdörtgen sürtünme kazıkları tarafından desteklenen 4,5 metre kalınlığında başlık temel kullanılarak yapılmıştır. (Şekil 3.47) Zemin iyileştirme için 162 metre derinliğe kadar kompaksiyon enjeksiyonu kullanılmıştır. Temel yapımı bir yılda tamamlanmış ve 13.000m^3 C60 dayanımında beton kullanılmıştır. Ayrıca kazıkların yapımı sırasında zeminin çok akışkan nitelikte olmasından dolayı özel bir polimer kullanılmış, bu sayede kazık betonunun daha kolay yerleştirilmesi sağlanmıştır. Bu uygulama dünyada bir ilk olarak değerlendirilmektedir (National Geographic, Mega Yapılar, 2011).



Şekil 3.46. Petronas Tower temel sisteminin kaydırılması.

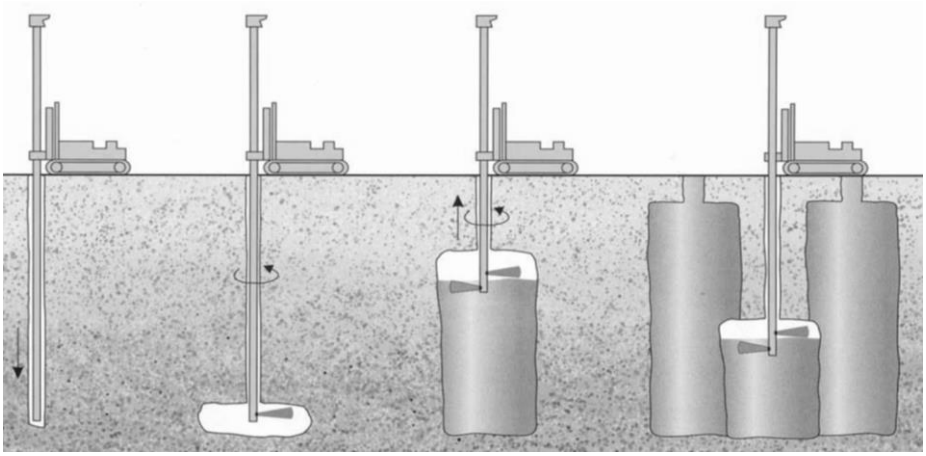


Şekil 3.47. Petronas Tower temel sistemi.

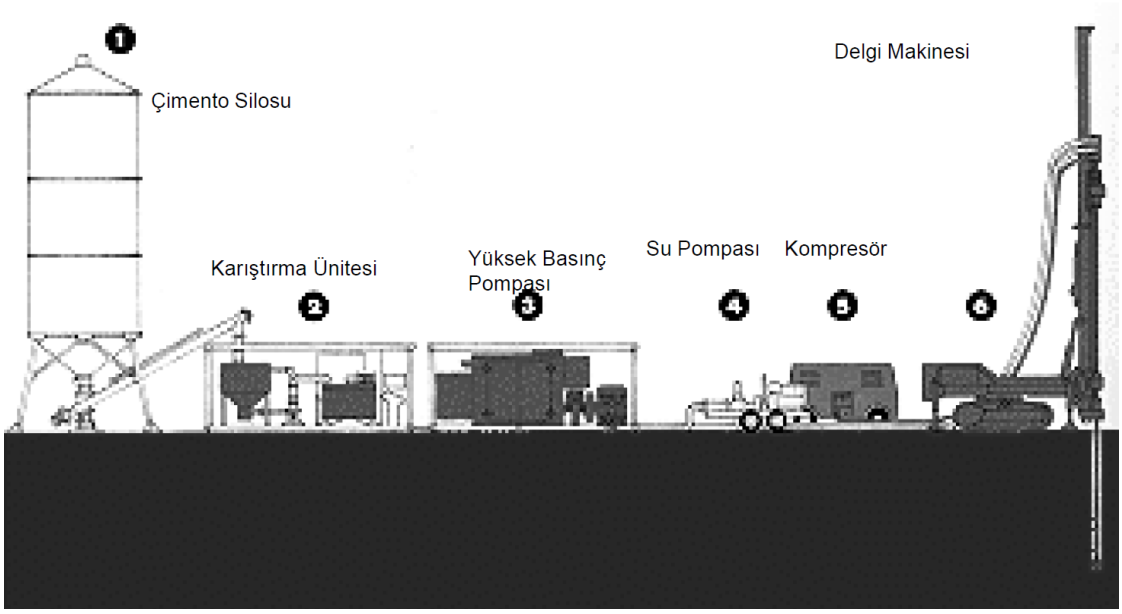
Jet enjeksiyonu (Jet Grout)

Bu yöntemde, yüksek hızla enjekte edilen karışım zeminin doğal yapısını bozmakta ve zemin ile enjekte edilen malzemenin karışımıyla yeni bir malzeme (soil-crete) oluşmaktadır (Şekil 3.48). Böylece, zeminin taşıma gücü ve elastisite modülü artarken geçirgenliği azalmaktadır. Homojen ve sürekli yapıdaki bu yeni malzemenin karakteristik özellikleri önceden belirlenebilmektedir.

Jet grout yöntemi zemine malzeme karıştırılarak yapılan derin ve kalıcı bir zemin iyileştirme işlemidir (Şekil 3.49).



Şekil 3.48. Jet Grout enjeksiyon uygulaması (Altun,2010).



Şekil 3.49. Jet Grout enjeksiyon ekipmanları (Altun,2010).

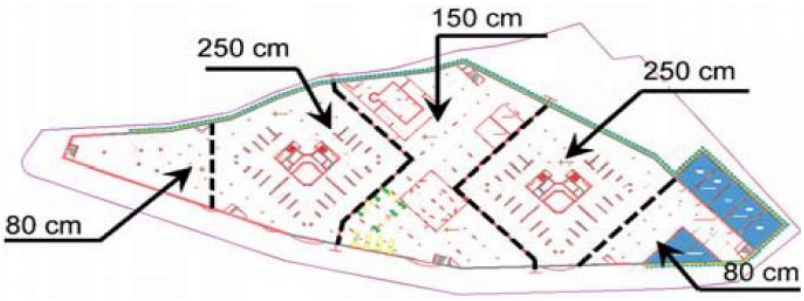
3.4.2.6. Radyejeneral Temeller

Radyejeneral temel sistemi zemin emniyet gerilmesinin düşük olduğu ya da dolgu zeminlerde uygulanır. Radyejeneral temel sistemi zemini tamamen örten ve ters yerleştirilmiş bir plak döşeme şeklinde çalışır. Radyejeneral temeller zemin yapısına, bina yüküne ve temel duvarı ya da kolonların açıklıklarına göre aşağıdaki şekillerde inşa edilirler.

- 1.Düz radyejeneral temel
- 2. Kirişli radyejeneral temel
    - Alttan kirişli radyejeneral temel
    - Üstten kirişli radyejeneral temel
- Mantar radyejeneral temel
- Ters kemer şeklinde radyejeneral temel
- Rijittemel

- **Kirişsiz radyejeneral temel;** genellikle duvar veya kolonlar birbirlerine yakın ve yükleri de az ise temel, düz radyejeneral şeklinde yapılır.

Örnek olarak Anthill projesinde zeminin nispeten sağlam oluşu temel tasarımını kolaylaştırmış olsa da, yapının ağırlığı derin radyejeneral temel kullanımını zorunlu kılmıştır. Radyejeneral temel kalınlıkları A ve B kulelerinin altında 250 cm, çarşı bölümlerinin altında 80 cm ve C bloğunun altında ise 150 cm olarak hesaplanmıştır (Tunç, Yurtsever, Özuygur, Tanfener,2009), (Şekil 3.50).



Şekil 3.50. Anthill temel kalınlıkları.

- **Kirişli radyejeneral temel;** duvar veya kolonların aralıkları fazlaysa temel kirişli radye olarak yapılır. Kirişli radye temeller iki şekilde uygulanır.
  - **Alttan kirişli radyejeneral temel;** hem bodrum döşemesinin düz olması istendiğinde ve hem de temelin zemin üzerinde kaymasına engel olmak için kirişler, radyenin altından düzenlenir.
  - **Üstten kirişli radyejeneral teme;** kirişler radye temelin üzerine oturtulurlar. Ancak bodrum döşemesinin düz olması istendiğinde kiriş aralıkları, kiriş yüksekliğince cüruf, perlit vb. ile doldurularak üzerine düz döşeme yapılır.
- **Mantar radyejeneral temel;** kolon yüklerini, daha geniş bir alana yayarak radyejeneral temele aktarmak için yapılır.
- **Ters kemer şeklinde radyejeneral temel.** Zeminden gelen su basıncının ya da bina yükünün fazla olmaması durumunda temel, ters kemer şeklinde düzenlenir
- **Rijit temel;** derinliği fazla olan temellerde, zemindeki elastik şişmeleri ve farklı oturmaları, temel duvarlarına yanlardan gelecek zemin basınçlarını karşılamak için uygulanır. Betonarmeden ve bir bütün olarak yapılan rijit temel döşeme, perde duvarı, kolon ve kirişlerden oluşur

3.4.3 Temel Kazısı ve İksa Sistemleri

Derin kazı gerektiren yüksek yapıların temellerinin inşası boyunca, kazı sahaları içinde kazının düşey olarak teşkilini sağlamak ve kazı çevresinde bulunan bina, yol ve mevcut diğer yapılarda oluşabilecek hasarları önlemek için kazı destekleme sistemlerinin yapılması gereklidir.

Derin kazıların tasarımının ana ilkesi inşa edilmesi düşünülen ve civarda mevcut bulunan her türlü yapının emniyetinin sağlanmasıdır.

Derin ve büyük inşaat çukurları temel zemini ve yeraltı suyunun denge durumlarını değiştirmekte ve mevcut komşu yapıları ve çevreyi önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden inşaat alanında geoteknik etütler yapılarak, zeminin özellikleri, komşu yapı ve mevcut sistemlerin durumu ve yerleşimi hakkında bilgi toplanmaktadır. Rijit iksa duvarları ve hesaplarda yükseltilmiş toprak basınç katsayıları alınarak kazı çevresindeki yapıların güvenliği sağlanmaktadır. Değişik zemin türleri ve saha koşullarına göre uygulanabilecek birçok destekleme sistemi geliştirilmiştir (Alkaya, Çobanoğlu,2013).

Derin kazı çukurlarının desteklenmesinde en çok kullanılan iksa sistemleri, diyafram duvarlar, ankrajlı betonarme perde duvarlar, ankrajlı kazıklı duvarlar, zemin çivili esnek duvarlar ve palplanşlardır.

3.4.3.1 Diyafram Duvar

Diyafram duvar zemin içerisinde anolar veya paneller halinde inşa edilen yerinde dökme betonarme duvarlardır. Zemin içerisindeki yeraltı su seviyesi altındaki diyafram duvar panel veya anolarının kazısı ile teşkil edilen hendeğin iç stabilitesi, kazı çukuru içinde seviyesi sabit tutulan bir bulamaç (bentonite çamuru veya polimer) kullanılarak sağlanır. Böylelikle hendek içerisindeki bulamaç çamurunun pozitif basıncı ile kazı anosu betonlama aşamasına kadar sabit tutulur.

Diyafram duvar inşası öncesinde diyafram duvarın uygulanacağı hat üzerinde duvar kalınlığına göre ara mesafesi belirlenmiş kılavuz duvarlar kullanılır.

Diyafram duvar inşası esnasındaki tekil ano veya panel uzunluğu, kullanılan ekipman, hendek kazısının zemin ve yeraltı suyu şartları altındaki hassasiyeti, donatı yoğunluğu gibi farklı faktörlere bağlı olarak değişik şekillerde uygulanabilmektedir. Duvarlar mevcut yapılara oldukça yakın bir mesafede kılavuz duvarların yerleştirilebileceği minimum bir mesafe içinde inşa edilebilir.

Bir panelin kazısı tamamlandıktan sonra, hendek içerisindeki bulamaç çamurunda yüzen asılı zemin danelerini önceden belirlenmiş kabul edilebilir belirli bir seviyenin altına indirene değin bulamaç işleme tabi tutulur. Bu işleme yıkama denmektedir.

Kazısı tamamlanan panel içerisine daha önceden hazırlanmış donatı kafesi vinç yardımı ile projesinde öngörülen kotta yerleştirilir ve tremi boruları aracılığı ile panele beton aşağıdan yukarıya dolduracak şekilde dökülür (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. Diyafram duvar uygulama örnekleri (URL-18).

3.4.3.2 Ankrajlı Betonarme Perde Duvar

Bu iksa sisteminde öngermeli ankrajlar anolar halinde ve yukarıdan aşağıya doğru kazı kademelerine paralel yerinde dökme inşa edilen betonarme perde elemanlar ile birlikte inşa edilir (Şekil 3.52).

İksa perdesinin kalınlığı için sınırlı yer olduğu durumlarda ve diğer iksa sistemlerinin uygulanmasının mümkün olmadığı ve serbest akifer niteliğindeki yeraltı su seviyesinin mevcut olmadığı zemin şartlarında uygulanabilir. Diğer iksa sistemlerine göre her ano ve kademede betonarme perdenin mukavemetinin beklenmesi zorunluluğundan dolayı görece daha düşük bir imalat hızına sahiptir.

Betonarme perde kalınlığı kazı derinliği, çevre yükler, zemin şartları vb. unsurlara bağlı olarak 20 cm ila 50 cm arasında değişken kalınlıkta uygulanabilir.



Şekil 3.52. Ankrajlı betonarme perde duvar uygulama aşamaları (URL-19).

3.4.3.3 Kazıklı ve Ankrajlı Duvarlar

Fore kazıklı ankrajlı bir istinat yapısında düşey yöndeki elemanlar fore kazıklar ile oluşurken, zemin ve yeraltı suyu şartları, çevre yükler, deformasyon kriterleri vb faktörlere bağlı olarak yatayda değişken sayı ve boyutlarda göğüsleme kirişleri ve öngermeli ankrajlar ile desteklenmiş bir yapıdır.

Fore kazıklar düşey elemanlar olarak inşa edildikten sonra, kademeler halinde kazı yapılarak projesinde öngörülen seviyelerde kiriş ve ankrajlar inşa edilir. Fore kazıkların konumlarının başlangıçta doğru yerleştirilmesi amacıyla kılavuz duvarlar kullanılabilir. Düşey elemanlar olan fore kazıkların inşası tamamlandıktan sonra fore kazıklar en üst seviyede bir başlık kirişi ile birbirine bağlanır. Başlık kirişi boyutları da proje gerekleri ve kullanılan fore kazık çapına göre değişken olabilir. Başlık kirişi inşası öncesinde fore kazık başları proje kotuna göre kırılarak temizlenir ve fore kazık donatısının başlık kirişi donatısı ile bağlanması amacıyla donatılar düzenlenir (Şekil 3.53).



Şekil 3.53 Kazıklı ve ankrajlı duvar başlığının yapılması (URL-20).

Başlık kirişinin tamamlanmasından sonra kazı kademeler halinde yapılarak öngermeli ankrajlar, ve bunların bağlanacağı göğüsleme kirişleri inşa edilerek yukarıdan aşağıya doğru iksa sistemi kazıya paralel olarak teşkil edilir (Şekil 3.54).



Şekil 3.54. Kazıklı ve ankrajlı duvar başlığı (URL-20).

Fore kazıklar farklı kapasite ve boyutta makine ve ekipmanlar kullanılarak inşa edilebilir. Delgi esnasında zemin şartlarına, kazık boyuna ve kullanılan ekipman kapasitesine bağlı olarak muhafaza borusu kullanılarak veya bentonit çamuru kullanılarak yapılabilir. Fore kazıklar; delgi, donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi sıralaması ile inşa edilir. Yeraltı suyu yok ise fore kazıklar aralıklı, mevcut ise kesişen kazıklar olarak teşkil edilir. Donatının yerleştirilmesi sonrasında betonlama tremi boruları kullanılarak kazığın alt ucundan yüzeye doğru yapılır.

Tipik olarak iksa sistemlerinde kullanılan fore kazık çapları 65 cm ila 150 cm çap arasında standart delgi ekipmanları ile yapılır. Çevre şartlarına bağlı olarak öngermeli ankrajların uygulanamayacağı durumlarda, düşey fore kazık elemanları kazı içerisinden kademeler halinde göğüsleme kirişlerine dayanan destek boruları veya kirişleri (strut) ile de desteklenebilir (Şekil 3.55).



Şekil 3.55. Kazıklı ve ankrajlı duvar göğüsleme kirişleri (URL-20).

3.4.3.4 Zemin Çivili Duvarlar

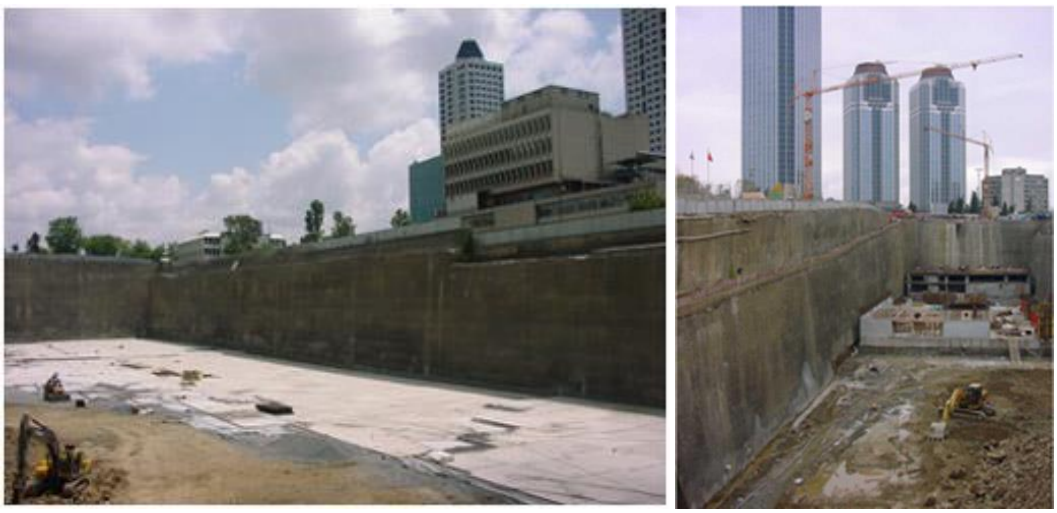
Zemin Çivili ya da pasif ankrajlı iksa sistemi, esnek bir iksa sistemi olup, yukarıdan aşağıya doğru kademeler halinde inşa edilir. Yeraltı su seviyesinin olmadığı yerlerde farklı zemin şartlarında uygulanabilirliği, geçici veya kalıcı olabilmesi ve özellikle esnek oluşu nedeni ile büyük depremlerde dahi rijit duvarlara göre daha iyi bir davranış sergilemesi nedeniyle tercih edilmektedir.

Sistemin başlıca elemanları püskürtme beton kaplı kafa hendeği zemin çivileri, iksa yüzeyini kaplayan püskürtme beton, püskürtme betonun çatlamasını önlemek üzere yerleştirilen iki sıra çelik hasır donatı ve yatay drenlerdir (Şekil 3.56).



Şekil 3.56. Zemin Çivili Duvar püskürtme betonu ve çelik hasır döşenmesi (URL-21).

Tipik olarak düşeyde 1.5 m ile 2.0 m kademeler halinde kazıya paralel olarak zemin çivileri inşasını takiben yüzeye çelik hasır donatı yerleştirilerek çivilerin kafalarına plaka ve somun ile bağlanır. Daha sonra kazı kademesi ikinci tabaka püskürtme beton ile kaplanır ve bir sonraki kazı kademesine geçilir (Şekil 3.57). Bu sistemde, her bir kademe kazısı sonrasında zemin şartlarına bağlı olarak ön püskürtme beton kaplaması uygulanarak veya uygun zemin şartlarında uygulanmaksızın pasif ankraj delgileri yapılır. Projesine göre yapılan delgi içerisine uygun boyda donatı yerleştirilir ve donatı etrafindaki delginin içi çimento enjeksiyonu ile doldurulur. Püskürtme beton, çatlamaması için hasır çelik donatı ile takviye edilir. Sistemin kalıcı olarak projelendirildiği durumlarda donatı etrafına korozyon önleyici PVC kılıf veya epoksi kaplamalı donatı vb önlemler uygulanır.



Şekil 3.57. Zemin Çivili Duvar uygulamasından örnekler (URL-21).

3.4.3.5 Palplanşlar

Palplanş, çakma yöntemi ile inşa edilen kazık türünün birbirine kenetlenerek zemin içerisinde sürekli bir bariyer teşkil edilmesi amacı ile kullanılan çelik elemanlardan oluşmaktadır. Başlıca uygulama alanları sınırlı yükseklikte ve uygun zemin şartlarında ankastre, ankraj veya çelik boru ile desteklenmiş, geçici veya kalıcı iksa yapılarının oluşturulması veya zemin içerisinde bir bariyer teşkil edilmesi olarak sayılabilir (Şekil 3.58).

Farklı kesit tiplerinde üretilen çelik elemanlar genellikle vibrasyon yöntemi ile vinç veya iş makinasına monte edilmiş vibro çekiçler kullanılarak zemine çakılır ve geçici olarak kullanılması durumunda fonksiyonunu tamamladıktan sonra yine vibrasyon yöntemi ile geri çekilerek tekrar kullanılabilir.



Şekil 3.58. Palplanş uygulamasından örnekler.

3.4.4 Temel Kazısı Sırasında Oluşabilen Sorunlar

Temel kazısından çıkan hafriyatın atık bölgelerine ulaştırılması sırasında oluşan problemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Yüksek yapılar genellikle şehir merkezlerine yapıldıkları için mevcut karayollarının alt yapısı hafriyat kamyonlarının tonajına mukavim olmadığı için bozulmaktadır. Hafriyat kamyonlarının tonajının mevcut yolların dayanımına göre seçilmesi ve bunun yerel yönetimlerin denetiminde olması sorunun çözümünü kolaylaştırabilir.

Hafriyat kamyonlarının tekerleklerindeki hafriyat çamurunun temizlenmeden yola çıkması nedeniyle yollarda kirliliğe neden olmaktadır. Hafriyat kamyonları şantiye çıkışında beton veya asfalt zeminde tekerlekleri iyice yıkanarak temizlendikten sonra yola çıkmalıdır.

Temel kazısından çıkan hafriyatın taşınması esnasında o bölgede trafik yoğunluğunu ciddi bir şekilde artmasına neden olmaktadır. Hafriyatların nakliyesi için trafiğin az olduğu gece saatlerine göre ayarlanması gerekmektedir.

Yüksek yapının her iki tarafında mevcut yapılar var ise derin temel kazılarında bu yapıların zarar görmemesi için ilave destek sistemlerinin uygulanması gerekmektedir (Şekil 3.59).



Şekil 3.59. Temel duvarlarına yapılan destek sistemi.

Temel kazısı sonrası ortaya çıkan yeraltı suyunun boşaltılması gerekmektedir. Bu amaçla etkin bir drenaj sisteminin yanı sıra arazinin bilinçsiz olarak yüklenmemesi ve yapıların temel sistemlerinin zemin koşullarına uygun bir şekilde tasarlanması ve inşası gerekmektedir.

Yapılan temellerin mutlaka suya ve suyun korozif etkilerine karşı yalıtılmış olması da gereklidir. Temellerde su yalıtımı zemin rutubetine, basınçsız suya ve basınçlı suya karşı su yalıtımı olarak üçe ayrılmaktadır. Temellerde yapılan su yalıtımı uygulamalarında polimer bitümlü örtüler, plastik/kauçuk esaslı sentetik örtüler veya sürme esaslı su yalıtım malzemeleri kullanılabilir.

Derin temel kazılarında, yan parselde bulunabilen temel altındaki suyun ani boşalması, gerilme dağılımı, ayrışma derinliği, faylar, eklem sistemleri ve daykların varlığına göre jeolojik modelleme yapılarak ilgili mühendislik önlemleri uygulamalarının yapılması gerekmektedir (Dalgıç S., vd, 2009).

3.5. YÜKSEK YAPILARDA UYGULANAN CEPHE SİSTEMLERİ

Cephe; bina içerisinde istenen koşulların sağlanabilmesi amacıyla, dış ortam koşullarını bina dışında tutup, gerekli olanları istenilen düzeyde içeri alan, kısaca iç ortamı dış ortamdan ayıran bir filtre özelliği gösterir.

Cephe dış formun ayrılmaz bir parçası olup, yapılarda taşıyıcı sistem ile beraber düşünülmektedir. Yüksek yapıların yüksekliklerinin ve bina kütlelerinin belirlenmesi esnasında cephe tasarımlarında da kapsamlı bir planlama yöntemi şarttır.

Strüktürel çelik çerçevelerin geliştirilmesine kadar, yaklaşık yüzyıl boyunca, dış duvarlar hem taşıyıcı, hem de dış etkenlere karşı koruyucu olarak görev üstlenmekteydi. 19. yüzyılda dökme demir ve çelik çerçevelerin bulunması, taşıyıcılı duvar yapı sistemini sona erdirmiştir. Bu durumda binayı taşıyan strüktürel çerçevenin bir şekilde örtülmesi gerekmekteydi.

Strüktürel çerçeveden bağımsız olan dış kılıf, binanın kabuğunu oluşturacak, iç mekanları dış etkenlerden koruyacak ve en önemlisi, binaya estetik kimliğini kazandıracaktı. Giydirme cephe kavramı bu şekilde ortaya çıkmıştır (Wang, 1991).

Günümüzde cephe duvarlarının taşıyıcı görev üstlendiği tübüler sistemde yapılmış binalar dışında, cephe duvarları sadece estetik sağlama ve dış etkenlere karşı filtre görevi üstlenmektedir (Taranath, 1997: 913).

Cephe sisteminin performansı büyük ölçüde, cephe malzemesinin doğal etkenlere karşı dayanıklılığına bağlıdır. Doğal etkenler günışığı, ısı, su, nem, rüzgâr ve deprem yükleri olarak sıralanabilir.

Gün ışığı malzemede kimyasal değişiklikler oluşturmakta, ısı farklılıkları genleşme ve büzülmelere neden olmakta, özellikle rüzgârla birlikte etki eden su cephe sisteminde önemli hasarlar oluşturmaktadır.

3.5.1. Yüksek Yapı Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması

Yüksek yapılarda kullanılan cephe sistemleri, strüktürel açıdan yük taşıyan cephe sistemleri ve giydirme cephe sistemleri olarak iki gruba ayrılır.

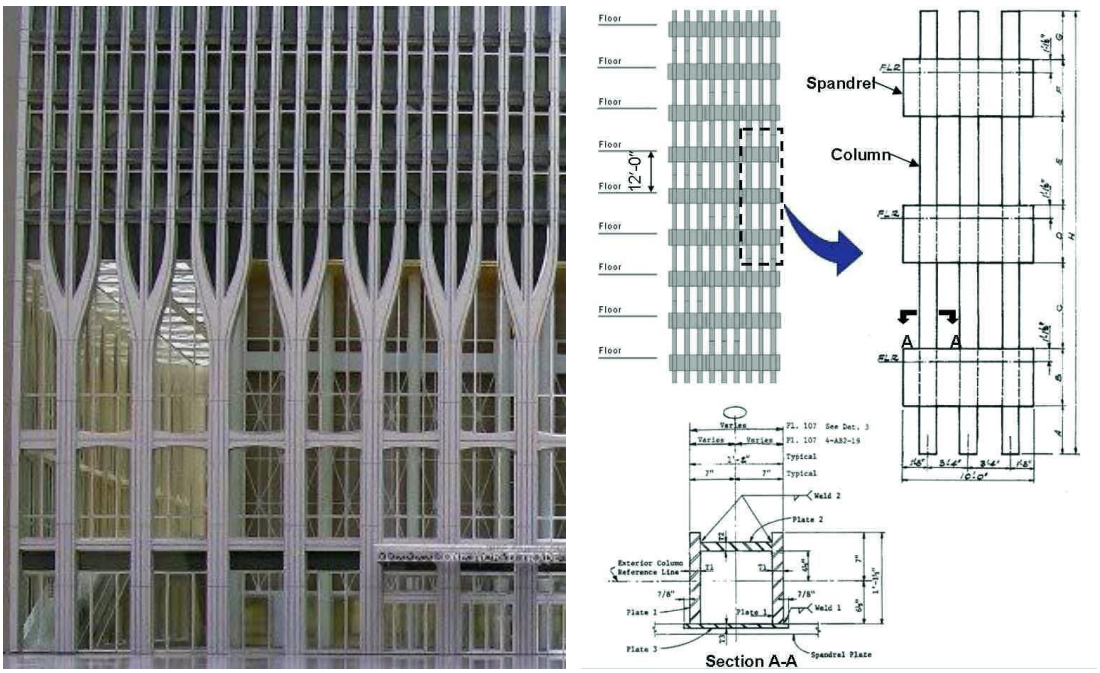
3.5.1.1 Yük Taşıyan (Strüktürel) Cephe Sistemleri

Yük taşıyan cephe sistemleri yüksek yapı taşıyıcı sisteminin önemli bir parçasıdır. Günümüzde birçok yüksek binada uygulanan betonarme tübüler veya tübüler kompozit yapı sistemlerinde de cephe duvarı taşıyıcı niteliktedir. Tüp sistemlerde sık kolon ve derin kiriş kullanımı, ayrıca boşluk oranlarının korunması gerekliliği cephe alternatiflerini, bu sistemlerdeki kare veya kareye yakın plan biçimlenmelerinin tercihi ise kütle biçimini kısıtlamaktadır. Tübüler makaslarda ise diyagonal eleman kullanımı cepheyi kısıtlamaktadır. Ayrıca sık kolonlu tüp sistemlerde tamamen işlevsel nedenlerle alt katlarda strüktürel sistemin değiştirilmesi zorunluluğu bu katlardaki cephe oluşumunu etkilemektedir.

Taşıyıcı cephe sistemi tasarımında, sistem elemanlarının boyut hesabında yatay yüklerin payı, düşey yüklerin taşınması için gerekenden öteye geçemez. Bu sebeple yükseklik ile artan yüklerin karşılanması, artan eleman boyutları ile değil, taşıyıcı sistemin etkinliği ile sağlanmalıdır.

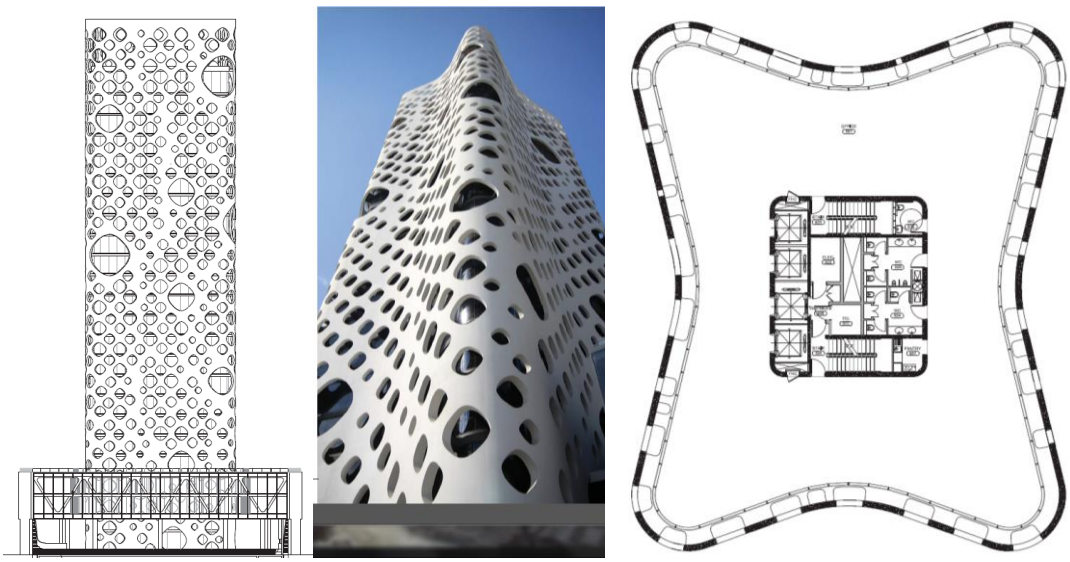
Yük taşıyan betonarme cephe sistemine sahip, tübüler taşıyıcı sistemle yapılan ilk yüksek yapı örneklerinden biri, 1964 yılında Chicago'da yapımı tamamlanan 35 katlı 144,8 metre yüksekliğindeki Brunswick Building'dir. Bir diğer örnek ise, 1986 yılında Chicago'da yapımı tamamlanan 58 katlı 173,7 metre yüksekliğindeki Onterie Center'dır

Yük taşıyan cephe sistem örneklerinden biri New York'ta 1972 yılında yapımı tamamlanan 110 katlı 417 m yüksekliğindeki World Trade Center'dır (Şekil 3.60). Yapıda taşıyıcı sistem olarak çelik tüp sistem, binanın cephesinde modüler çelik strüktürel cephe sistemi kullanılmıştır.

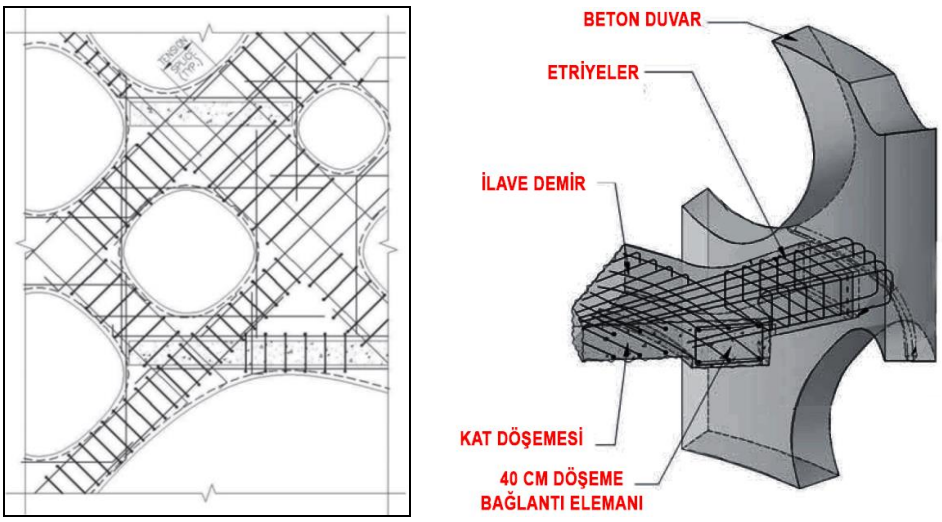


Şekil 3.60. World Trade Center yük taşıyıcı cephe sistemi ve planı.

Yük taşıyan cephe sistem örneklerinden bir diğeri de Dubai'de 2010 yılında yapımı tamamlanan 24 katlı 106 m yüksekliğindeki O-14 Binası'dır (Şekil 3.61). Yapıda taşıyıcı sistem olarak betonarme tüp sistem kullanılmıştır. Binanın cephesinde oluşturulan betonarme kabuk sistemin döşemelere betonarme kirişler vasıtasıyla bağlanmasıyla cepheye taşıyıcılık özelliği kazandırılmıştır (Şekil 3.62).



Şekil 3.61. O-14 Tower (Dubai) yük taşıyıcı cephe sistemi ve planı.



Şekil 3.62. O-14 Tower (Dubai) yük taşıyıcı cephe sistemi ve döşemelere bağlantı kirişi donatı yerleşimi.

3.5.1.2. Giydirme Cephe Sistemleri

Giydirme cephe sistemleri taşıyıcı sistemden bağımsız olarak bina dış yüzeyine tespit edilen, yük taşımayan elemanlardan oluşan cephe sistemidir.

Giydirme cephe, çeşitli taşıyıcı sistemli binalarda, binanın dış yüzünün alüminyum malzemeden kullanılan ana ve ara taşıyıcı elemanların dayanıklı ve fonksiyonel bir şekilde bir araya getirilmesi, cam, kompozit levha, alüminyum levha, çimento esaslı malzemeler, plastik veya doğal taş gibi yapı malzemeleri ile bütünleştirilmesidir.

Giydirme cephelerde çeşitli sınıflandırmalar bulunmaktadır. Bunun nedeni bu konuda henüz kesinleşmiş bir literatür olmaması ve patent kaygısı ile Batı'da her firmanın sisteme kendi uygun gördüğü ismi kullanması yatmaktadır. Giydirme cephelerin tasarımı yapıda bulunması istenilen imaja bağlıdır. Prestijli bir bölgede bulunan ya da ortalık bir alanda konumlanmış binalar daha pahalı malzeme ve sistem seçimini gerekli kılabilirken, yapının içinde gerçekleşeceği yapılaşmış çevre de tasarımı etkileyecektir. Giydirme cephe sistemleri ağırlıklarına göre iki gruba ayrılırlar (Özgen ve Sev, 1999: 12):

- Ağır giydirme cepheler; doğal taş, suni taş, kâgir, önyapımlı betonarme elemanlar vb. ile oluşturulurlar ve birim alana düşen ağırlıklar 100 kg/m2'den fazladır.

- Hafif giydirme cepheler, metal, cam, sandviç panel kullanılan cepheler olup, ağırlıkları 100 kg/m2 'den çok azdır.

Yüksek yapılarda uygulanan cephe sistemleri strüktürel çerçeveye tespit edilme şekillerine ve eleman biçimlenmesine göre de dört ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar asma panel, metal çerçeveli giydirme, dolgu duvar ve kolon-parapet kaplamalı cephe sistemleridir.

Asma panel sistemleri kullanılan malzemeye göre hem ağır giydirme cepheler hem de hafif giydirme cepheler sınıfına dâhil edilebilirler. Diğer cephe sistemleri hafif giydirme cephe grubuna dâhildirler.

a) Asma Cephe Sistemi

Bu sistemde birkaç kat yüksekliğinde veya bir kaç modül açıklığındaki cephe panelleri strüktürel çerçeveye doğrudan tespit edilmektedir. Tespit elemanları genellikle döşeme tabliyesi üzerinde veya çerçevenin alnında yer almaktadır.

b) Metal (Alüminyum) Cephe Sistemi

Metal çerçeveli giydirme cephe sistemi, strüktürel çerçevenin önüne tespit edilen bir metal ızgara tarafından taşınan cam, metal, granit vb. gibi kaplama malzemelerinden oluşmaktadır. Bu sistemin en yaygın uygulamaları, günümüzün modern binalarında da görüldüğü gibi metal-cam giydirme cephelerdir (Sev, 2001).

Metal çerçeveli giydirme cephe sistemi beş şekilde oluşturulmaktadır.

Stick (Çubuk) Sistemde metal yatay ve düşey elemanlardan oluşan iskelet parçalar gerekli uzunluklara göre fabrikada kesilip birleştirildikten sonra şantiyeye getirilirler. Kayıtlar genellikle, 1.00 ve 1.80 m aralıklarla yerleştirilirler. Oluşturulan çerçeveler ise sabit ve hareketli pencerelerle ya da metal, cam ya da taş görünümlü yalıtımlı panellerle kaplanır. Yatay ve/veya düşey elemanlar estetik görünüm elde etmek üzere metal kapak ile kapatılır.

Panel sistem, kat yüksekliğinde ve kaplayacağı her bir bölüm genişliğinde önüretimli panellerden oluşmaktadır. Kolonlara ya da yapının taşıyıcı sistemine dâhil olan kat döşemelerine bağlanır. Panellerin montajının kolonlara yakın yapılması, ünite ve çubuk sistemleri etkileyen ve döşemenin düzgün olmamasından kaynaklanan sorunların azalmasını sağlar

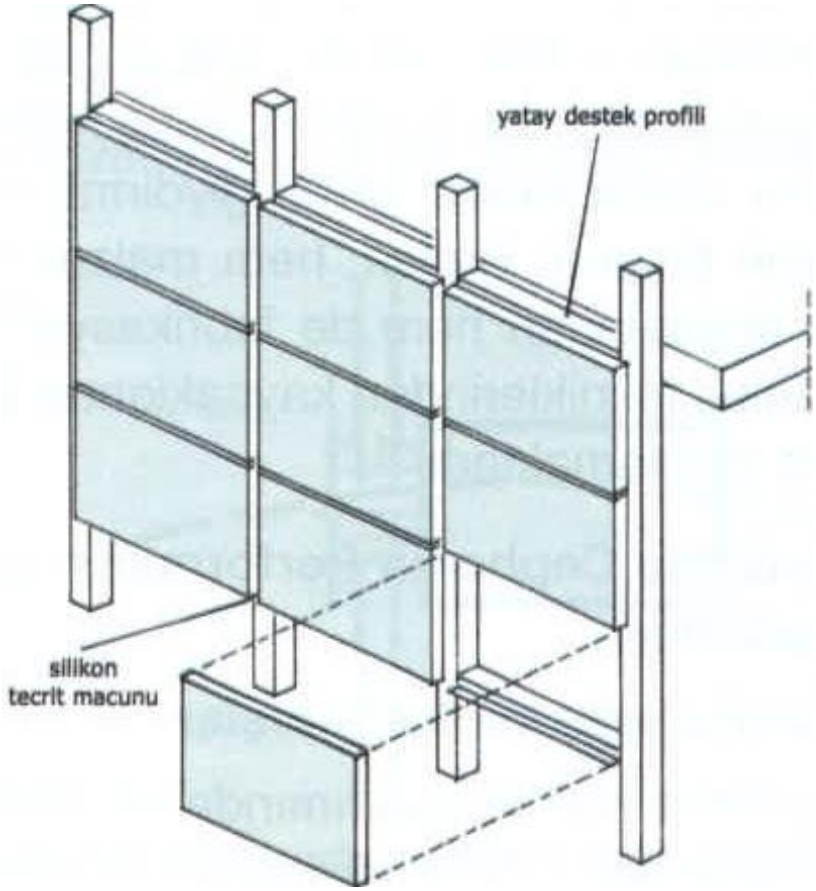
Yarı panel sistem, çubuk sistemin ekonomikliği ile panel sistemin yüksek yapılar için önemli bir özelliği olan, bina hareketliliğine uyum kabiliyetini kapsayan giydirme cephe sistemleridir (Atalay, 2006).

Ünite sistem, kat ölçeğinde, yatay şeritler halinde hazırlanmış panellerden oluşan sistemdir. Camlar panellere şantiyede monte edilmektedir.

Şerit Camlı Taşıyıcı Panel Sistemi, taşıyıcı paneller arasında sürekli giden yatay bant pencerelerin kolonlara bağlanmasıyla oluşmaktadır. Şerit pencereler sıklıkla taşıyıcı panellerle birlikte kullanılır. Bu paneller yatay uzanan önüretimli veya prekast beton ünitelerdir.

Yapısal Macun-Contalama Sistemi (Strüktürel Silikonlu Cephe Sistemler, yapısal macun uygulaması çubuk sistem ve özellikle şerit giydirme cephe sistemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bununla birlikte, ünite ve panel sistemlerde de kullanılır. Mekanik parçaların yerine, cam paneller fabrikada uygulanan yapısal macun ile (genellikle silikon) metal taşıyıcı çerçeveye bağlanırlar. Toplanan bu cam paneller daha sonra şantiyede bina cephesinde oluşturulan ızgara biçiminde iskelete içerden monte edilerek, bina dışında iskeleye gerek kalmaması, yüksek yapıların maliyetini önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Tırnaklı ya da cam cama olarak da isimlendirilebilen bu sistemde iskeleti oluşturan elemanlar geleneksel çubuk sisteme göre daha geniş aralıklara sahiptir. Dış eklemlenmeler yine yapısal macunla contalanarak cephenin hava-geçirimsizliği sağlanır (Şekil 3.63).



Şekil 3.63. Yapısal macun-contalama sistem detayı.

3.5.2 Yüksek Yapı Cephe Malzemesi ve Sisteminin Seçimi

Yüksek bir binanın cephe malzemesi ve sisteminin seçiminde çevresel, strüktürel, yapım, maliyet, yönetmelikler, estetik ve bakım ölçütleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

3.5.2.1 Çevresel Ölçütler

Tasarımcı cephe sistemi seçiminde bölgenin iklimsel koşullarını (yağmur, kar, rüzgar, nem, ısı değişimleri, kum fırtınaları, hava kirliliği v.b) dikkate alarak dış mekan koşullarından iç mekanın olumsuz etkilenmesini engellemelidir.

Yüksek yapılarda cephe sistemlerini olumsuz etkileyen faktörlerden bir diğeri ise nemdir. Nem, su sızmaları veya yoğuşma sonucunda oluşmakta ve cephelerde ciddi hasara neden olup yalıtım performansını düşürmektedir. Ayrıca rüzgârla sürüklenen yağmur cephe yalıtım performansını olumsuz olarak etkilemektedir.

3.5.2.2 Strüktürel Ölçütler

Cephe sistemi strüktürel olarak yanal yükleri (rüzgâr ve deprem) ve kendi ağırlığını taşıyacak düzeyde dayanıklı tasarlanmalıdır. Özellikle deprem bölgelerinde yapılan yüksek yapıların gerek dışarıdaki gerekse de bina içindeki insanların can güvenliğinin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

3.5.2.3 Yapım Ölçütleri

Cephe malzeme ve sisteminin hangi taşıma, depolama ve montaj yöntemi ile yapılacağının analiz edilmesi gerekmektedir. Cephe sistemlerinin uygulama yöntemleri yapım sürecinin hız ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Cephe sistemlerinin uygulama yöntemleri 3.5.4. bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

3.5.2.4 Maliyet Ölçütleri

Planlama sürecinde, en başta ekonomik nedenler etken olmaktadır. Ekonomik etkenler sadece yapım maliyeti olarak değil, yapı tamamlandıktan sonra işletme giderleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Yapım giderleri ve işletme yapının yüksekliği ile doğru orantılıdır.

Cephe sisteminin yapımını hızlandırmak ve işçilik maliyetlerini azaltmak için ekskavatör, kreynler, konveyör, kompresör, elektrikli aletler veya deneme aşamasında olan robotik montaj ve taşıma yöntemleri kullanılır. Bu durumda kolay monte edilen hazır elemanlar önem kazanır.

3.5.2.5 Yönetmelikler

Yüksek binaların normal koşullar altında yapıldığı şehirlerde, cephe sistemlerinin de gereksinimlerini yerine getirecek çeşitli yönetmelikler bulunmaktadır. Bu yönetmelikler genellikle yangından korunma, ısı yalıtımı ile ilgili olup, rüzgar ve deprem yüklerine karşı dayanıklılık için sağlanması gereken koşulları da içermektedir (Sev,2001).

3.5.2.6 Estetik

Estetik, her ne kadar belli kurallara bağlı bir kavram olmasa da, genel olarak kabul edildiği üzere, yüksek bir binanın plan ve görünüş açısından geometrik formu, katların ritmi, ana girişin çekiciliği cephenin düzeni, rengi, çatı formu ve benzeri birçok faktör, binanın estetik açıdan olumlu özelliklere sahip olup olmadığını belirlemektedir.

3.5.2.7 Bakım

Yüksek binaların cephe sistemlerine ilişkin üç tip bakım bulunmaktadır: Günlük temizlik, önleyici bakım ve ömür boyu bakım.

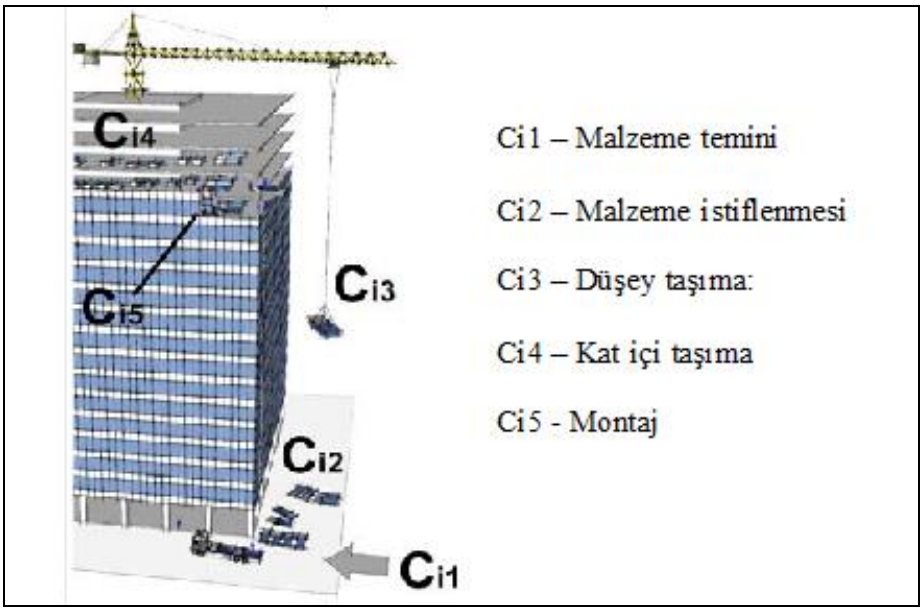
Günlük temizlik, birçok yüksek binada cephelerin günlük temizliğinin yapılabilmesi için, çatıya kurulan iskele ve raylar üzerinde hareket eden, çeşitli temizlik robotları bulunmaktadır (Wang, 1991).

Önleyici bakım, sorunların denetlenmesi genellikle cadde seviyesinden veya komşu bir binadan dürbün veya benzeri bir araçla görsel olarak yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, temizlik sırasında da cephe sisteminin contaları, macunları, eleman bağlantıları gibi görünen her eleman üzerinde yapılan kontroller sırasında olan problemler de tespit edilebilmektedir (Wang, 1991).

Ömür boyu bakım, binaların cephe sistemini oluşturan elemanlarından bazılarının belli aralıklarla, problem çıkarmasını beklemeden değiştirilmesi gerekmektedir. Yüksek yapı cephe malzemelerinde uzun ömürlü ürünler (taş ve kâgir cephe, polimer bazlı dış duvar yalıtım ve boya malzemeleri v.b) kullanmak uzun süreli bakım maliyetlerini düşürmektedir.

3.5.3 Yüksek Yapı Cephe Sistemlerinin Uygulamaları ve Sorunları

Cephe sisteminin yapım hızını ve kalitesini arttırmak için ekskavatör, kreynler, konveyör, kompresör, elektrikli aletler gibi inşaat makineleri veya deneme aşamasında olan robotik montaj ve taşıma yöntemleri kullanılır. Cephe sisteminin yapımında şantiyeye nakliye, depolama, düşey taşıma, kat içi taşıma ve montaj aşamaları söz konusudur (Friblick, Tommelein, Mueller, Falk, 2012), (Şekil 3.64).



Şekil 3.64. Cephe sistemi için montaj iş akış adımları (URL-22).

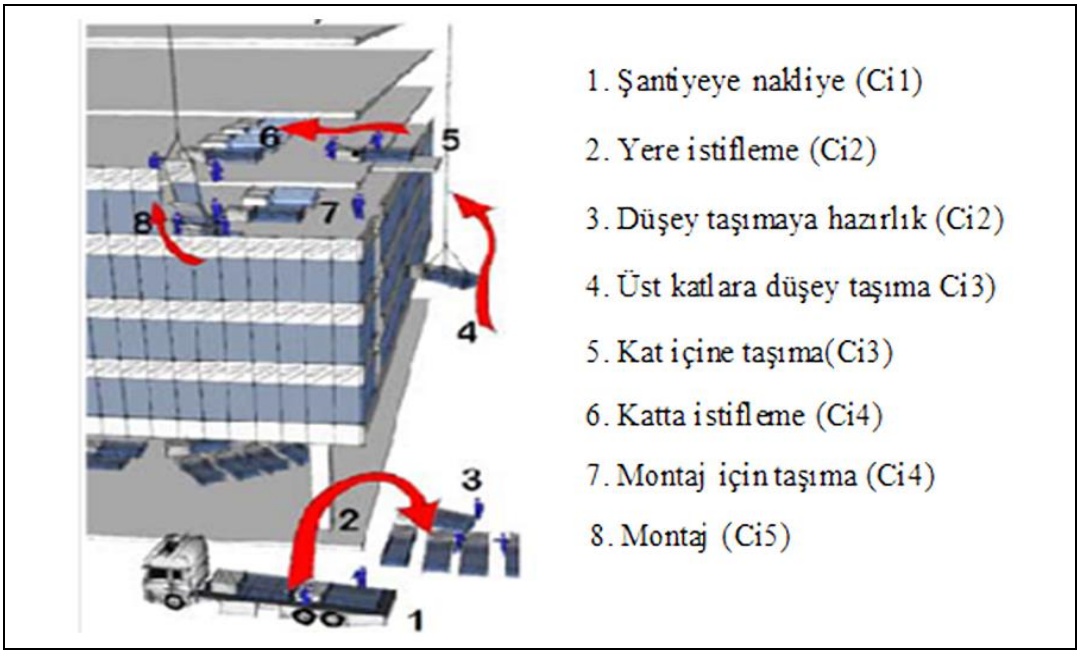
Yüksek yapıların cephe sistemlerinde uygulama yöntemleri;

- Geleneksel yöntem,
- Beeche Yöntemi,
- Entegre Sistem, olarak üç grupta sınıflandırılabilir.

3.5.3.1 Geleneksel yöntem

Geleneksel yöntemde düşey ve yatay taşımalar *kontrolsüz taşıma* (Şekil 3.65'deki kırmızı oklar) olarak sınıflandırılabilir. Bu nedenle taşıma esnasında iş kazaları veya cephe panellerinde maddi hasarlar oluşabilmektedir. Geleneksel sistemde özellikle kule vinç ile taşıma yapılırken rüzgâr şiddeti önem kazanmaktadır. Rüzgâr şiddetinin arttığı dönemlerde kule vinç ile yapılan taşıma riskli olduğu için cephe montajında yaşanan gecikmeler nedeniyle inşaat maliyeti artmaktadır.

Önüretimli cephe panelleri fabrikadan şantiyeye tırlarla nakledilir ve kamyondan indirilerek uygun bir yere istiflenir. Düşey taşıma için planlanan bölgeye taşınan cephe panelleri kule vinç vasıtasıyla cephe panellerinin istifleneceği kata taşınır. (Şekil 3.66). Cephe panelleri kule vinçten alınarak ve yatay taşıma yapılarak kat içinde istifleme yapılır (Şekil 3.67). Cephe panelleri montajı için kat içinde yatay taşıma yapılarak süreç tamamlanır (Şekil 3.68).



Şekil 3.65. Geleneksel cephe sistemi için montaj aşamaları (URL-22).



Şekil 3.66. Geleneksel cephe sistemi; panellerin kat içine alınması (URL24).



Şekil 3.67. Geleneksel cephe sistemi; panellerin kat içinde depolanması (URL24).



Şekil 3.68. Geleneksel cephe sistemi; panellerin kule vinçle taşınması (URL24).

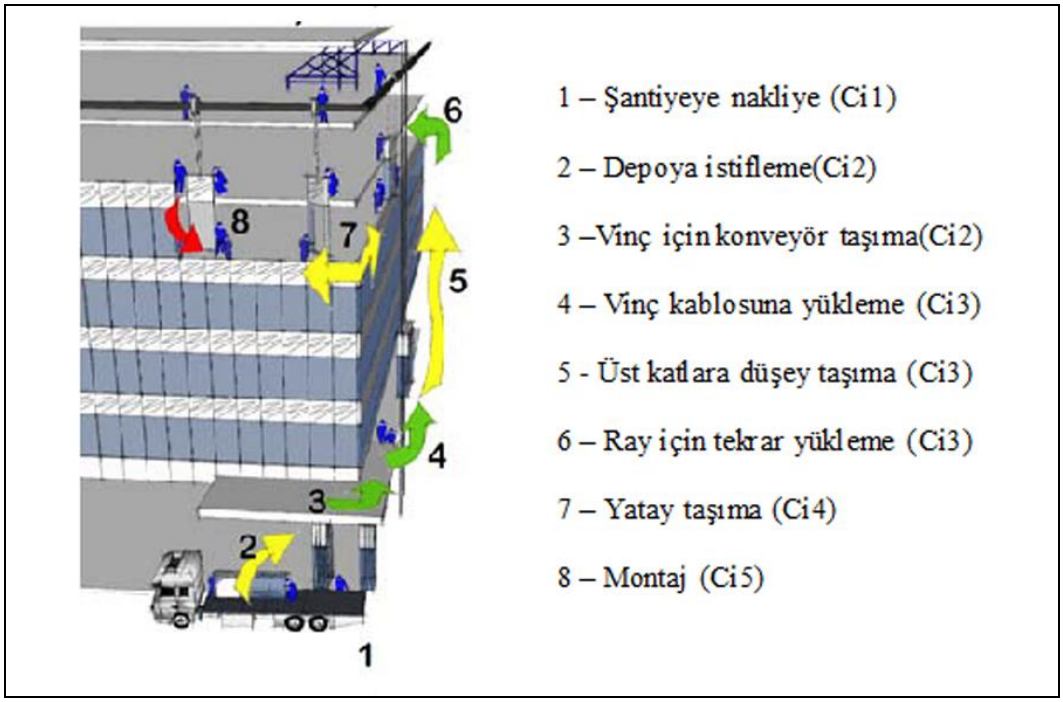
3.5.3.2 Beeche Yöntemi

Beeche yönteminde düşey ve yatay taşımalar *parça kontrollü taşıma* (Şekil 3.69 deki yeşil oklar), *yarı kontrollü taşıma* (Şekil 3.69 deki sarı oklar) *ve kontrolsüz taşıma* (Şekil 3.69 deki kırmızı oklar) olarak üç grupta sınıflandırılabilir.

Taşımalar kısmen kontrollü kısmen kontrolsüz yapılmaktadır. Geleneksel sisteme göre taşıma esnasında iş kazaları veya cephe panellerinde maddi hasarlar daha az oluşmaktadır.

Beeche sistemde düşey taşımalarda raylı (asansör) sistem kullanıldığı için taşıma yapılırken rüzgârdan etkilenmemektedir. Cephe panelleri depoya istiflendiği için maddi hasar riski azalmaktadır.

Önüretimli cephe panelleri fabrikadan şantiyeye tırlarla nakledilir ve kamyondan indirilerek depoya istiflenir. Düşey taşıma için planlanan bölgeye konveyör ile taşınan cephe panelleri raylı (asansör) vasıtasıyla cephe panellerinin montaj için yatay raylı sisteme taşınır (Şekil 3.70). Cephe panelleri yatay raylı sisteme yüklenerek montaj yapılacak bölgeye yatay taşıma yapılır ve montaj yapılarak süreç tamamlanır. (Şekil 3.71).



Şekil 3.69. Beeche sistemi montaj aşamaları (URL-22).



Şekil 3.70. Depolama ve düşey taşıma aşamaları (Tommelein, Beeche, 2001).



Şekil 3.71. Beeche sistemi montaj aşamaları (Tommelein ve Beeche,2001).

2001 yılında Iris D. Tommelein ve Greg Beeche tarafından geliştirilen Beeche sistemi, ilk kez New York'ta 2002 yılında yapımı tamamlanan 72 katlı 260 metre yüksekliğindeki Trump World Tower'da kullanıldı (Şekil 3.72).

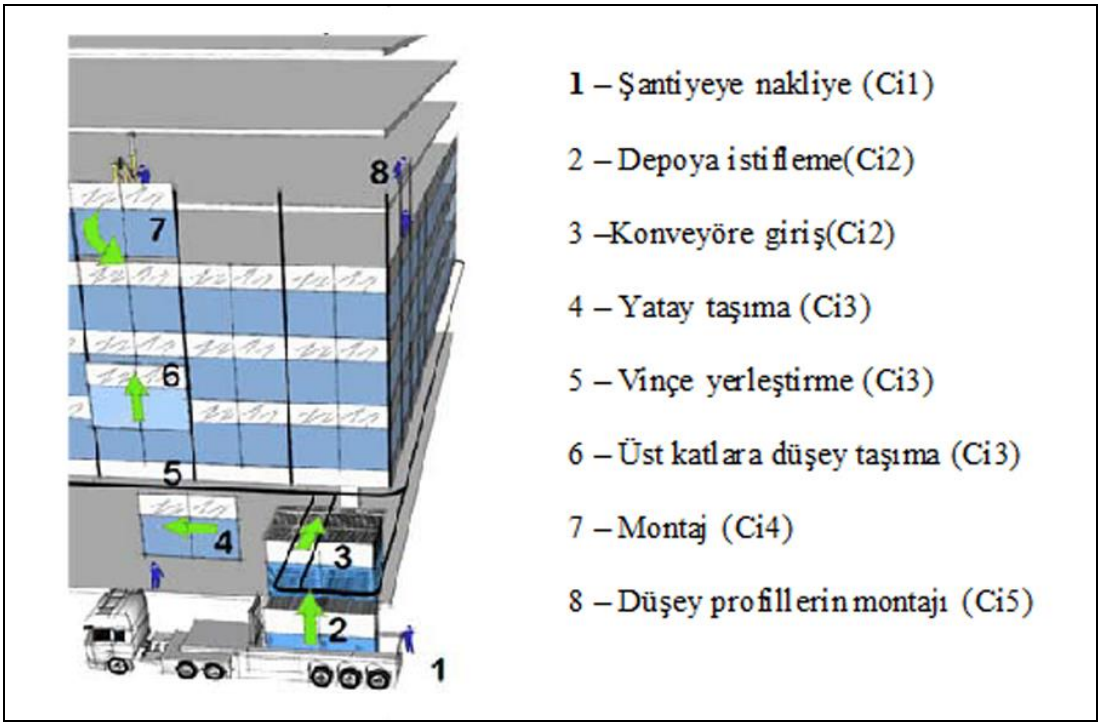


Şekil 3.72. Trump World Tower.

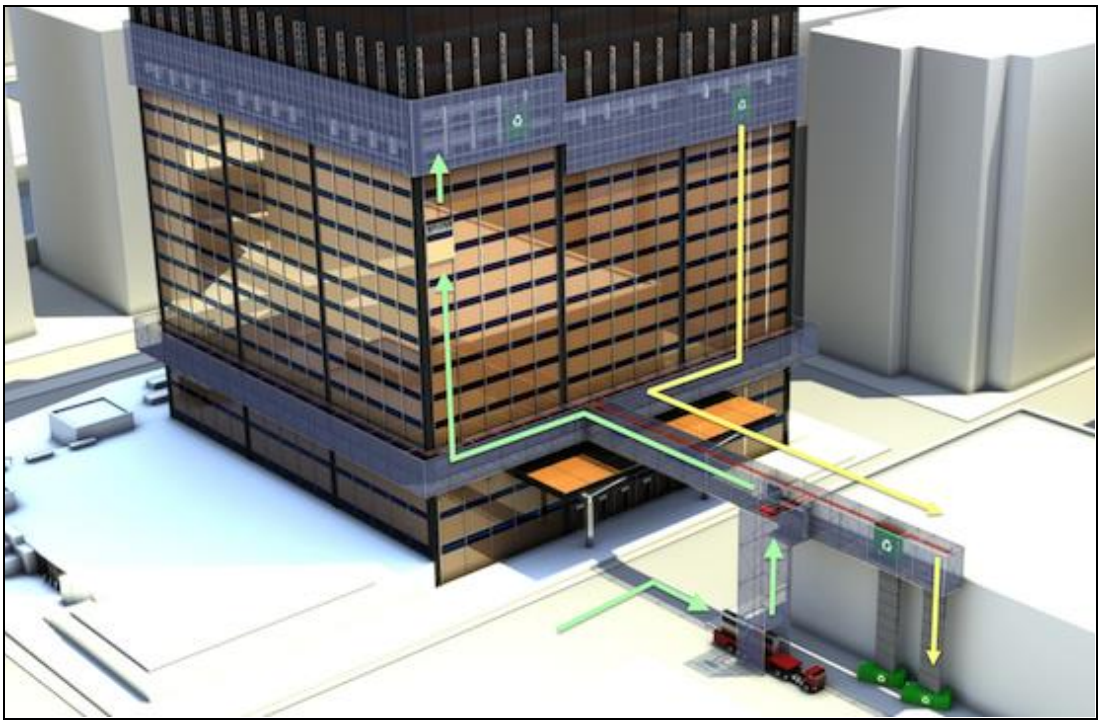
3.5.3.3 Entegre Yöntemi

Entegre yöntemde düşey ve yatay taşımalar *parça kontrollü taşıma* (Şekil 3.73'deki yeşil oklar) olarak sınıflandırılabilir. Taşımalar tamamen kontrollü olarak yapılmaktadır. Sistem tamamen kontrollü olduğu için diğer sistemlere göre daha büyük cephe panelleri kullanılabilir. Bu sistemde montaj süresi diğer sistemlere göre daha az olduğu için maliyet açısından avantajlıdır. İşçilik azaldığı için taşıma esnasında oluşacak iş kazaları ve maddi hasarlar en alt seviyede gerçekleşir ve cephe montajı daha kaliteli yapılabilmektedir (Şekil 3.74).

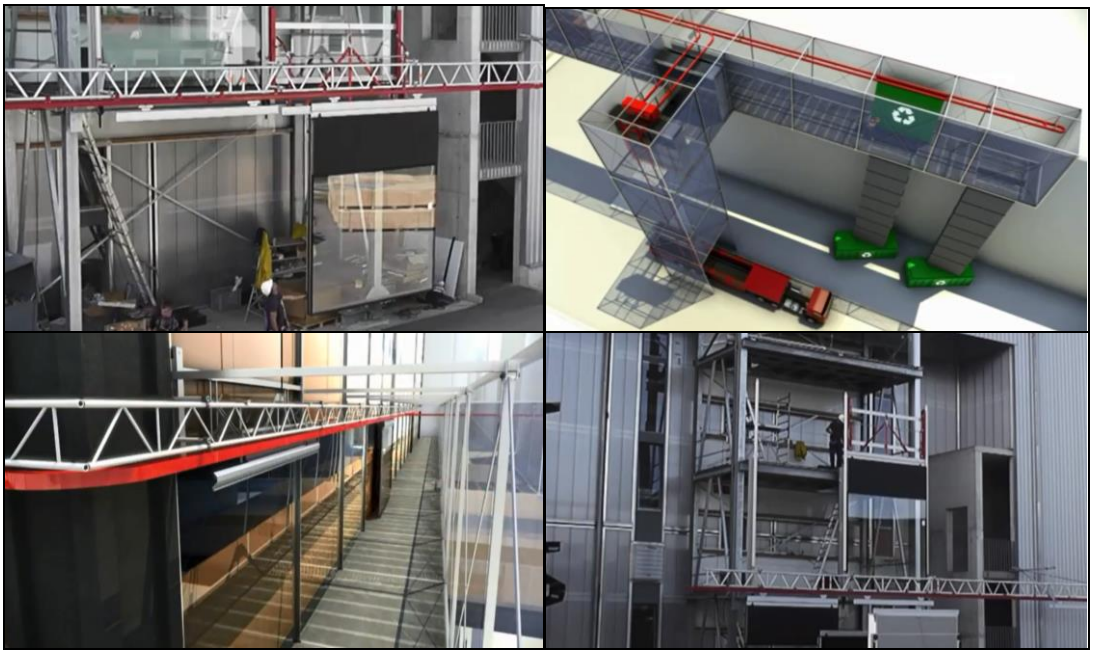
Önüretimli cephe panelleri fabrikadan şantiyeye tırlarla nakledilir ve araçtan indirilerek depoya istiflenir. Konveyöre takılan cephe panelleri bina çevresinde yatay taşıma yapılarak raylı düşey sisteme (asansör) yerleştirilir (Şekil 3.75). Raylı sisteme (asansör) ile cephe panellerinin montaj edileceği kata düşey olarak taşınır ve montaj yapılarak süreç tamamlanır (Şekil 3.76).



Şekil 3.73. Entegre sistemi montaj aşamaları (URL-22).



Şekil 3.74. Entegre sistemi genel iş akış şeması (URL-23).

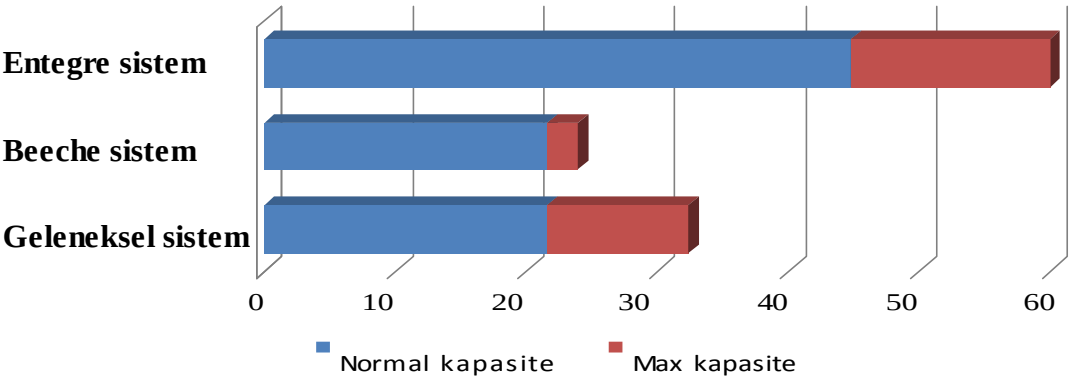


Şekil 3.75. Entegre sistemi katlara düşey taşıma (URL-23).



Şekil 3.76. Entegre sistemi montaj aşamaları (URL-23).

Entegre sistemde cephe taşıma kapasitesi diğer sistemlere göre yaklaşık iki kat daha fazla olmaktadır (Şekil 3.77).



Şekil 3.77. Kapasite/Kamyon yükü (Cephe uzunluğu/m) (URL-22).

Cephe uygulama yöntemlerini karşılaştırıldığında entegre sistemin diğer sistemlerden rüzgara karşı davranışı, geniş cephe panelleri ve malzeme akış yönünden daha avantajlı olduğu görülmektedir (Çizelge 3.8).

Çizelge. 3.8. Cephe uygulama yöntemlerinin kıyaslama tablosu (URL-22).

Uyumlu değil + Az uyumlu ++ İyi Uyumlu **Avantaj alanı**	**Geleneksel sistem**					**Beeche Sistem**					**Entegre Sistem**				
	(Ci1) Malzeme İkmali	(Ci2) Malzeme depolama	(Ci3) Düşey Taşıma	(C_{i4}) Kat içi En Az Faaliyet	(Ci5) Montaj	(Ci1) Malzeme İkmali	(Ci2) Malzeme depolama	(Ci3) Düşey Taşıma	(C_{i4}) Kat içi En Az Faaliyet	Ci5) Montaj	(Ci1) Malzeme İkmali	(Ci2) Malzeme depolama	(Ci3) Düşey Taşıma	(C_{i4}) Kat içi En Az Faaliyet	Ci5) Montaj
Ayrıştırma	++					++	++	++	+	++	++	++	++	+	++
Malzeme akış kontrolü	++				+	++	++	+	+	++	++	++	++	+	++
Geniş cephe elemanları	++	+	+		+	++	+	+	+	+	++	++	++	++	++
Düşük rüzgar hassasiyeti	++	+		+	+	++	++	+		+	++	++	++	++	++

3.5.3.4. Robotik Yöntemler

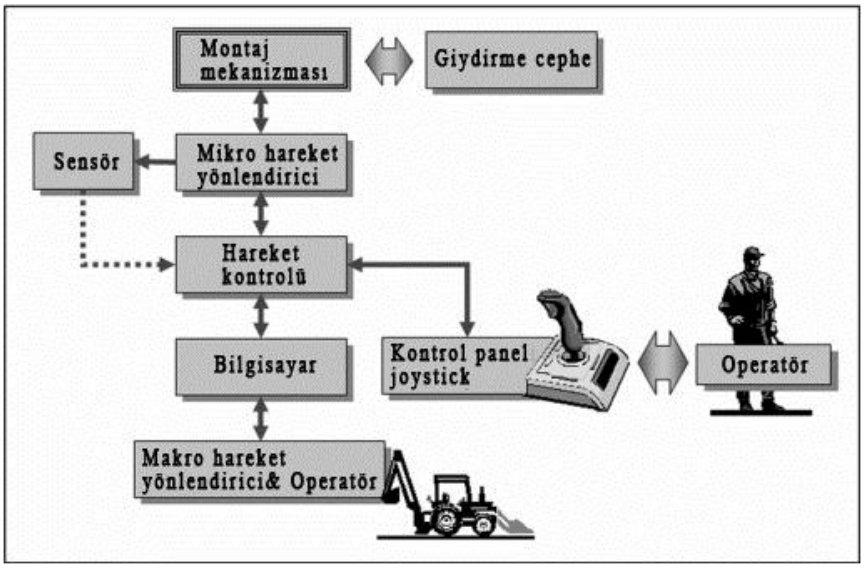
Robot mini ekskavatör yardımıyla giydirme cephe panellerinin kat içinde transferi ve cepheye montajı söz konusu olup, bu yöntem ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

Robotik yöntemde cephe panellerinin montajının yapılacağı kata kule vinç veya asansör ile taşınan paneller tamamen operatör kontrolünde mini ekskavatör ile alınarak kat içinde montaj yapılacak yere yatay taşıma yapılarak montaja hazır hale getirilerek süreç tamamlanır (Şekil 3.78).



Şekil 3.78. Robot ekskavatör yardımıyla giydirme cephe panellerinin kat içinde transferi ve cepheye montaj aşamaları.

Robotik yöntem cephe panelleri montaj kontrolü bir operatörün kontrolünde kontrol paneli yardımıyla otomatik olarak yapılmaktadır (Şekil 3.79).



Şekil 3.79. Robot ekskavatör yardımıyla giydirme cephe montaj kontrol şeması.

3.6. ŞANTİYE ORGANİZASYONU VE YAPIM AŞAMALARI

3.6.1 Şantiye Tanımı

Şantiye, bir yapıyı proje ve şartnamesine uygun, ekonomik, güvenli ve planlanan zamanda oluşturmak üzere o yapıya ait makine, malzeme ve insan gücü arasındaki optimum dengenin sağlanması amacıyla proje ünitelerinin inşa edildiği yerlere denir.

Şantiyenin yer seçimi, büyüklüğü, kapsadığı tesislerle şantiye araç ve gereçler listesi, projenin tipi, büyüklüğü ve yerel koşullara göre her projede değişiklik gösterebilir.

Bir şantiyenin kurulma amacı, bir imalatın en kısa zamanda ve en az malzeme, işçilik ve enerji kaybı ile inşa edilmesidir. Şantiye dolaşım, taşıma ve depolama sorunlarını en aza indirilecek şekilde planlanmalıdır. Bu suretle gerek araç ve gerekse malzemelerin yerleri, işin metotlu bir şekilde yürütülmesi için imalatın gerektirdiği sıraya göre düzenlenmelidir.

3.6.2 Şantiye Kurulumu ve Yerleşim Planı

3.6.2.1 Şantiye Planlaması

Kaynakların etkin kullanımı için mevcut malzeme, makine ve teçhizat, işgücü gibi kaynakların yerleşimin en iyi şekilde düzenlenmesi, şantiyeyi oluşturan tesisler arasındaki ulaşım gereksiminin en az maliyetli çözülmesi gerekmektedir. Yüksek yapıların şantiye yerleşiminde, inşaat süresince gerekli kalıcı ve geçici tesis yerleri, şekil ve büyüklüklerine uygun olarak belirlenmelidir.

Şantiyede yapılan çalışmaların çeşit ve özelliklerine göre yer alması gereken her türlü tesis bulunmalıdır. Yönetim binaları, depolar, atölyeler, servis yolları, laboratuvarlar, yardımcı tesisler v.b. yerler bu çalışma düzenine göre yapılır. İçinde yaşanılan yer olarak çalışanların gereksinimlerini karşılayacak sosyal ve sıhhi tesisler, konaklama ve işletmeler de bulunmalıdır. Bu tip tesislerin büyüklüğü çalışan işçi sayısına ve bölge koşullarına göre değişmektedir. Bu tip yapılardan bir kısmı, proje işletmeye devredildiğinde işletmeye ait yapılar içinde yer alacak, bir kısmı ise inşaatın sona ermesiyle sökülecektir.

Şantiye planlamasının aşamaları:

- İhtiyaçların belirlenmesi ve ihtiyaç programının yapılması,
- Çevre olanaklarının tespiti,
- Yer seçimi,
- Kapasite, kalite, konfor verilerinin tespiti,
- Yapı sisteminin seçilmesi,
- Projelendirme,
- Maliyet-yarar irdelemeleri.

Şantiye tesisleri için inşaat alanında uygun yer olmayabilir. Bazen uygun yer olmasına rağmen yapı alanı yakınında çok daha avantajlı olanaklar bulunabilir. Bu nedenlerle çevrenin yapı ve altyapı olanaklarının baştan araştırılmasında yarar vardır.

Şantiye tesisleri için yeterli alan bulunmayan durumlarda komşu veya yakın yerlerdeki uygun olanaklardan yararlanma olasılıkları araştırılır.

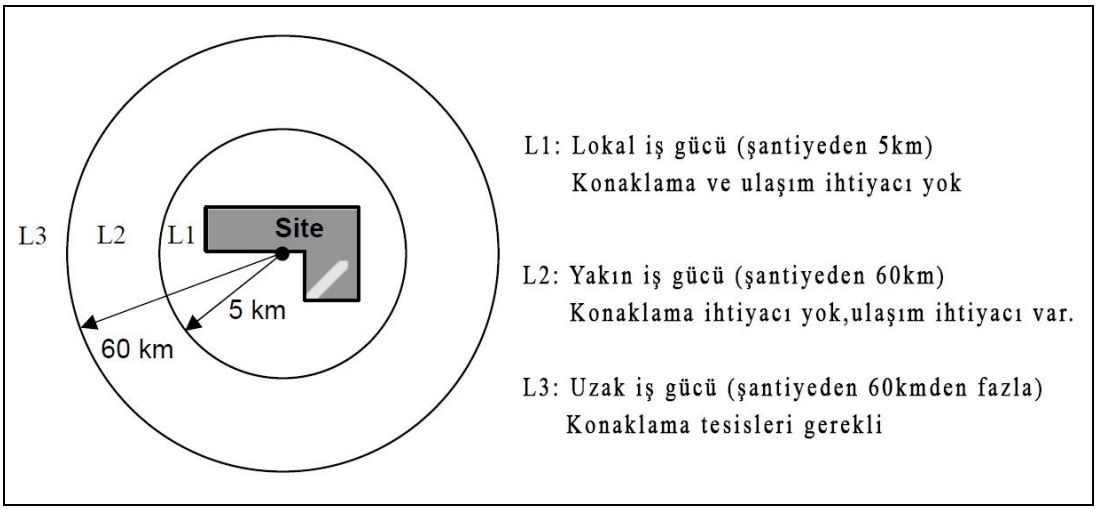
Ayrıca 2-3 katlı prefabrike şantiye yapıları kullanılması irdelenir. Yer seçimi sırasında dikkat edilmesi gereken bir husus da, seçilecek yerin ileride inşaatı engellememesidir.

Şantiyede yer alacak birimlerden hangisinin nereye konulacağını gösteren durum planına şantiye projesi (şantiye yerleşim projesi) denilir.

Bir inşaata başlanmadan önce mutlaka bir şantiye yerleşimi yapılmalıdır. Tekniğine uygun şantiye yerleşimi de iyi düşünülmüş, araştırılmış, her yönüyle etüt edilmiş ve uygulamaya konmuş bir şantiye projesiyle mümkün olmaktadır.

Şantiye projesi hazırlanırken, aşağıda belirtilen konular ayrı ayrı değerlendirilmelidir;

- Şantiye binalarının yerlerinin tespiti ve yağış sularının dışarı atmak için yapılacak drenaj planının hazırlanabilmesi için şantiyenin yapılacağı yer görülmeli, çevresi hakkında bilgi alınmalı ve gerekli görülürse o yerin topografik haritası çıkarılmalıdır.
- Şantiye yapılacak gerçek depoların büyüklük ve sayılarını tespit ede bilmek için, yapının çeşidi esas alınarak, fazla kullanılacak ve depolanması gerekecek gereçlerin miktarları, ne tip bir depoya ihtiyaç gösterecekleri tespit edilmelidir.
- Şantiyede kullanılacak iş makinelerinin çeşidi ve sayıları tespit edilmelidir.
- Yapılacak işin büyüklüğü dikkate alınarak, günde ortalama kaç işçi ve teknik elemanın şantiyede çalışacağı, bunlardan kaçının şantiyede yatacağı tespit edilmelidir (Şekil 3.80).
- Şantiyenin dış yollara olan mesafesi ve bu yolların özellikleri bilinmelidir. Şantiyeye sevk edilecek gereç ve araçların hangi yollardan yapılacağı, bunlardan (kara, deniz, demir yolu, olmak üzere) her ikisi veya üçü söz konusu ise ekonomik olanı araştırılmalıdır.
- Detaylı hazırlanmış bir şantiye projesi hem şantiyenin kurulma süresini kısaltır hem de yerleşimin rastgele yapılarak çeşitli aksaklıkların doğmasını engeller.



Şekil 3.80. Şantiye konaklama ve ulaşım şeması (*Elbeltagi*, Hegazy, 2001).

Tüm geçici tesisler ve araçları kapsayan iyi planlanmış şantiye yerleşimi;

- Verimliliğin ve güvenliğin arttırılmasını,
- Geçici inşaat için gerekli alanın azaltılmasını,
- En üst düzeyde kullanımı sağlar.

İyi bir şantiye planlamasında aşağıdaki unsurları bulunmalıdır (*Elbeltagi*, Hegazy, 2001).

- Emniyet: Şantiye yangın güvenliği, sağlık hizmetleri ve güvenlik kıyafetleri ve ekipmanlarını içermektedir.
- Şantiye ulaşımı: Şantiyeye kolay ulaşım hem zamandan tasarruf edilmesini hem de kaza risklerini azaltır.
- Bilgi levhaları: Şantiye yapı hakkında genel bilgi levhasını, trafik düzenleme işretlerini, güvenlik için uyarı levhalarını ve acil durum kaçış yolları levhalarını içermelidir.
- Şantiye güvenliği: Şantiye giriş çıkış kontrol için güvenlik kulübesi, kesintisiz şantiye aydınlatması için jeneratör ve şantiye sahasını çevreleyen çit v.b içermelidir.
- Ofisler: Birbirine yakın ve güvenli bir alana konumlandırılmış, proje yönetim ofisleri, yüklenici ve alt yüklenici ofisleri içermelidir.
- Su temini ve kanalizasyon: Şantiye çalışanlarının kolay erişebileceği uygun yerlerde su ve tuvalet tesisleri olması gerekir.

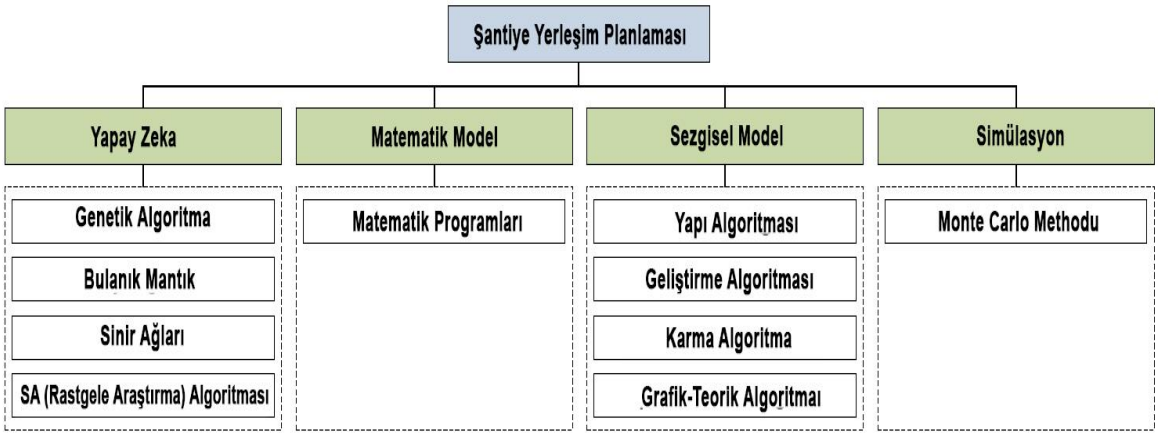
- Malzeme taşıma. Şantiyedeki tüm inşaat faaliyetlerin üçte biri elle taşıma olarak sınıflandırılabilir. Uygun ekipman ve iyi bir planlama ile elle taşıma işi azaltılarak zamandan ve maliyetten tasarruf edilebilir.
- Depolama ve Şantiye Temizliği. Depo ve rezerv depo alanlarının iyi planlaması şantiye içi gereksiz malzeme hareketini engeller. Kısa veya uzun süreli malzeme veya ekipmanlar için ayrılmış açık depolama alanları, korumalı depolama alanları, malzeme hazırlama alanları ve site temizliğini içermelidir.
- Değişim alanları. Kısa süreli çalışanların kıyafet değişimi ve ekipmanları için korunaklı alanları içermelidir.
- Laboratuvar ve atölyeler. Şantiyede kullanılan malzemelerin (beton) test edildiği laboratuvarları ve ahşap, mekanik, elektrik atölyelerini içermelidir.

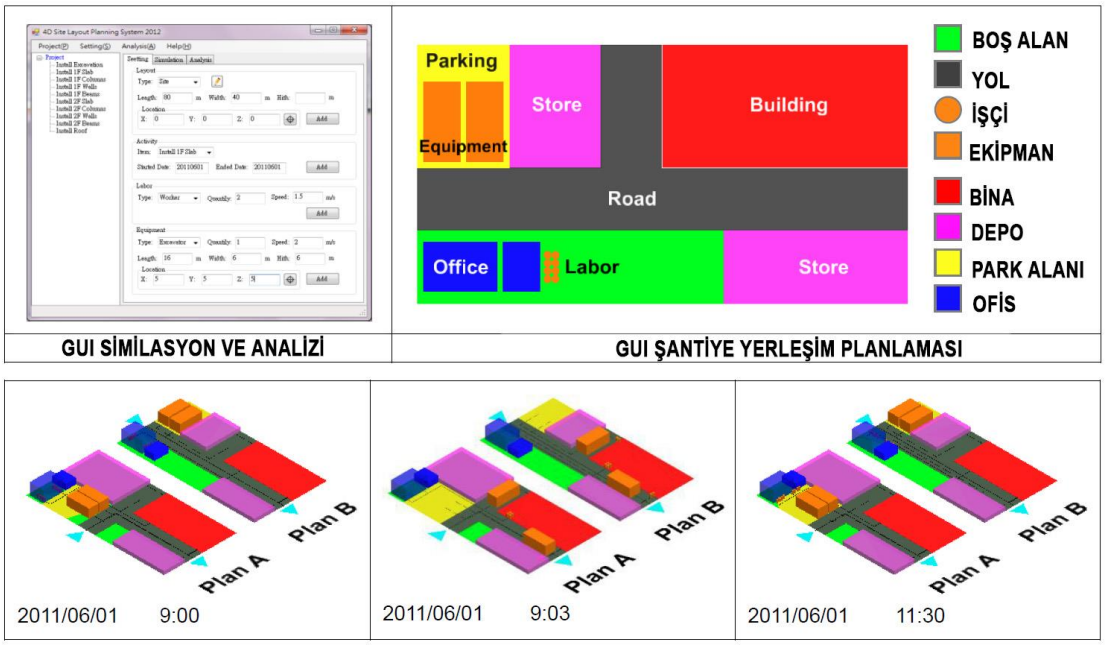
3.6.2.2 Şantiye Yerleşim Planı

Yapım işlerinin iş programına uygun ve en az maliyetle gerçekleştirilmesi için şantiye yerleşim planlaması bilgisayar destekli programlar ve yöntemler kullanılarak tasarlanmaktadır (Çizelge 3.9). Bu yöntemler sayesinde şantiye içi faaliyetleri optimizasyonu sağlanarak işçilik ve malzeme maliyetinden önemli ölçüde tasarruf edilmektedir.

Şekil 3.81'de bilgisayar destekli dört boyutlu şantiye yerleşim planlaması örneğinde günün değişik saatlerinde şantiye içi ulaşımın farklı konumları gösterilmiştir.

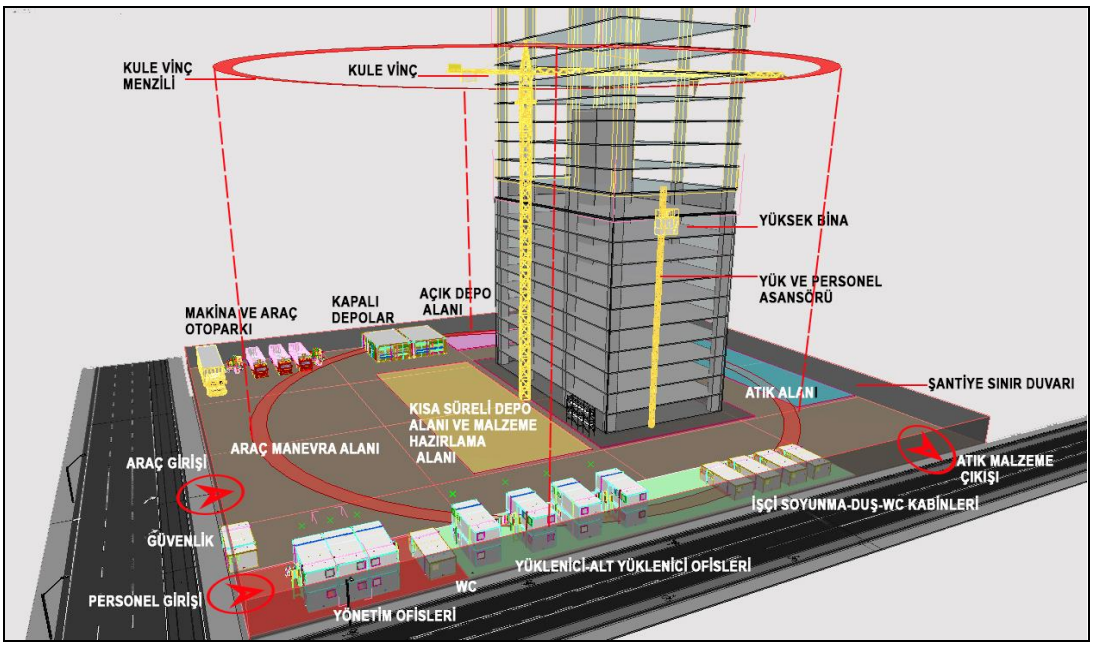
Çizelge 3.9. Şantiye yerleşim planlaması için en çok kullanılan optimizasyon algoritmaları (He, K.Y, Wu I.C 2012).





Şekil 3.81. Dört Boyutlu şantiye yerleşim planlaması (He, K.Y, Wu I.C, 2012).

Şekil 3.82'de şehir içi yüksek bir binanın yerleşim plan örneği üç boyutlu olarak gösterilmiştir. Şantiyede yeterli alanların bulunmadığı durumlarda bazı üniteler bina içinde veya binaya yakın bir bölgede konumlandırılabilir. Her yüksek binanın yerleşimi planı, arazinin konumu ve alanının büyüklüğü nedeniyle farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 3.82. Yüksek yapı şantiye yerleşim örneği (Gülakan, 2013).

3.6.3 Vinçler ve İnşaat Asansörleri

3.6.3.1 Kule Vinçler

Kule vinçler özellikle yüksek yapı inşaatlarında kullanılan, ağır inşaat ekipman ve malzemelerinin yatayda ve düşeyde taşınmasını sağlayan iş makinalarıdır.

Günümüz inşaat teknolojisinde projelerin planlanan zamanda hayata geçirilmesi, önemli ölçüde kullanılacak olan kule vinçlerin doğru seçilmesi ve doğru noktalara yerleştirilmesi ile mümkündür. Bir projede kullanılacak olan vinç veya vinçlerin verimli ve sağlıklı olarak çalışması için projenin başlangıç aşamasında, uygun kapasitede, uygun serbest boy ve kol uzunluğunda seçildikten sonra projede yerinin belirlenmesi, inşaatın ilerlemesine bağlı olarak yer değiştirmesi (deplasman) veya yapıya bağlanarak yükseltilmesi ve proje bitiminde sökülmesi planlanmalıdır.

Vinçler yerleşim tiplerine göre:

- Paletli kule vinç
- Raylı kule vinç
- Sabit kule vinç

Yerleşim durumlarına göre vinçler aşağıdaki modelleri içermektedir:

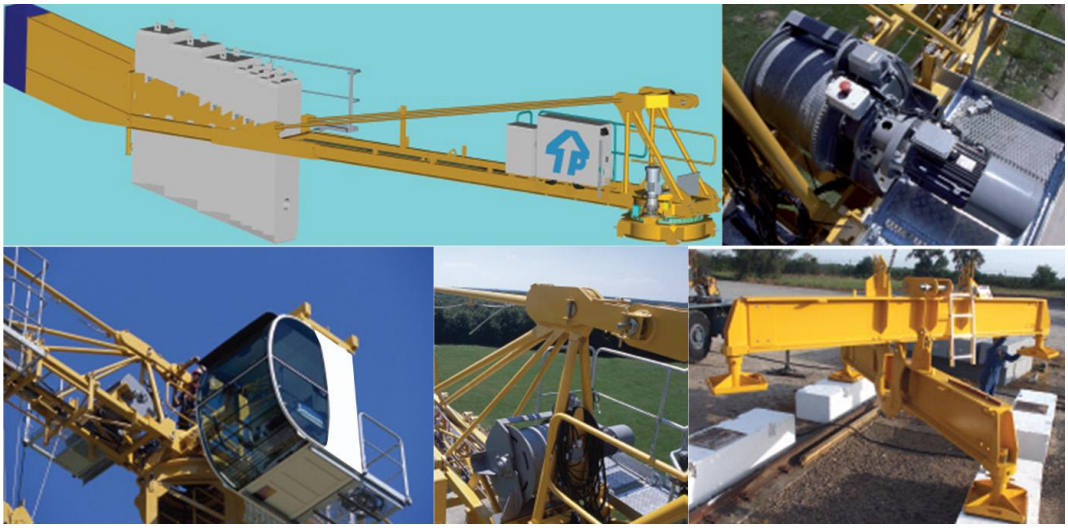
- l. Bomlu hareketli aryosuz vinçler
- 2.Yukarıdan dönen vinçler (Top slewing)
- 3.Aşağıdan dönen vinçler (Bottom slewing)
- 4.Kendini kurabilen vinçler (Self erecting)
- 5.Tırmanır vinçler (Climbing)

Kule Vinç Bölümleri

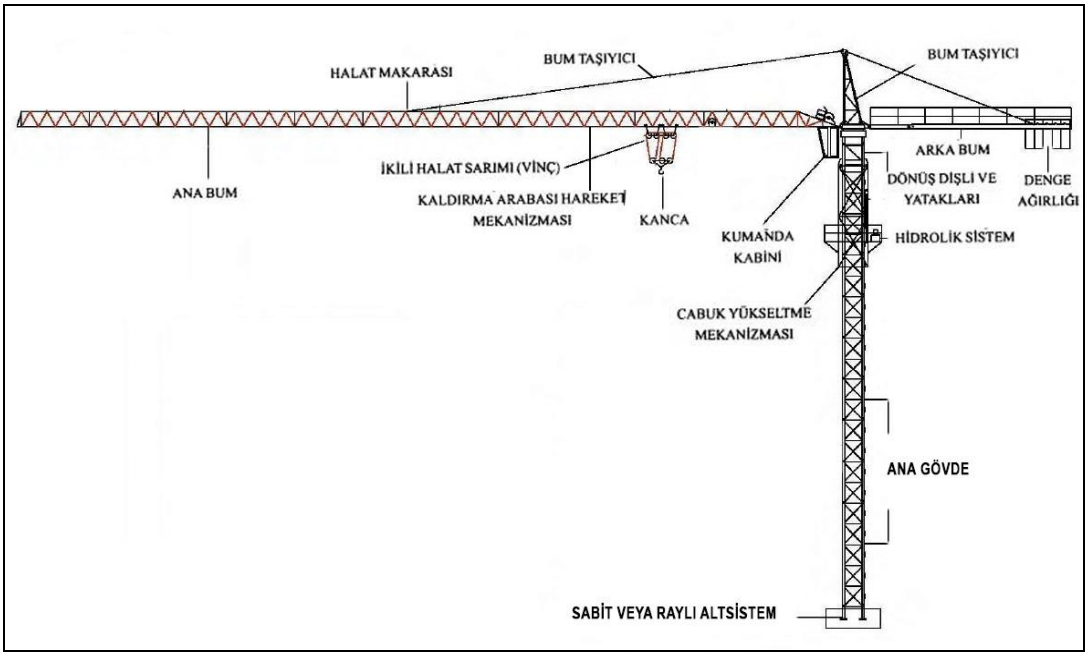
Tüm kule vinçler benzer bölümleri içerir (Şekil 3.83), (Şekil 3.84) .

- Vinç kulesini sabitleyen beton yastıklar,
- Kuleye yükseklik kazandıran çelik kafes yapı,
- Kulenin üstüne bağlı döndürme mekanizması,

- Kule vinç kolu; bu bölüm üç kısımdan oluşur. Bunlar; yükü taşıyan uzun yatay vinç kolu ve bu kol boyunca hareket eden araba, karşı ağırlıkları, motoru ve diğer elektronik ekipmanları içeren daha kısa yatay karşı kol ve operatör kabinidir,
- Bir kule vinci devrilmeden ayakta tutmak için vinç gelmeden birkaç hafta önce dökülen beton bir temele ihtiyaç vardır. Kule vinç bu temele gömülü büyük kamalar ile sabitlenir.



Şekil 3.83. Kule vinci oluşturan elemanlar (URL-25).



Şekil 3.84. Kule vinci oluşturan elemanlar.

Kule Vinç Montajı

Kule vincin parçaları konteynerlerle 10-12 aşamada getirilir. Çelik kafesin ilk parçası temele sabitlenir. Mobil bir vinç kullanılarak diğer parçalar montaj edilir. Kule vinç kolunun montajı yapılır ve karşı ağırlıklar eklenir. Yükselen kule üzerine bu vinç kolu yerleştirilir. Söküm sürecinde ise bu işlem tersine yapılır.

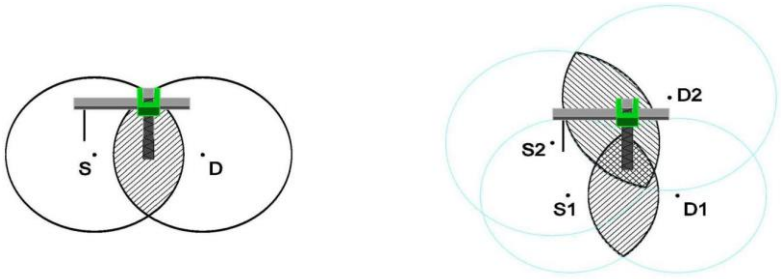
Taşıma Kapasitesi

Kule vinçler, 18 tona kadar yükü 70 metre yüksekliğe kaldırabilme kapasitesine sahip olabilirler. Yük kolu ucuna doğru taşıyabileceği yük kapasitesi azalır. Bu yük kapasitesi kule yüksekliğine de bağlıdır. Kule vinç operatörü vincin kapasitesinin üstünde yüklenip yüklenmediğini maksimum deplasmanı ve dönme miktarını kontrol etmelidir.

Kule Vinç Yerleşimi

Kule vinçlerin özelliklerine göre şantiye alanındaki adedini ve yerini belirlemek için bilgisayar destekli optimizasyon programları kullanılmaktadır (Şekil 3.85). Optimizasyon süreci beş temel adımdan oluşmaktadır (Irizarry J, Karan E, 2012):

- Kule vinçlerin geometrik yerleşiminin maksimum yükleme ve boşaltma değerine göre belirlenmesi, uygun kule tipinin seçilmesi,
- Kule vinç yeri için uygun alanların oluşturulması,
- Yakınlık ilişkilerine dayalı işlerin ayrı sınıflara gruplandırılması,
- En az sayıda kule vinçin belirlenmesi,
- Kule vinç ve diğer tesisler arasındaki potansiyel çakışmaları en aza indirmek için kule vinç konumunu optimize edilmesi, maksimum kapasitesi her zaman en kısa vinç çalışma yarıçapı ile elde edilir (Zhang P, vd, 2001).

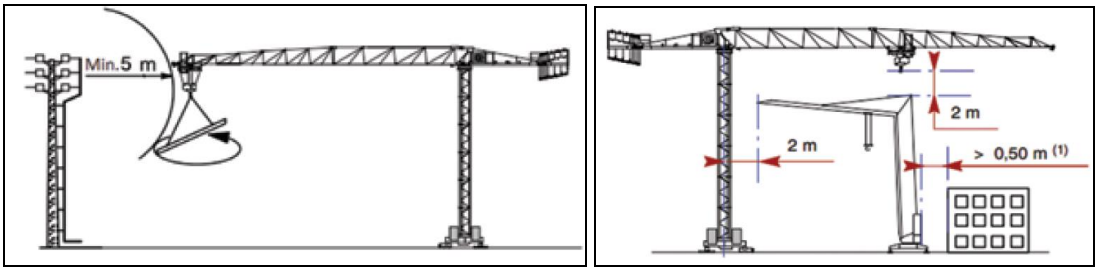


Şekil 3.85. Kule vinç yerleşim planlaması (URL-26).

Kule Vinç Kurulumu

Kule vinçlerin kurulumunda aşağıda belirtilen konulara dikkat edilmelidir (Ata,2013):

- Kurulacak olan vincin özellikleri yapılacak olan projeye uygun olmalıdır.
- Vincin dış gabarilerinin enerji nakil hatlarına yaklaşım mesafesi hattın kapasitesine bağlı olarak minimum 5 metre olmalıdır (Şekil 3.86).
- Vincin dış gabari ölçülerinin çevre faktörlerden en az 2 metre emniyet payı bırakılmış olmalıdır (Şekil 3.86).
- Kule vincin kurulacağı altyapısı kataloğunda verilen değerlere uygun yapılmış olmalıdır. Yaşanan kazaların çoğu altyapı uygunsuzluğundan kaynaklanmaktadır.
- Rüzgar hızının 45-50 km/saat olması durumlarında kurulum ve söküm işlemlerinin, 25-30 km/saat olması durumlarında yükseltme ve alçaltma işlemlerinin durdurulması gerekmektedir.
- Kule vincin kurulumundan sonra emniyet sistemlerinin çalışır hale getirilmesi gerekmektedir.
- Moment ve yük testlerinin muhakkak elektronik kantar ile yapılmış olması gerekmektedir.
- Kurulumundan sonra tepe ikaz çakar lambası çalışıyor olmalıdır.
- Mekanik, elektrik ve elektronik sistemlerin sağlıklı çalıyor olmalıdır
- Elektrik tesisatının topraklamasının muhakkak yapılmış olması gerekmektedir.
- Kule vincin mesai bitimlerinde serbest dönüşe bırakılmaları zorunlu olduğundan rüzgâr freni açma sistemi sağlıklı çalışıyor olmalıdır.
- Kule vincin periyodik bakımları düzenli olarak yapılmış olmalıdır.



Şekil 3.86. Kule vinç mesafe planlaması (Ata,2013).

Tipik bir kule vincin erişebileceği üst düzey özellikler;

- Maximum desteksiz yükseklik: 80 metre
- Kule vinç binadan desteklenerek bina yüksekliği kadar yüksekliğe erişebilir.
- Maximum uzunluk (Menzil) : 70 metre
- Maximum kaldırma gücü: 19.8 ton
- Karşıt ağırlık: 20 ton

3.6.3.2 İnşaat Asansörleri

Personel Asansörleri

Personel taşıyan asansörler yüksek binaların dış cephesine monte edilerek kurulurlar (Şekil 3.87). Standart asansör hızı dakikada 30-40 metre arasında değişmektedir. Asansör hızı istenildiği takdirde daha güçlü motorlar kullanılarak dakikada 55-90 metreye çıkarılabilir.



Şekil 3.87. Personel ve yük asansörleri görünümleri (URL-27).

Malzeme Asansörleri

Malzeme taşıyan asansörler yüksek binaların dış cephesine monte edilerek kurulurlar (Şekil 3.90). Standart asansör hızı dakikada 30 metredir. Yük taşıma kapasitesi 500 ile 2000 kg arası değişmektedir.



Şekil 3.88. Malzeme asansörleri görünümleri (URL-27).

3.6.4 Kalıp ve İskele Sistemleri

Kalıp, betonarme yapı elemanlarına (kolon, perde, döşeme, kiriş vs) şekil veren ve beton istenen mukavemete (taşıma gücüne) erişinceye kadar bu şekli emniyet ile taşıyan yapı malzemesinin genel adıdır.

Yüksek binaların yapım teknolojilerinde modern kalıp kullanımı önem kazanmıştır. Uygulanan kalıp teknolojisine göre yapım sürelerin de geçmişe oranla oldukça büyük farklar gözükmektedir.

3.6.4.1.Kalıp Sistemleri

Kalıplar, yapım yöntem ve tekniklerine, yapıldıkları malzemelere, taşınma özelliklerine ve boyutlarına göre farklı şekillerde sınıflara ayrılabilirler.

Yapım yöntem ve tekniklerine göre kalıp sistemleri; geleneksel ve modern kalıp sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

Yüksek binaların yapımında modern kalıp sistemlerinin kullanımı, geleneksel sistemlere göre daha avantajlı ve kullanımının daha yaygın olması nedeniyle bu tez kapsamında daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

Modern Kalıp Sistemleri

Standart kalıp yüzeyi ve yardımcı elemanlar bir kalıp elemanı seklinde birleştirilebilecek özellikte önceden fabrikalarda imal edilirler. Bunlar bir araya getirilerek daha geniş yüzeyli kalıplar elde edilebilir. Böyle bir sistem panolar, dikmeler, birleşim elemanları, germe parçaları ve diğer yardımcı elemanlar uygun olarak önceden monte edilebilir (Altan M. 1992).

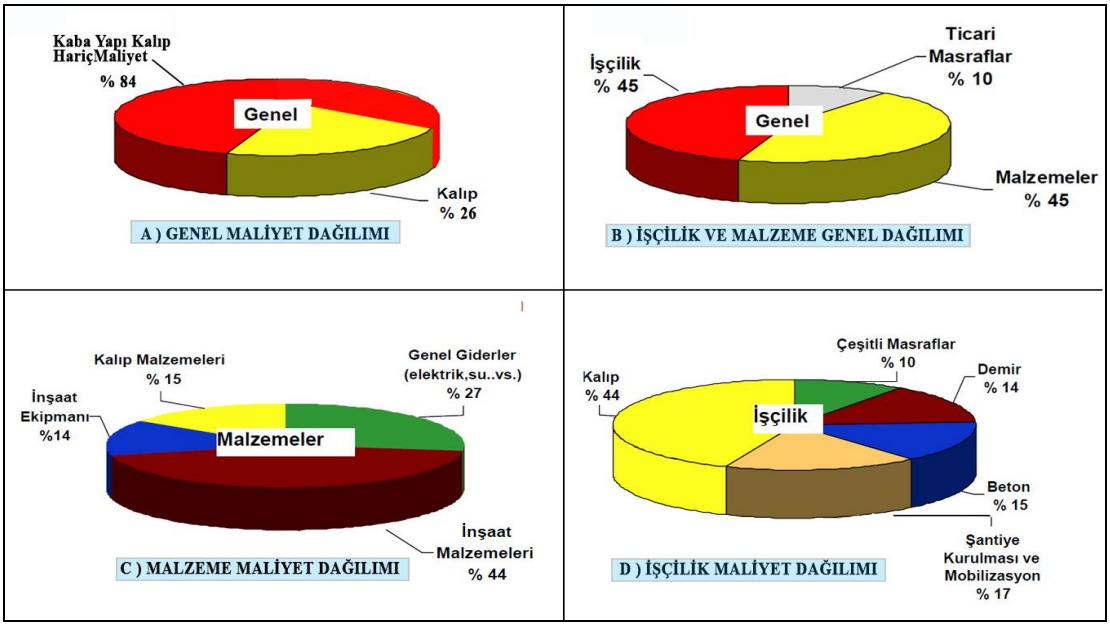
Modern kalıp sistemlerinin ilk yatırım maliyeti, geleneksel kalıp sistemlerinden daha yüksek olmasına rağmen kalıbın kullanım sayısı, geleneksel yöntemden 40-50 kat daha fazladır. Şantiyede kesme biçme gibi ekstra işlemler çıkartmamak için çeşitli kalıp sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler en az kalıp maliyetiyle, en fazla kullanım yerini ve sayısını hedeflemektedir (Benli N. 2005).

Modern kalıp sistemi üreten her firmanın geliştirdiği farklı kalıp sistemleri vardır. Şantiyenin yeri, olanakları ve iş programı göz önüne alınarak, bu şirketlerde çalışan mühendisler tarafından uygun sistem, CAD tabanlı programlar veya firmaların kendisine ait kalıp tasarım programlarında çalışılarak ortaya konulmaktadır (Şekil 3.89).



Şekil 3.89. Kalıp tasarım programları (URL-28).

Yüksek yapılarda kalıp maliyeti, kaba yapı maliyetinin yaklaşık %26'sını oluşturmaktadır. Kaba yapı genel maliyet dağılımında, işçilik maliyeti %45, malzeme maliyeti % 45 ve diğer maliyetler ise %10 civarında yer kaplamaktadır. Malzeme maliyet dağılımında, kalıp elemanlarının payı %15, işçilik maliyet dağılımında ise kalıp işçiliğinin payı %44 civarındadır (Şekil 3.90), (URL-29).



Şekil 3.90. Kalıpların yapı maliyetine etkisi. A) Yapının genel maliyet dağılımı, B) İşçilik ve malzeme genel dağılımı, C) Malzeme maliyet dağılımı, D) İşçilik maliyet dağılımı (URL-29).

İyi bir kalıbın özellikleri şunlardır:

- Kullanılabilirlik sayısı fazla olmalı,
- Sağlam olmalı (içine beton döküp sıkıştırıldığında patlamamalı),
- Kısa sürede yapılabilmeli, az parça ile kurulabilmeli, parçalar arası birleşim elemanları zaman kaybına yol açmamalıdır,
- Kalıp panellerinin ağırlığı vinç kapasitesini aşmamalıdır,
- Kolay sökülebilmeli, basit detaylarla çözülebilmeli, kullanımı kolay ve anlaşılır olmalıdır,
- Malzeme kaybı az olmalıdır,
- Temiz, ölçülerine uygun ve sızdırmasız olmalı ve betonlamadan sonra yüzey düzeltmesi gerektirmemelidir.

Modern kalıp sistemleri de dört sınıfa ayrılır:

- Takılır sökülür kalıplar:
    - Düşey yapı elemanları: Perde ve kolon
    - Yatay yapı elemanları: Kiriş ve döşeme kalıpları
- Tünel kalıplar
- Kayar kalıplar
- Tırmanır kalıplar

Takılır-Sökülür Kalıplar

Bu tür kalıplar geleneksel kalıpların geliştirilmiş halidir. Eleman sayısını azaltmak için tipleştirmeye ve elemanların birbiriyle maksimum uyum sağlanmaya çalışılmaktadır. Takılır sökülür kalıplar, yapı bileşenlerinin yapılacağı noktada birleştirilip, beton dökülüp, beton prizini aldıktan sonra sökülüp; yeni elemanlar için başka bir yerde yeniden monte edilen kalıplardır. Takılır sökülür kalıplar, yapı elemanlarının yapımında kullanıldığı yerlere göre ikiye ayrılırlar. (Öztürk N,1988)

Düşey yapı elemanlarının yapımında kullanılan kalıp sistemleri;

- Perde kalıpları,
- Kolon kalıpları.

Yatay yapı elemanlarının yapımında kullanılan kalıp sistemleri;

- Kiriş kalıpları,
- Döşeme kalıpları olmak üzere çeşitlenmektedir.

Döşeme ve perde-kolon kalıbı sistemleri ayrıca "vinç" ile kullanılan sistemler ve "vinçsiz /vinçten bağımsız" sistemler olarak da kendi içlerinde ikiye ayrılır (www.peri.com.tr).

Vinç desteği olmayan şantiyelerde kalıp yapılırken parçaların tümüyle insan gücü ile taşınması gerektiğinden sistem elemanları taşınabilir boyut ve ağırlıkta olmalıdır. Bu durumda en az sayıda ve hafif parça kullanılması gerekmektedir.

Vinç kullanılan şantiyelerde ise kalıplar panel veya masa halinde modüllerden teşkil edilir. Vinç kapasitesini aşmayan boyut ve ağırlıkta mümkün olduğu oranda standardize edilmiş modüllerin planlanması gerekmektedir.

Perde Kalıpları

Perdelerin kalıplanmasında kullanılacak malzeme ve kalıp taşıyıcılarını etkileyen faktörler, perdenin yüksekliği, eni, uzunluğu, kesit sekli, istinat duvarlarında perde eğimi, köselerin yapılması ve perdelerin tek veya çift taraflı olmasıdır (Şekil 3.91), (Kürklü G. Akbulut H. 2004).

Kalıp elemanları iki levhadan ve mesafe ayarlayıcılardan oluşurlar. Düşey elamanlarda yapılacak olan ekler, düşeyde boydan boya olmalıdır yoksa taze betonun yanlara yaptığı hidrostatik basınç yüzünden elemanlarda deformasyonlar görülür. Perde kalıpları 3 grupta incelenebilir (Benli N. 2005):

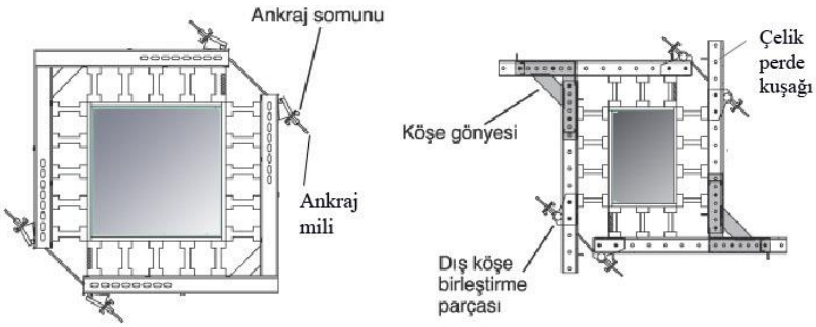
- Çerçeve kalıplar,
- Sık kirişli büyük yüzeyli perde kalıplar,
- Ayarlı perde kalıpları.



Şekil 3.91. Perde kalıp örnekleri (URL-30).

Kolon Kalıpları

Aynı boyutta kolon sayısı fazla ise ve kolon boyutları kattan katta değişmiyorsa klasik kalıplama yerine modern kalıp tekniklerinin kullanılması ekonomik olur. Fakat günümüzde gelişen kalıp teknolojisi sayesinde böyle bir zorunluluk yoktur. Aynı kalıplarla değişik boyutlarda kolon yapmak mümkündür (Şekil 3.92), (Kürklü G, Akbulut H, 2004)



Şekil 3.92. Ayarlı ve sabit kolon kalıp örnekleri.

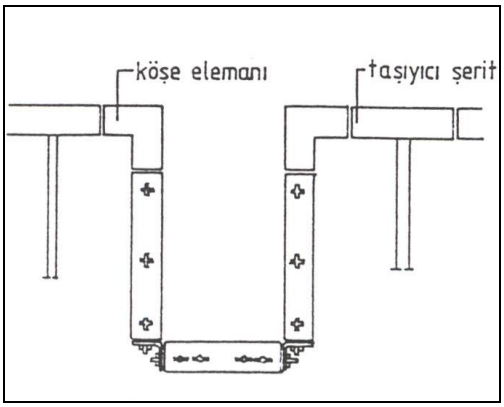
Kiriş Kalıpları

Binaya etkiyen ölü yükleri, yapı elemanları, beton dökümü sırasında taze beton yüklerini taşır kolonlara, zemine aktarır. Takılır sökülür kiriş kalıpları da iki ana başlıkta incelenir (Benli N,2005):

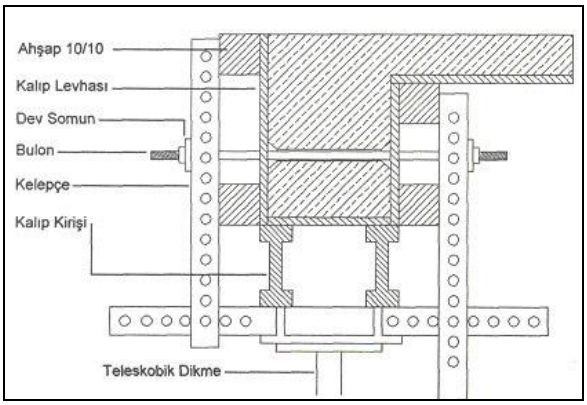
- Çerçeve kalıplar (Modüler panolar)
- Sık kirişli endüstriyel ahşap kalıplar

Çerçeve kalıplar: Metal panolar geleneksel yöntemde ahşap yerine çelik kullanılan kalıp sistemlerdir. Elle taşınan boyutları hafif seri kalıpların olduğu gibi vinçle taşınan ağır seri tipleri de vardır (Benli N,2005), (Şekil 3.93).

Sık Kirişli Endüstriyel Ahşapla Taşınan Kiriş Kalıpları: Kiriş kalıplarında perde kalıpları ile aynı malzeme kullanılmaktadır. Kiriş kalıplarının formu farklıdır. Yapım prensipleri ise aynıdır. Döşemeler gibi alttan ayarlı desteklerle takviye edilmesi gereklidir (Benli N,2005), (Şekil 3.94).



Şekil 3.93. Çerçeveli kiriş kalıp.



Şekil 3.94. Sık kirişli endüstriyel ahşap kalıp.

Döşeme Kalıpları

Sık Kirişli Döşeme Kalıbı: Geleneksel döşeme kalıbının endüstriyel ahşap veya alüminyum panel sistem ile daha dayanıklı malzemelerle yapılmış hali denilebilir (Şekil 3.95).



Şekil 3.95. Sık kirişli vinçsiz kaldırılan döşeme kalıp çeşitleri (URL-31).

Masa Kalıplar

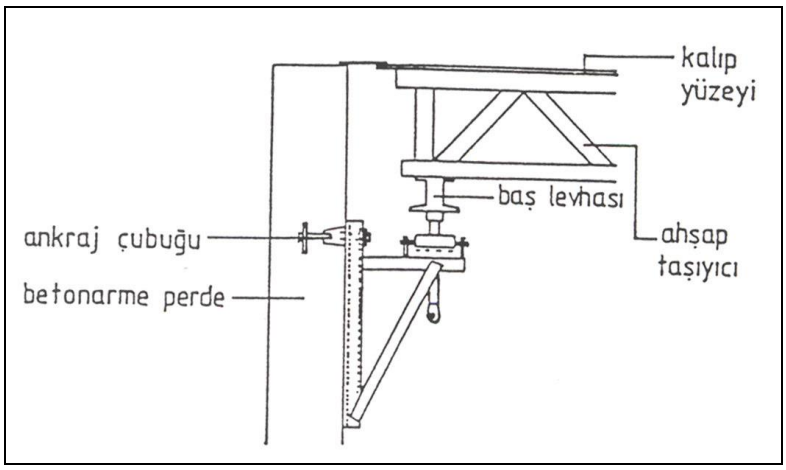
Masa kalıpların kalıp yüzeyini, ahşap esaslı ve metal bir çerçeve ile rijitleştirilmiş kontrplak, omega profili sac levhalardan oluşan büyük yüzeyli panolardan oluşmaktadır (Benli N. 2005), (Şekil 3.96).



Şekil 3.96. Vinçle kaldırılan masa kalıp çeşitleri (URL-31).

Çekmece Kalıplar

Çekmece kalıplar da büyük yüzeyli döşeme kalıplarıdır. Bu kalıplarda üst yapı masa kalıplarının olduğu gibi mesnetlere değil, perde ve duvarlarda oluşturulan konsollara oturur (Şekil 3.97).



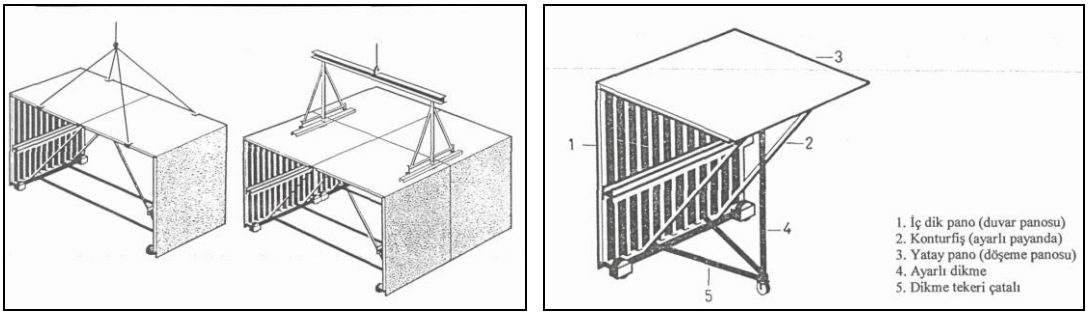
Şekil 3.97. Vinçle kaldırılan çekmece kalıp çeşitleri (Benli N. 2005).

Tünel Kalıplar

Tünel kalıp sistemi, yapının duvar ve döşemelerinin hassas boyutlu ve düzgün yüzeyli çelik kalıplar yardımıyla tek bir seferde dökülebildiği kalıp sistemidir. Bu sistemde kalıpların enine veya boyuna doğrultuda hareket ettirerek çıkarılır ve gerek düşey gerekse yatay yapı elemanları aynı anda dökülür. (Kumcu E.M, 1997)

Tünel kalıplar önceden monte edilmiş üç boyutlu kalıplardır. Kalıp yüzeyi, rijitlik, germe, mesnet ve bağlama elemanlarından oluşur. Bu kalıp sistemleriyle oluşturulacak mekânın en fazla üç duvarı dökülebilir. Dökülen duvarlarla düşey taşıyıcı perdeler ve döşeme aynı anda dökülür.

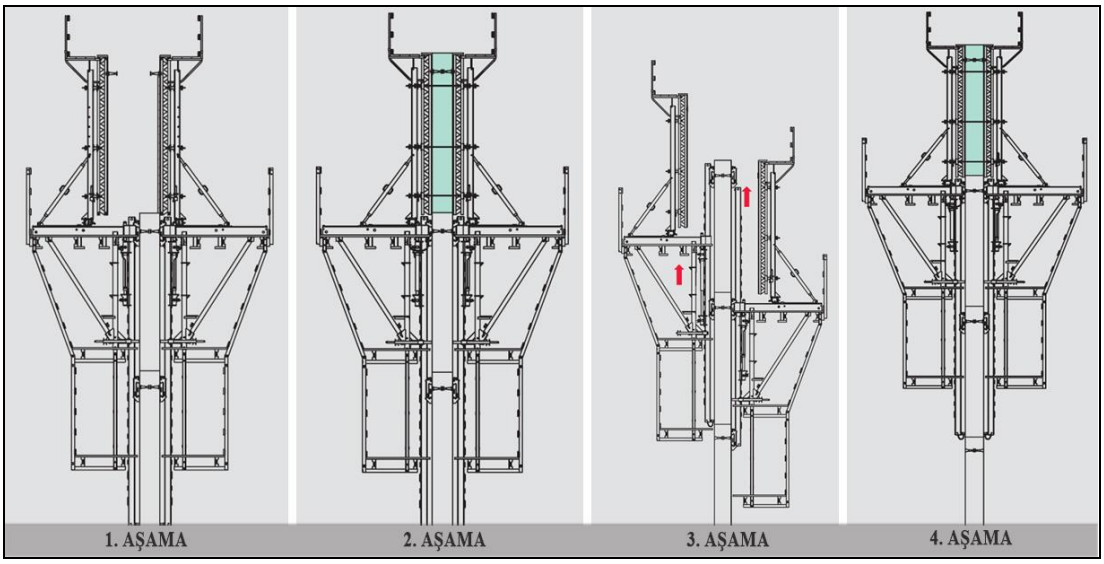
Tünel kalıp sistemleri, tam ve yarım tünel kalıplar olmak üzere ikiye ayrılır.Tam tünel kalıplarda, karşılıklı iki perdenin birer yüzünün ve tabliye kalınlığının tek parça oluşturduğu kalıp şekilleridir. Yarım tünel kalıplar: perdenin bir yüzü ve döşemenin yarı kalıbından oluşur. Fonksiyon olarak iki yarım tünel kalıp bir tam tünel kalıba karşılık gelmektedir. Her ikisi de mekanik ya da hidrolik olabilmektedir (Şekil 3.98), (Şahin B,1997).



Şekil 3.98. Tam tünel kalıp sistemi (solda) ve yarım tünel kalıp sistemi (sağda).

Kayar Kalıplar

Betonarme inşaatlarının düşey elemanlarının yerinde döküm metodu ile yapıldığı, soğuk derzi olmayan, betonun içinde bırakılan özel çelik çubuklara tutunarak kalıbı taşıyan kalıp sistemidir. Şekil 3.99'da kayar kalıp sisteminin işleyiş şeması görülmektedir.



Şekil 3.99. Kayar kalıp sistemi işleyiş şeması (URL-32).

Kayar kalıplı sistemlerin özellikleri aşağıdaki gibidir (Megep,2006):

- Mimari şekil gereği yüksekliği fazla olan yapıların düşeyde düzgünlüğünü sağlayabilmek için temelde dış yüzeye sabitlenen panel kalıpların yapı yüksekliğince sökülmeden mekanik veya hidrolik düzenlerle yukarı doğru kaydırılmasıyla kullanılan kalıplardır.
- Düşey elemanların mono blok olarak yerinde betonlanmasını sağladığından soğuk derz oluşmaz.
- Beton içinde bırakılan özel tırmanma çubuklarıyla kalıp, 24 saatte 2,6 m yükselme hızına kadar çıkabilmektedir.
- Kalıp, yapının yükselmesine paralel olarak yürüdüğünden, ilk kuruluş giderleri dışında masraf gerektirmez.
- Taşıyıcı bir kalıp iskelesi gerektirmez.
- Parça parça çalıştığından, kalıbı bir üste çıkarmada alt kısım betonunun prizini almasının beklenmesi gerekmez.
- Kalıp çok yavaş bir hızla yukarı doğru çekildiğinden, iç ve dış yüz çok düzgün olarak çıkar.
- Kalıp olarak ahşap yüzeyli, çelik yüzeyli ve plywood yüzeyli imal edilebilir.

Tırmanır Kalıplar

Tırmanır kalıplar düşey betonarme elemanların yapımında kullanılan ve yapımın kesintisiz olarak devam etmesini sağlayan kalıp sistemleridir. Yüksek yapı inşaatlarının taşıyıcı perde duvarı, çekirdekler ve dış duvarlarında tırmanır kalıp sistemleri kullanılmaktadır.

Tırmanır kalıplarda taşıyıcı iskele kullanmaya ihtiyaç kalmamaktadır. Bu kalıplar yapıya istenilen yükseklikte ankre edilebilir, düşeyde gerekirse yatayda her bir betonlama birimi için hareket edebilir. Tırmanır kalıp boyutu kat yüksekliği kadar olmalıdır, yoksa ekonomik ve pratik olmaktan çıkmaktadır. Çok kalifiye isçi gerektirmez, basit mekanizması kısa sürede öğretilebilir. Tırmanır kalıplar yükseltilme şekillerine göre 3 gruba ayrılırlar (Canbek F, 1996)

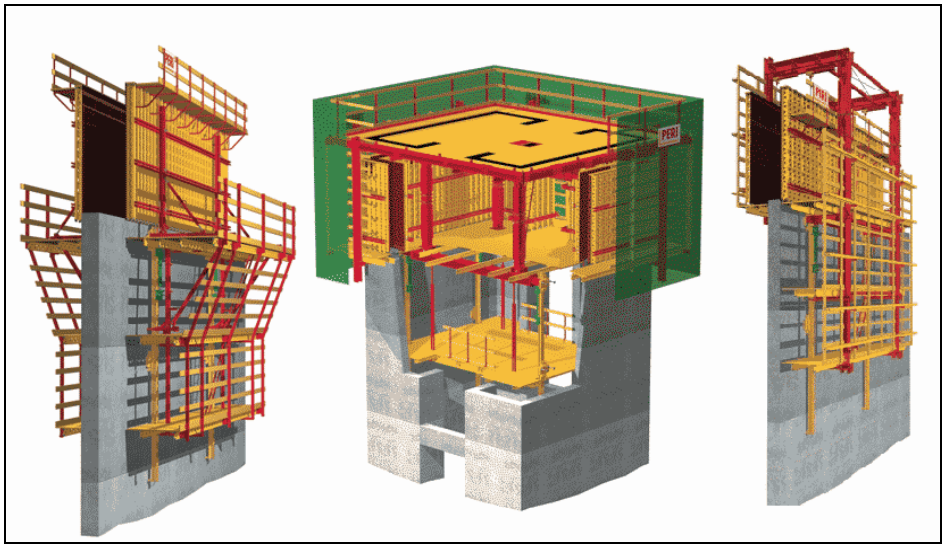
- Elle tırmanır kalıplar,
- Vinçle tırmanır kalıplar (Şekil 3.100),
- Otomatik tırmanır kalıplar (Şekil 3.101).
    - Mekanik mekanizmalı,
    - Hidrolik mekanizmalı.

Tırmanır kalıplı sistemlerin özellikleri aşağıdaki gibidir (Megep,2006):

- Tırmanır kalıplar yapıya monte edilerek çalıştıkları için, yapının istenilen yerinde ve zeminden yukarıda kalıp iskelesi gerekmeden uygulanabilir.
- Yapıların dış yüzeylerinde kat yüksekliği kadar kullanılırlar.
- Kalıp yüzey düzgünlüğü, modüler parçaların birbiriyle hassas uyumuna bağlıdır.
- Tekrarlı elemanları fazla olan binalarda ekonomiklik ve hız sağlarlar.
- Vinç kullanılan tırmanır kalıplarda daha büyük yüzeyli eleman kullanılması iş hızı açısından daha avantajlıdır. Bu büyüklük için üst sınır genel olarak 25 m²'dir.



Şekil 3.100. Vinçle tırmanır kalıp sistemi (URL-32).



Şekil 3.101. Otomatik tırmanır kalıp sistemleri (www. URL-32).

Kayar kalıplar ve tırmanır kalıplar arasında genel olarak şu farklılıklar vardır:

Tırmanır kalıpta ilerleme hızı, kayar kalıba göre daha düşüktür. Ancak betonarme donatı montajı hızının kayar kalıp ilerleme hızına (10–12 inç/saat) uyum sağlayamaması gibi durumlarda tırmanır kalıp ile çalışmak zorunlu olabilir. Genel olarak tırmanır kalıpta, kayar kalıba göre daha kontrollü ve daha kaliteli bir imalat yapmak mümkün olmaktadır.

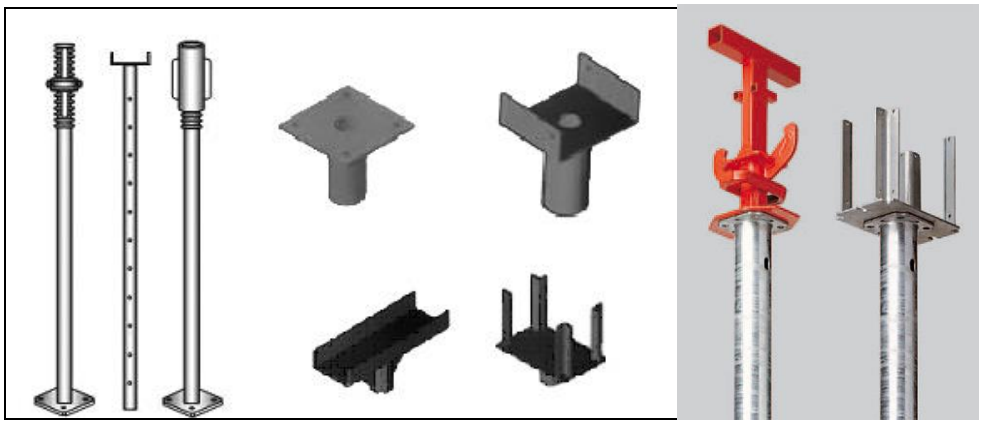
Tırmanır kalıbın diğer bir üstünlüğü, sistemin kayar kalıp kadar karmaşık olmamasıdır. Daha kısa zamanda eleman yetiştirilebilmektedir. Kayar kalıpta yatay derz görünmezken tırmanır kalıpta yatay derz izleri görülmektedir. Kayar kalıp ve tırmanır kalıp arasında seçim teknik, ekonomik ve eleman kalitesine göre yapılır. Tırmanır kalıp iki günde bir ano kadar yükselebilir (Yaklaşık3m.).

Kalıp Taşıyıcıları

Modern kalıp sistemlerinde kullanılan kalıp yüzey malzemesi ile uyumlu taşıyıcılar kullanılması gereklidir. Üretici firmalar sistemi bir bütün halinde kurup kalıp yüzeyleriyle birlikte taşıyıcı elemanlarını da birlikte satmaktadırlar.

Kalıp malzemesi çelik olduğunda taşıyıcı olarak da çelik kullanılması zorunlu olduğu için bu sistemlere kapalı sistemler denir. Kalıp yüzeyi ahşap ise taşıyıcı olarak ahşap, çelik veya her ikisi birden kullanılabilir.

Dikmeler: Modern kalıp dikmeleri, fabrikalarda üretilip, şantiyelere taşınırlar. Genellikle dairesel ve teleskobik olarak ayarlanabilen iki borudan teşkil edilirler. Alt uçlarında basınç dağılımı için bir plak bulunur (Şekil 3.102).



Şekil 3.102. Kalıp taşıyıcı dikmeler.

Payandalar: İki tarafı kalıp yüzeyli perdelerde sadece montaj yüklerini taşır ve sistemin düşeyliğini sağlar. Çelikten imal dilen bu elemanlar ayarlı boru seklindedir. Perde kalıpları ayarlarında da bu elemanlar kullanılır.

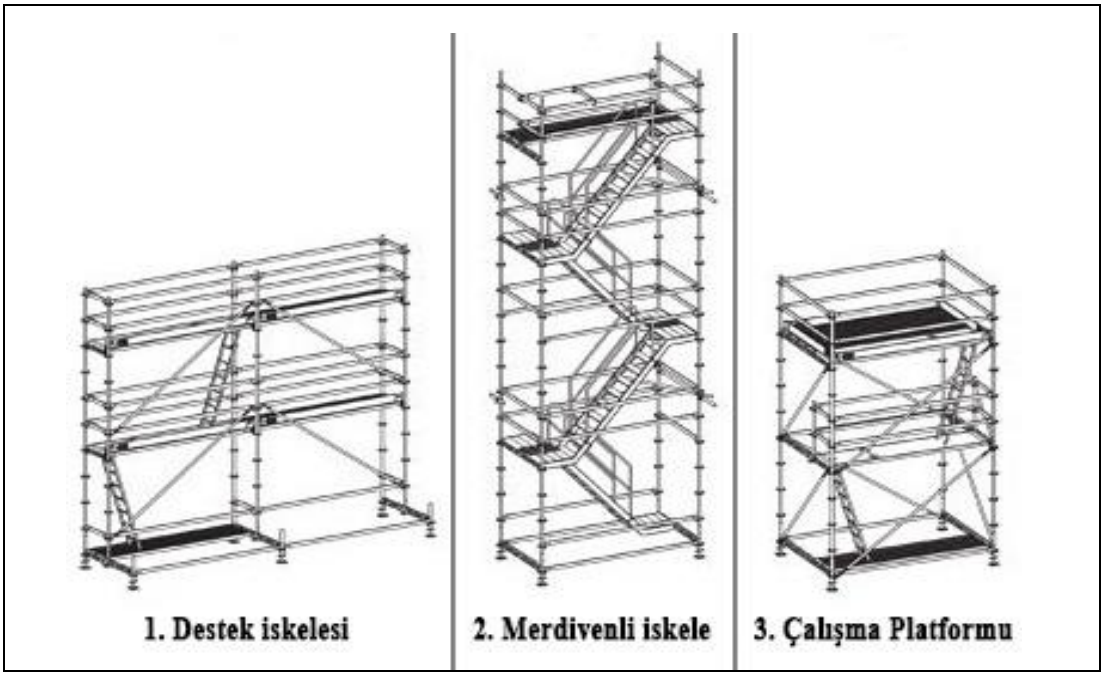
3.6.4.2.İskele Sistemleri

Yapılar inşa edilirken işçilerin, normal çalışma yüksekliğini aşan kısımlarda güvenle çalışmalarını sağlamak için, geçici bir süre kullanılmak üzere yapılan çalışma yerlerine iskele denir (Megep 2006).

Yüksek yapılarda iskele çeşitleri aşağıdaki gibidir:

Metal iskeleler (Boru veya çelik)

Bu iskeleler genellikle bina yapımında kısa süreli kullanılır, sökülür ve tekrar kurulur. Bu nedenle, kolaylıkla sökülmesi ve takılması, kullanılacak malzemenin sağlam olması, tekrar aynı veya benzeri işlerde kullanılması istenir. Boru veya çelik iskeleler bu ihtiyaca kolayca cevap verdiğinden günümüzde çok kullanılmaktadır. Bu iskelelerde yürüyüş platformu olarak çelik iskelet üzerine kaynakla bağlanmış delikli veya yüzeyi pürüzlü çelik levhalar ya da ahşap kalaslar kullanılmaktadır (Şekil 3.103), (Megep 2006).



Şekil 3.103. Çelik borulu iskeleler (URL-33)

Askılı Makaralı Cephe İskelesi

Bu iskeleler, basit iskele kurmanın çok pahalı olduğu ve uzun zaman gerektirdiği yüksek binalarda kullanılır. Bunun için, işçilerin rahatça çalışabileceği bir kasaya ve bu kasayı çelik halatlarla bina cephesinde indirip kaldıracak, yatay olarak hareket ettirecek motorlu bir sisteme gereksinim vardır. Üzerinde motor bulunan ve yatay hareket edecek raylı sistem binanın terasına kurulur. İskelenin en önemli özelliği, istenilen kat seviyesinde çalışma olanağı sağlamasıdır (Megep 2006).

Yük Taşıyan İskeleler

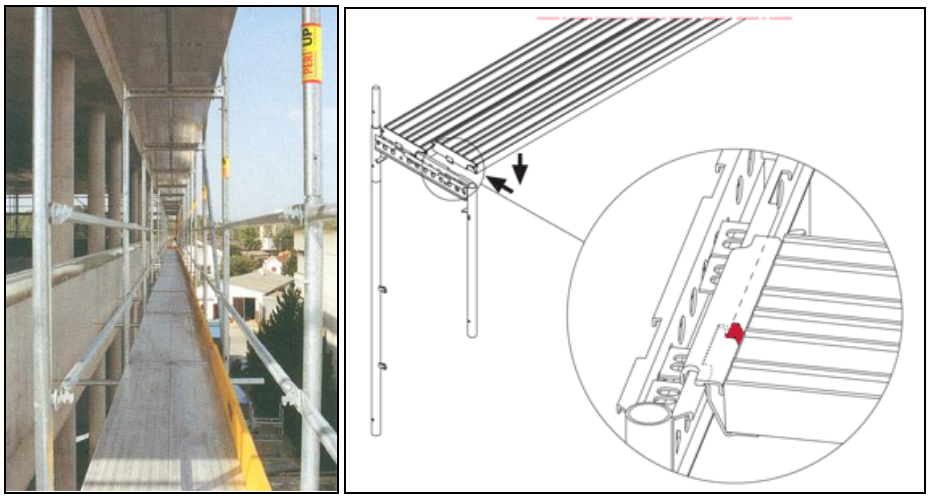
Yük taşıyan iskeleler kat yüksekliği fazla olan yapılarda döşeme kalıplarını taşımak için kullanılmaktadır (Şekil 3.104.).



Şekil 3.104. Yük taşıyan iskeleler (ww. URL-33)

Cephe İskeleleri

Yüksek yapıların girişinde bulunan daha alçak katlı bölümlerinin cephe kaplama işleri için kullanılan sistemlerdir (Şekil 3.105). Yüksek yapı cephelerinde günümüzde yapılan uygulamalarda iskele gerektirmeyen cephe sistemleri kullanılmaktadır.



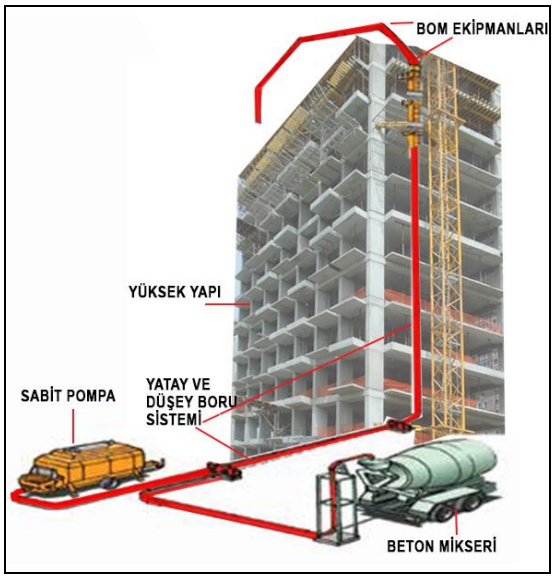
Şekil 3.105. Cephe iskeleleri (URL-33)

3.7. Yüksek Yapılarda Beton Dökülmesi

Yüksek yapılarda betonun üst katlara en ekonomik ve gereken kalitede dökülmesi, çözülmesi gereken en önemli yapım sorunlarından biridir.

Yüksek katlara betonun pompalanması üç ana ekipmanla gerçekleştirilir (Şekil 3.106).

- Betonun istenilen yere taşınmasında gücü veren sabit pompa,
- Betonun istenilen yere taşınmasında ulaşım sağlayan borular,
- Betonun dökme noktasında dağıtımını yapacak kol (bom) ekipmanları.



Şekil 3.106. Üst katlara beton dökme sistem ve ekipmanları.

Sabit Pompa

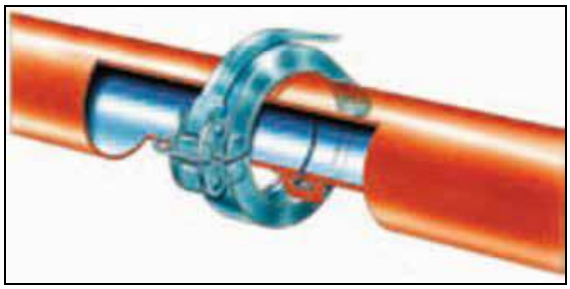
Kazana dökülen betonun, hidrolik pompa yardımıyla beton silindirlerinin içine emilmesi ve beton silindirlerine dolan betonun, kazanın içinde bulunan S-tüp yardımıyla boru hattına aktarılarak (itilerek) inşaat alanının değişik bölgelerine taşınması sabit pompanın genel çalışma prensibidir. Sabit pompalar tek dingilli bir şasi üzerine monte edilirler ve çekilerek bir inşaat alanından diğerine taşınabilirler. Bu özelliklerinden dolayı "Çekili Tip Beton Pompası" olarak da anılırlar (Kepenek Ö, 2013), (Şekil 3.107).



Şekil 3.107. Malzeme asansörleri görünümleri.

Borular

Sorunsuz bir beton iletimi için kullanılacak boru hattı seçimi ve bunların yerleştirilmesi maliyet açısından en belirleyici etkenlerden biridir. Taşınabilirliği nedeniyle 3 m ve daha kısa boruların kullanımı tercih edilir. Akış direnci boru hattının çapına bağlıdır. Akış hızı ve bunun sonucu olarak akış direnci boru çapı küçüldükçe artar. Gerekli pompalama basıncını düşürmek ve boru hattının aşınmasını en aza indirmek için, yüksek kapasiteli basımlarda geniş çaplı boruların kullanılması tavsiye edilir. Fakat ağırlık nedeniyle taşınması ve hareket ettirilmesi zordur (Kepenek Ö, 2013), (Şekil 3.108).

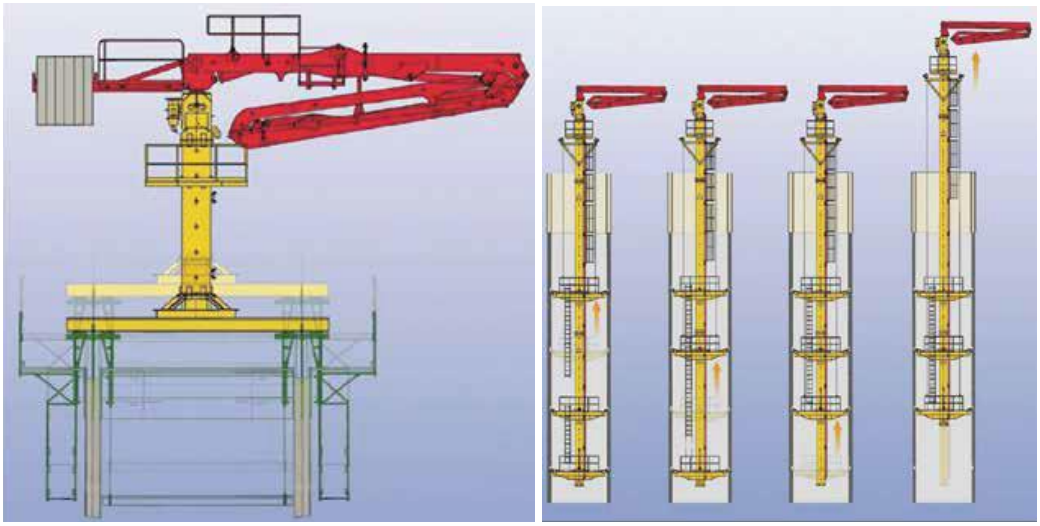


Şekil 3.108. Beton pompalama sistem boruları.

Dağıtım Ekipmanları (Kule Bomlar)

Kule bomlar çok çeşitli elemanların bir araya gelmesiyle oluşturulmuş beton iletim (dağıtım) araçlarıdır. Yatay ve düşey erişim mesafeleri 20 m ile 50 m arasında değişmektedir. Kolon sistemi, bomun hareketini sağlayan hidrolik sistem ve bom ana kütleyi oluşturan elemanlardır. Kolonlar ve bom, pimler yardımıyla birbirlerine monte edilirler. Kolonlar yere ankraj sistemiyle bağlanabilir veya bina katlarında asansör boşluklarına sabitlenerek montajı yapılabilir. Kule vinçler yardımıyla yerleri kolaylıkla değiştirilebilir.

Asansör boşluklarına yerleştirilen kolonlar, hidrolik yükseltme sistemiyle üst katlara doğru hareket ettirilir (Kepenek Ö, 2013), (Şekil 3.109).



Şekil 3.109. Beton dağıtım ekipmanları ve hidrolik sistemi.

Pompalanabilir Beton

Bir betonun karışım özelliklerinin iyi belirlenmesi maliyet açısından çok önemlidir. Su, agrega ve çimentonun doğru oranlarda karışımı betonun kalitesini ortaya çıkarır.

Genel olarak bakıldığında, en ekonomik beton, gerekli su/çimento oranında ve istenilen işlenebilirlikte olup agrega/çimento oranı en yüksek olan betondur. Buna ek olarak su/çimento oranıyla dayanım arasında doğrudan bir ilişki vardır. Su/çimento oranı arttıkça dayanım azalır (Öztekin, Keklik,2005).

Kendi Kendine Yerleşen Beton (Self Leveling),

Kendiliğinden yerleşen beton, herhangi bir vibrasyon işlemi gerçekleştirmeden kolayca yerleşen, dayanımlarının (özellikle erken dayanımların) normal betonlara kıyasla daha yüksek olduğu betonlardır.

1988 yılında Tokyo Üniversitesinde geliştirilmesinin ardından kendiliğinden yerleşen betonun yapılarda kullanımı hızla artmıştır.

Kendi kendine yerleşen betonunun yayılma, viskosite, fiziksel özellikleri ve reolojisini koruma süresi en az 2 saat, normal hava şartlarında kalıp alma süresi 16 saattir.

Yoğun donatılı yapılarda, yüksek kalitede yüzey pürüzsüzlüğü istenilen yapılarda, güçlendirme yapılarında, zor döküm koşullarında, geçirimsizlik ve kalıcılık gerektiren yapılarda, vibrasyonun uygulanamadığı durumlarda (su altı yapıları), ofis, konut ve sanat yapılarında kullanımı büyük yarar sağlamaktadır.

Maslak'ta 2013 yılında yapımı tamamlanan 47 katlı ve 201 metre yüksekliğindeki Spine Tower projesinde C80 beton kullanılmıştır (Şekil 3.110), (www.spinetower.com.tr).



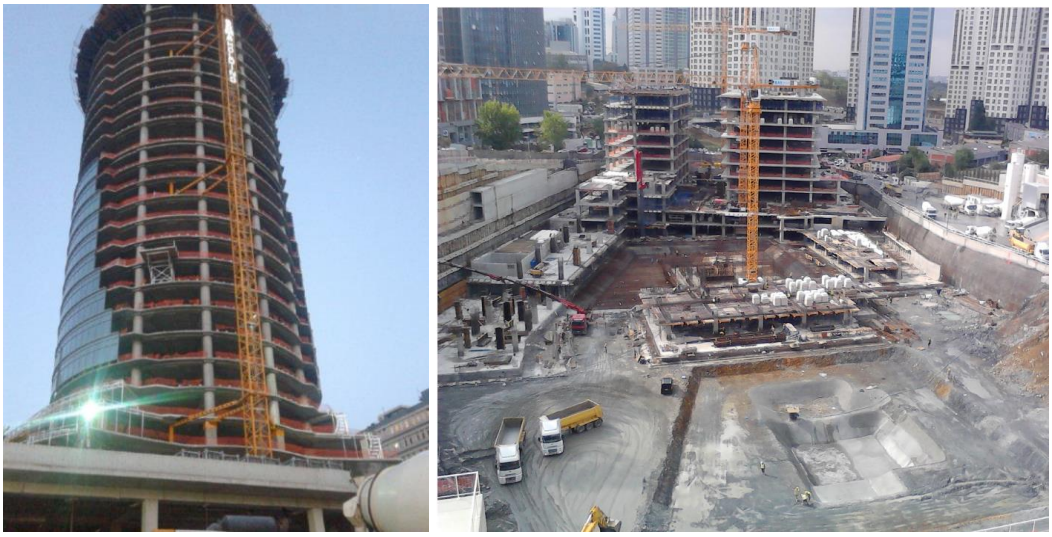
Şekil 3.110. Elastik beton dökümü (URL-34).

Yüksek dayanımlı beton,

Çok katlı ofis ve konut yapılarında C 50/60 – C 100/115 beton sınıflarında dayanıma sahip, dikey ve yatayda uzun mesafelere kolayca transfer edilebilen özel bir üründür. Yüksek dayanımlı beton, en az 2 saat kıvam korumasına sahip olup, priz süresi isteğe bağlı olarak ayarlanabilir. Genellikle yüksek ofis ve konut yapılarında, yatayda ve düşeyde uzun mesafelere döküm gerektiren yapılarda, yüksek dayanım ve kalıcılık gerektiren yapılarda, erken dayanım ve kalıp alma süresi istenen yapılarda, çevresel etkilere karşı uzun dayanıklılık istenen yapılarda kullanılmaktadır.

Yüksek dayanımlı beton İstanbul'da Spine Tower'da (Maslak), 42 Maslak Projesinde (Maslak), CZK Çiftçiler Kompleksi'nde (Zincirlikuyu), Tepe Prime'da (Ankara), Bomonto Arista İş Merkezi'nde (Şişli) kullanılmıştır (Şekil 3.111).

Dubai'de inşaatı 2010'da tamamlanan Burj Khalifa için pompalama güçlüğü nedeni ile yüksek basınçlı sabit pompaların (130 bar) özel olarak imal edildiği belirtilmiştir. Beton sınıfının 126.kata kadar C 80/100, 127-160. katlar arasında C 60/75 ve tabliyelerde C 50/60 olduğu kaydedilmektedir (Dizayn konstrüksiyon dergisi,2006).



Şekil 3.111. Yüksek dayanımlı beton kullanılan yapılar (solda) Maslak Spine Tower, (sağda) 42 Maslak Projesi, (URL-34).

3.8. Yüksek Yapılarda Döşeme Sistemleri

Yüksek katlı yapılarda yatay düzlem elemanlar, kiriş ve plaklardan oluşan Döşemeler, dış yükleri alırlar, düşey taşıyıcı sistemi birbirine bağlar ve sağlamlaştırırlar. Düşey ve yatay yükleri kolon ve duvarlara iletirler. Döşemeler çelik ve betonarmenin pek çok farklı kombinasyonuyla bir araya gelir. Döşeme kalınlığı geçilen açıklığa yüklere ve mevcut duruma göre belirlenir (Özgen A. 1990).

Döşeme sistemleri malzemesine göre 3'e ayrılır;

- Betonarme döşemeler,
- Çelik döşemeler,
- Kompozit döşemeler.

3.8.1. Betonarme Döşeme Sistemleri

Kirişli Döşemeler

Tek doğrultuda çalışan yerinde dökme betonarme döşemeler, 6 metre açıklığa kadar 18-20 cm kalınlık gerektirmekte ve bu sınırlar için ekonomik olarak kullanılabilmektedir.

İki doğrultuda çalışan, kirişlere oturan döşemeler; bu döşemelerin kirişleri yüksekliklerinin fazla olmasından dolayı tesisat döşenmesini zorlaştırmaktadır. Ancak yassı kirişlerden oluşturulan geçitlerden geçirilebilmektedir. Bu yüzden çok katlı yapılarda kullanılsa da yüksek katlı binalarda tercih edilmemektedir.

Perdelere Oturan Döşemeler

Bu sistemde döşemeler doğrudan betonarme perdelere oturan sürekli plak şeklindedir. Açıklıklar genellikle 4.5 - 7.5 metre arasında, kalınlıkları 15-20 cm arasında değişmektedir.

Dişli Döşemeler

Nervürlü Döşemeler (tek yönde dişli döşemeler); kat döşeme yüksekliğinin sınırlı olduğu ve 7-10 metre arasında açıklık istenildiğinde kullanılır. Döşeme kalınlığı 30-40 cm arasındadır. Dişlerin arası en fazla 70 cm ve döşeme kalınlığı an az 7 cm'dir. Bu sistemde yükler nervürlere nervürlerden de kirişlere, kirişlerden düşey taşıcılara geçmektedir. Nervürlere dik olanlar esas kiriş, paralel olanlar tali kirişlerdir. Yüklü olan esas kirişler kısa doğrultuda yapılırsa kirişlerin sarkması engellenmiş olur. Dişli döşemeler genellikle merkezi çekirdekle kullanılmaktadır. Çekirdekle dış çevre arsında 6-12 metre olduğu durumlarda kullanılır.

Kaset Döşemeler (iki yönde dişli döşemeler); açıklıkların daha da büyük olması istenildiğinde kullanılır. Açıklıklar 10 metreye kadar çıkabilmektedir. Öngerilme uygulandığında ise %50 oranında açıklık büyüyebilmektedir. İki yöndeki açıklığın birbirine yakın olduğu durumlarda uygun bir sistemdir. İki doğrultulu olduğu için tesisat sistemin altından geçirilir.

Tablalı Kirişli Döşemeler; bu sistemde açıklıklar 14 metreye kadar çıkabilmektedir. Kiriş yüksekliği 30-80 cm arasındadır. Tablalı kirişlerin gövdeleri ön yapımlı olarak hazırlanmakta, tabla ise ya tümüyle yerinde döküm yapılmakta ya da 4-5 cm kalınlığında ön yapımlı betonarme bir kalıp üzerine yerinde dökümle tamamlanmaktır.

Kirişsiz Döşemeler / Mantar Döşemeler

Kirişsiz döşemeler genellikle eşit açıklıklı, düzgün sıralanmış, kare ya da dairesel kesitli kolonlar üzerine oturtulan ve onlara eğilmeye dayanıklı olarak bağlanan, betonarme plakların oluşturduğu taşıyıcı sistemlerdir. Döşeme kalınlığı en az 15 cm ve açıklığı her iki yönde 4,5-7,5 metre mertebesindedir. Kolon boyutları en az 30 cm olmalı ve birbirini izleyen en az 3 açıklık olması gerekmektedir.

Ön Germeli ve Son Germeli Döşemeler

Yüksek büro binalarında, genellikle kolonsuz geniş mekanlar istendiğinde, geniş açıklıklı döşemelere gereksinim duyulmaktadır. Bu açıklıklar çekirdek ve cephe arasında kesintisiz değildir. Ön germeli beton kirişlerle strüktürel yüksekliği fazla olmayan bir döşeme sistemi elde etmek ve rijitleştirmek mümkün olmaktadır. Kolonların uygun ölçülerde düzenli bir form oluşturduğu döşemelerde, ön germe yöntemi çekmeleri kontrol ederken, döşeme yüksekliğini de azaltma açısından oldukça etkili olmaktadır.

3.8.2. Çelik Döşeme Sistemleri

Bir çelik döşeme sistemi, birçok birleşim, kiriş ve kuşaklar içeren bir çerçeveye oturtulmuş, bir döşeme tablası ile karakterize edilebilir. Bu döşemenin kalınlığı 10-18 cm arasında değişebildiği gibi, metal bir tabliyenin üzerine oturtulmuş, değişik kesitlere de sahip olabilmektedir. Bu durumda döşemenin kalınlığı 6 cm'ye kadar indirilebilir. Ayrıca çelik kirişlerin üzerine önüretimli elemanlar oturtulup, bunların da ince bir tabaka ile kaplanmasıyla döşeme sistemi oluşabilir (Özgen ve Sev: 2000;300).

Çelik döşemeler, taşıyıcı çelik çerçeve açıklıklarına göre üç grupta sınıflandırılabilir:

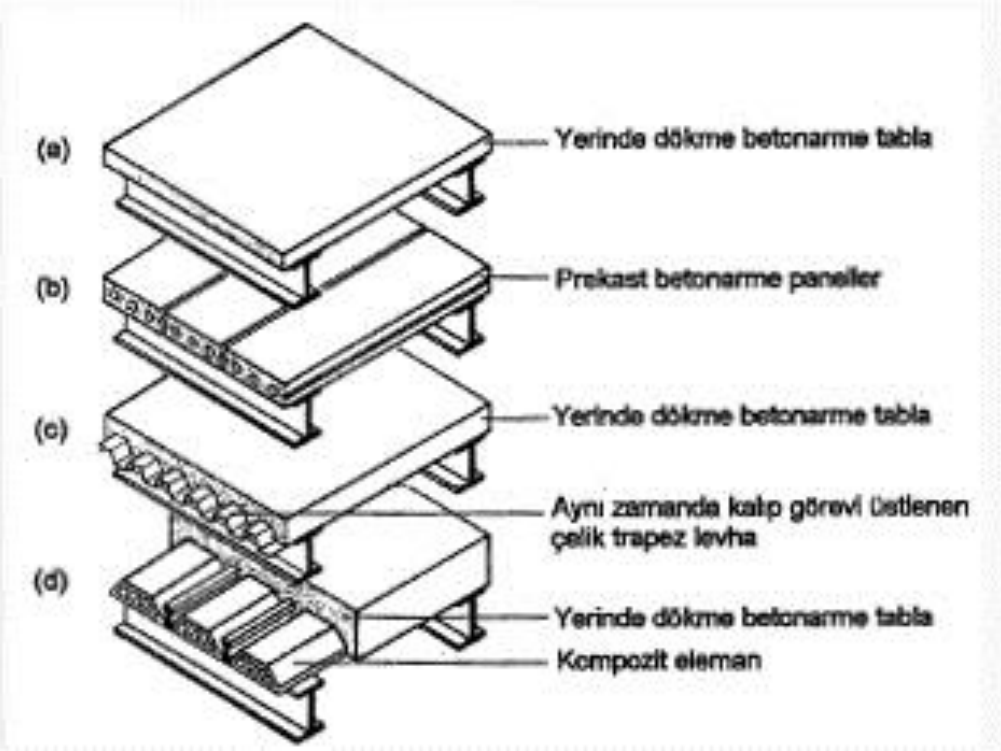
- Tek yönde kiriş sistemi,
- İki yönde kiriş sistemi,
- Üç yönde kiriş sistemi.

3.8.3. Kompozit Döşeme Sistemleri

Kompozit döşeme sistemi, çelik kirişler veya levhalarla betonarme tablanın birlikte çalıştırıldığı bir sistemdir. Kompozit döşeme sistemlerinde çelik gövde ile betonarme tablanın birleşimi profil üzerine kaynatılan kesme bağlantıları ile sağlanmaktadır. Sistemin çok yönlü etkinliği betonarme döşemenin doğasından kaynaklanan basınç dayanımı ile çeliğin çekme dayanım ve büyük açıklık geçebilme özellikleri sayesinde sağlanmaktadır.

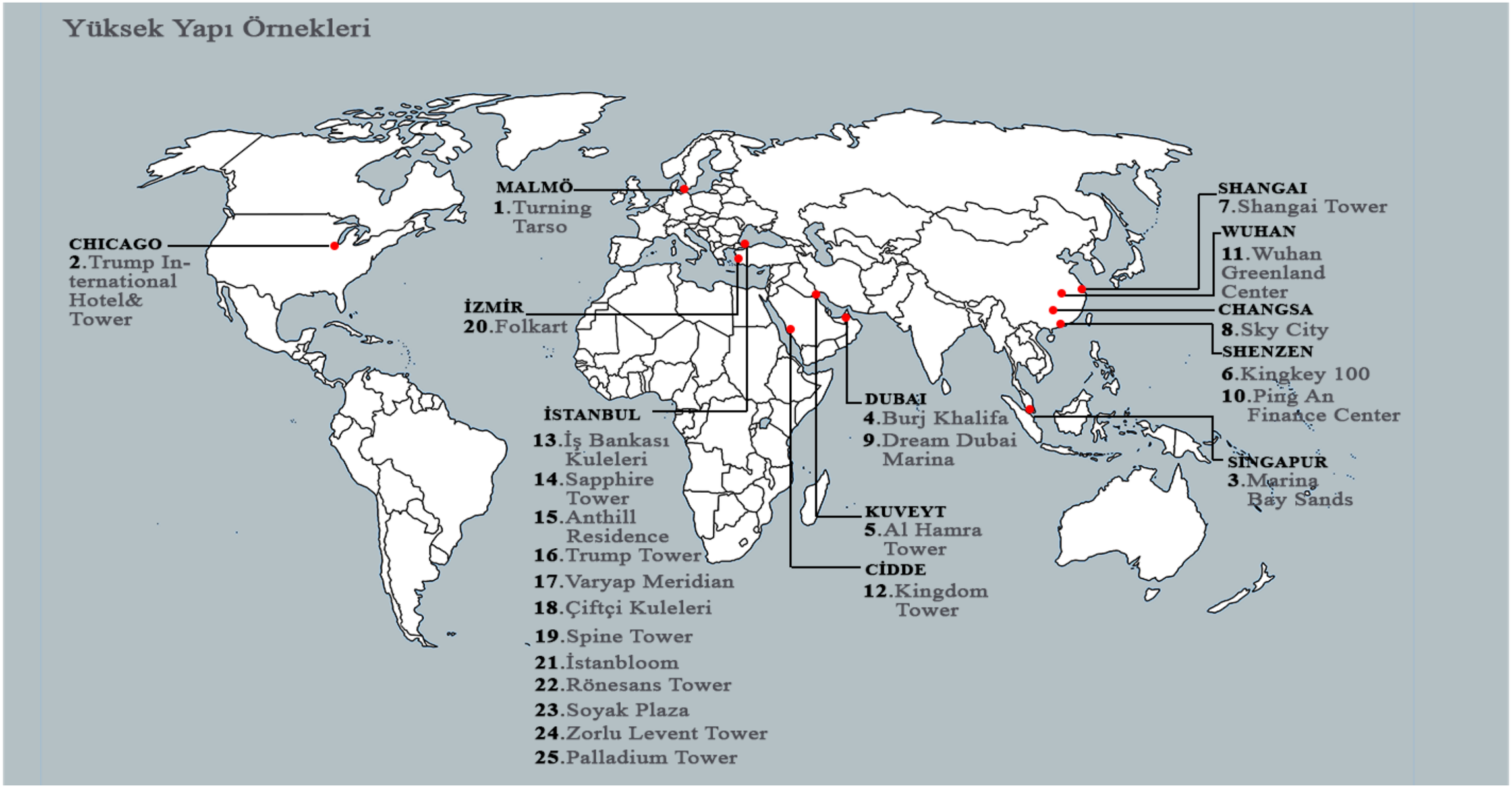
Kompozit döşeme sistemleri, ana kiriş görevi üstlenen çelik profillerin üzerine yerleştirilen aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır (Şekil 3.112)

- Yerinde dökme betonarme tabla,
- Önüretimli betonarme elemanlar,
- Trapez levhalar ve bu levhaların üzerine dökülen beton tabla,
- Kompozit önüretimli elemanlar ve bu elemanların üzerine dökülen beton tablalar (Sev,2001).



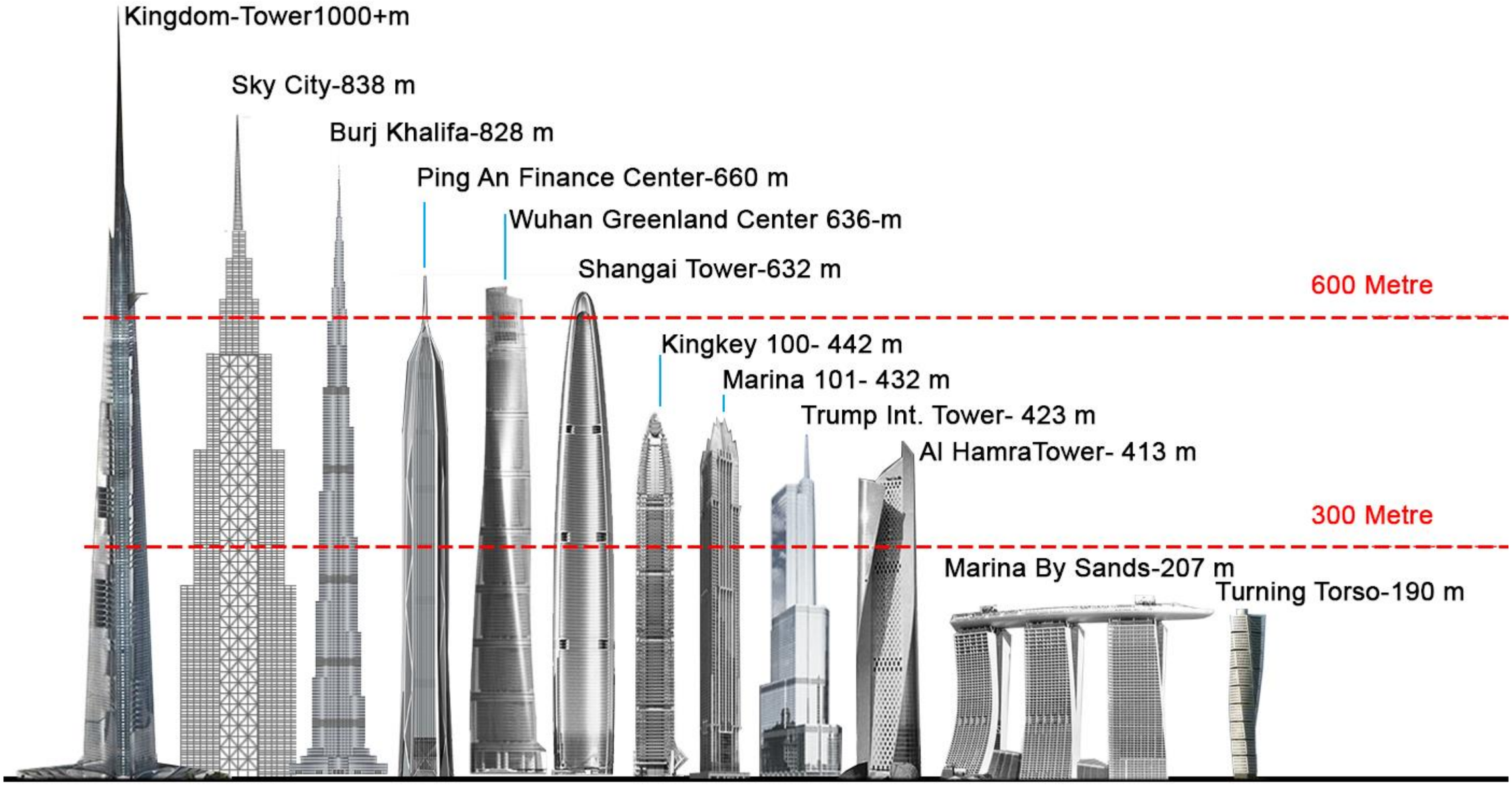
Şekil 3.112. Çeşitli kompozit döşeme sistemleri.

4. ÖRNEKLER



Şekil 4.1. Dünya ve Türkiye'de 2000 yılından sonra yapılmış veya yapımına devam eden150 metre ve üzeri 25 adet yüksek bina dağılım tablosu (Gülakan E. 2014).

4.1. Dünya'dan Yüksek Yapı Örnekleri



Şekil 4.2. 2005 yılından sonra yapılmış veya yapımı devam eden190 metre ve üzeri 12 adet yüksek bina örneği.

4.1.1. Turning Torso, 2005, Malmö

Çizelge 4.1. Turning Torso hakkında genel bilgiler.



Başlangıç Tarihi	2001
Bitiş Tarihi	2005
Yeri	Malmö
Mimari Tasarım	Santiago Calatrava
Strüktürel Tasarım	Santiago Calatrava
Strüktür Türü	Betonarme çekirdek ve konsol döşemeler + çelik dış omurga
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Lüks konut
Kat Adedi	57
Yükseklik	190
Cephe Sistemi	Giydirme cephe panel
Temel Sistemi	Kazık ve radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

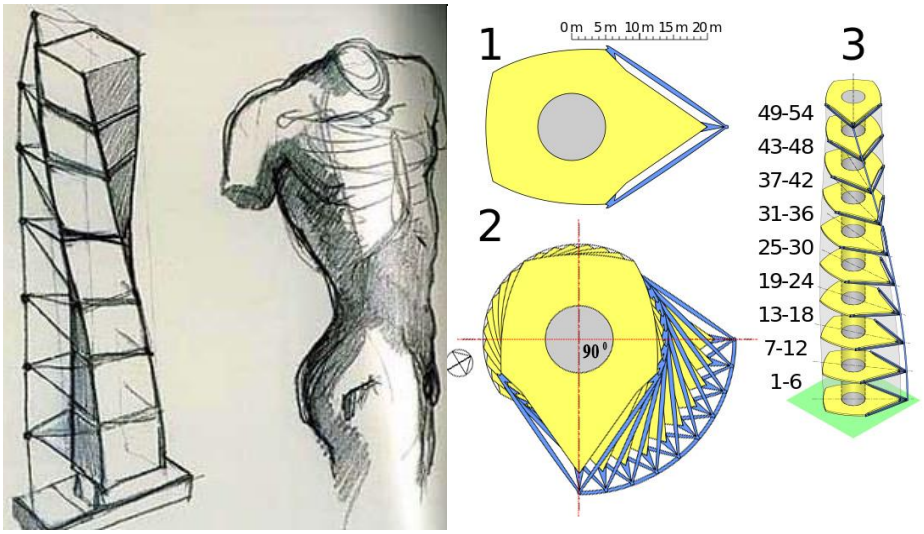
Mimari Özellikler

Turning Torso Tower, Santiago Calatrava tarafından tasarlanan, ofis ve konut olarak kullanılan, 57 katlı, 190 metre yüksekliğinde, toplam 31.840 m² alana sahip bir yapıdır. Kulenin şekli Twisting Torso adında bir heykele dayanmaktadır.

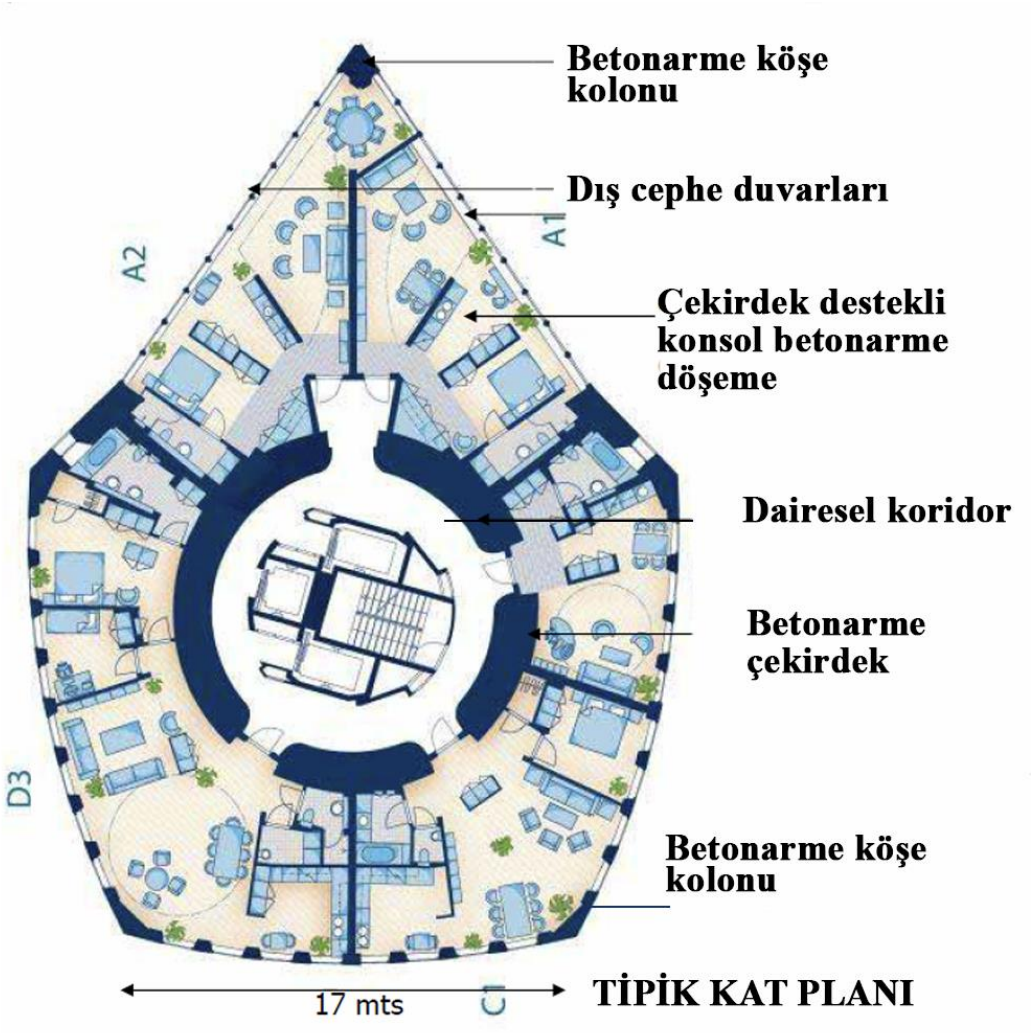
Santiago Calatrava kulenin tasarımında dönen bir insan vücudundan ilham almıştır. Kule her biri altı kattan oluşan dokuz eşit bölüm olmak üzere toplam 55 katlıdır. Katlar 420 m² yüzeyi olan bir beşgen şekle sahiptir.

Her kat bir alttaki kata göre 1.62derece döndürülerek, zemin kat ile binanın en üst katı arasındaki toplam döndürme açısı toplam 90 derece olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.3), (Şekil 4.4).

Yapıda bulunan en büyük konut 230 m² , en küçük konut ise 45 m² 'dir. Zemin kattan itibaren ilk 12 kat ofis amaçlı kullanım için tasarlanmış, geri kalan diğer üst katlar ise, konut amaçlı kullanım için ayrılmıştır.



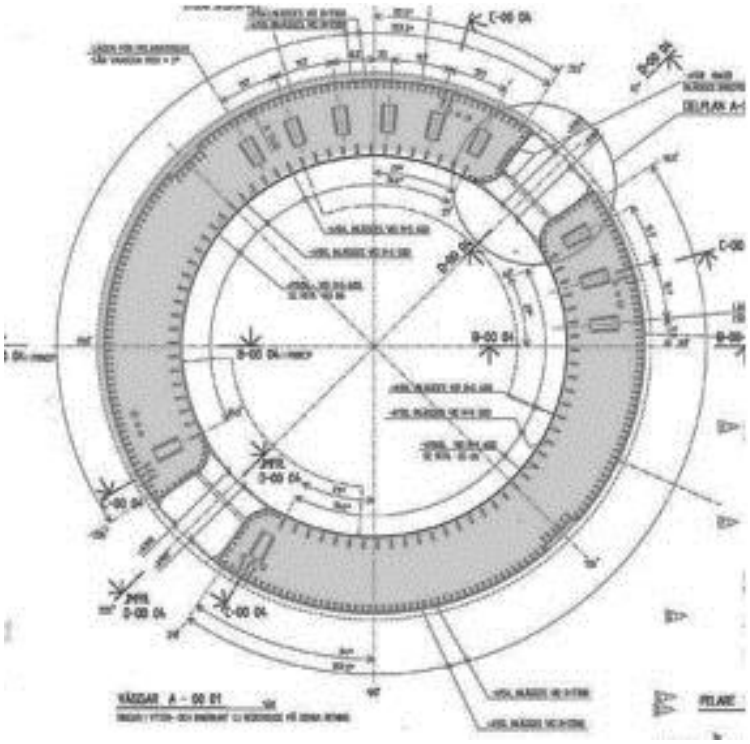
Şekil 4.3. Turning Torso konsepti ve döndürme işlemi (URL-35).



Şekil 4.4. Turning Torso tipik kat planı (URL-35).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yapı dairesel planlı betonarme bir çekirdek, konsol kat döşemeleri ve dışta tüm sistemi rijitleştiren çelik bir omurga tarafından taşınmaktadır. Düşey ve yatay yükleri taşıyan, 10,5 m yarıçapındaki çekirdeğin duvar kalınlığı bodrum katında 2.5 metre kulenin tepesinde 0.40 metredir (Şekil 4.5). Beşgen formlu yapının köşelerine boyutları yaklaşık 1,5x1,5 metre betonarme kolonlar yerleştirilmiştir Betonarme kat döşemelerinin kalınlığı 27 cm olup her altı katta bir döşeme kalınlığı 40-90 cm arasında değişmektedir.

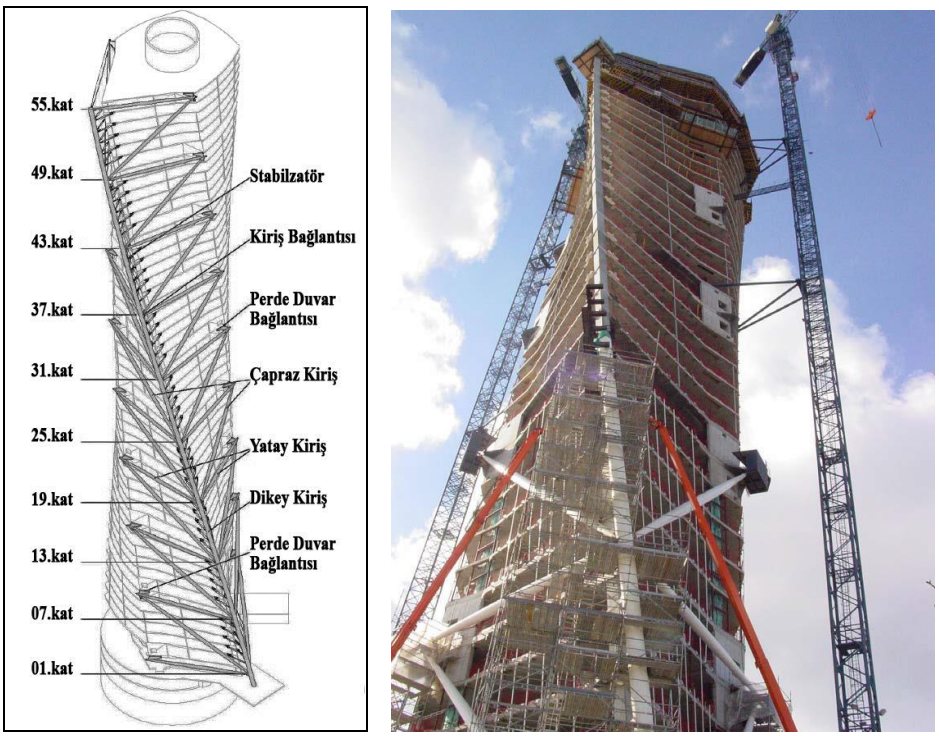


Şekil 4.5. Turning Torso betonarme taşıyıcı çekirdek, kolon ve döşemeler (URL-35).

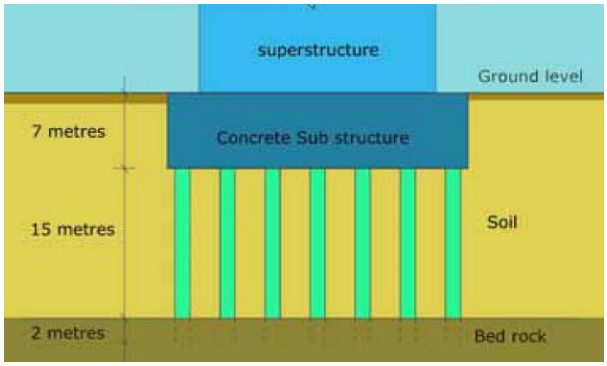
Yanal yüklerin aktarımı sırasıyla, çelik sistemden, çevresel duvarlara, konsol döşemelere, merkezi çekirdeğe ve son olarak temel sistemi ile zemine aktarılmaktadır (Şekil 4.6).

Yapım Aşaması

Turning Torso'nun yapımına 2001 yılında başlanmış ve 4 yıl süren yapım aşaması 2005 yılında tamamlanmıştır. Temel sistemi 30 metre yarıçapında ve 15 metre derinlikte silindirik bir hacimden oluşmaktadır. 15 metre olan kireçtaşı zemin fore kazıklarla güçlendirilerek, üzerine 7 metre kalınlığında radye temel sistemi uygulanmıştır (Şekil 4.6).

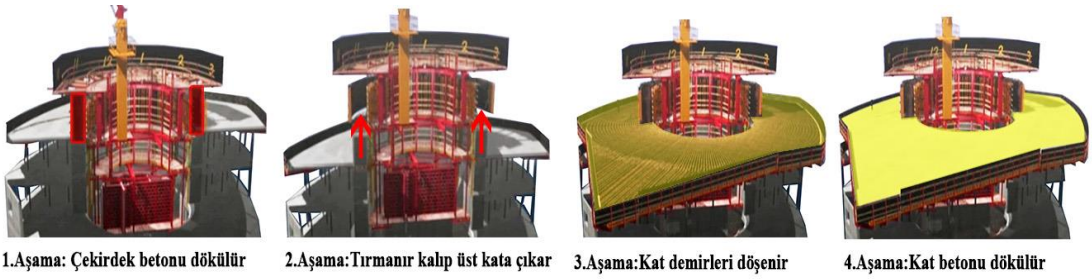


Şekil 4.6. Turning Torso taşıyıcı sistemi (URL-35).



Şekil 4.7. Turning Torso temel sistemi (URL-35).

Yapının eğrisel ve dönel cephe formu nedeniyle, 2800 adet çift kavisli alüminyum giydirme cephe paneli ile 2.250 adet düz giydirme cephe paneli kullanılmıştır. Turning Torso'da dairesel çekirdek için özel tasarım otomatik tırmanır kalıp sistemi, tasarlanmıştır (www.peri.com.tr), (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Turning Torso kalıp sistemi (URL-36).

4.1.2. Trump International Hotel & Tower, 2009, Chicago

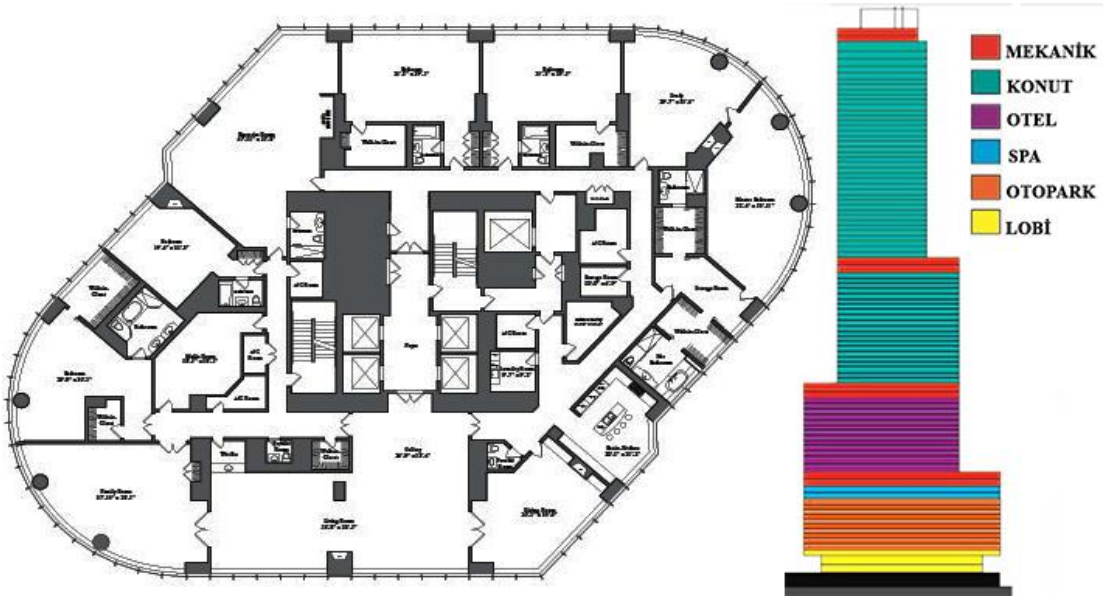
Çizelge 4.2. Trump International Hotel & Tower hakkında genel bilgiler.



Başlangıç Tarihi	2005
Bitiş Tarihi	2009
Yeri	Chicago
Mimari Tasarım	Skidmore Owings & Merrill
Strüktürel Tasarım	Skidmore Owings & Merrill
Strüktür Türü	Çerçeve ve perde duvarlı
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Lüks Konut/Otel
Kat Adedi	98
Yükseklik	423.2 metre
Cephe Sistemi	Giydirme cephe panel sistem
Temel Sistemi	Keson üzeri radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Mimari Özellikler

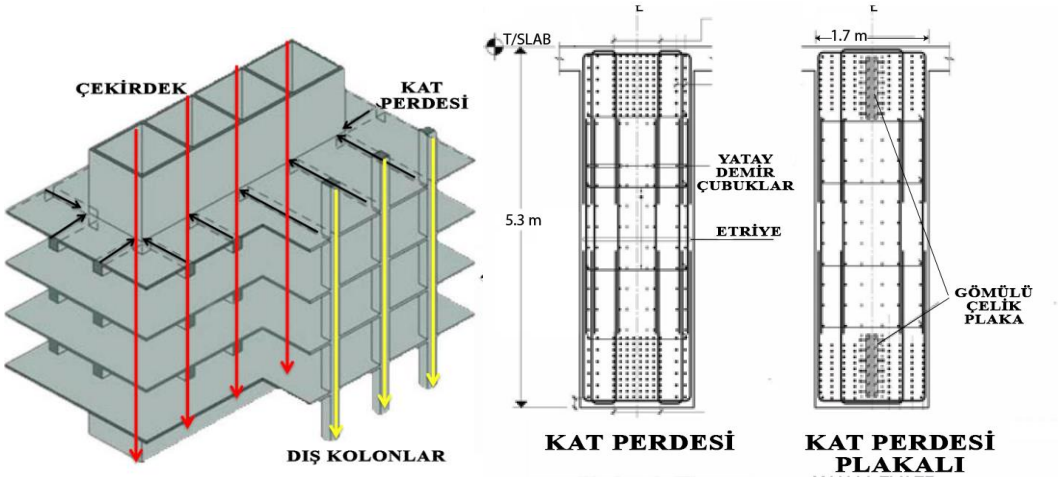
2009 da Chicago'da yapımı tamamlanan 98 katlı, 423,2 metre yüksekliğindeki, 472 adet lüks konut ve 339 adet otel odalı karma kullanımlı Trump International Hotel & Tower, toplam 241.528 m² alana sahiptir (Şekil 4.9).



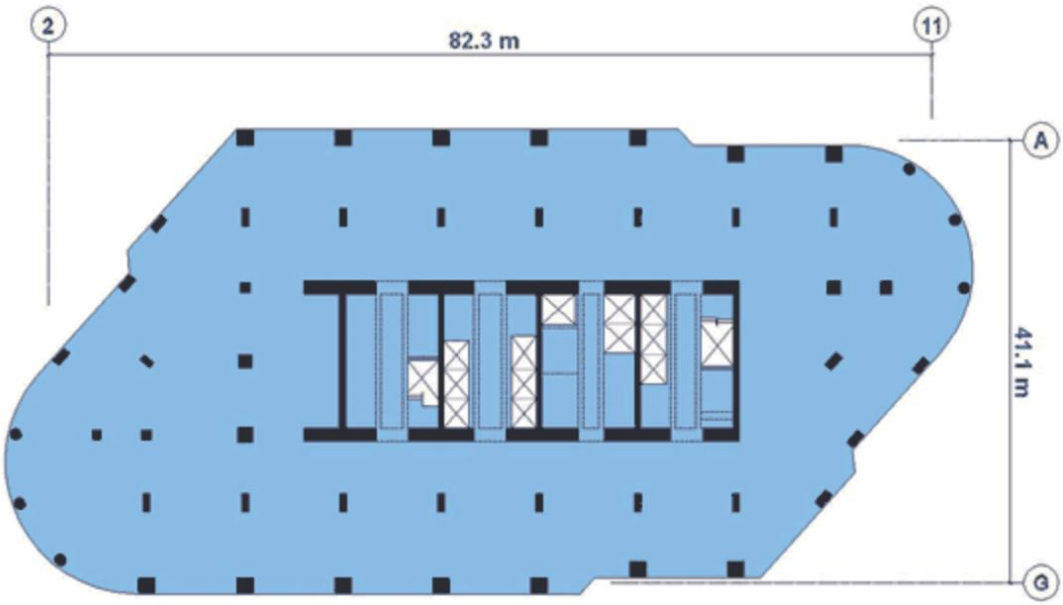
Şekil 4.9. Trump International Hotel & Tower kesit ve planı (URL-37).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Trump International Hotel & Tower taşıyıcı sisteminde, dıştaki büyük boyutlu cephe kolonlarının olduğu bir çerçeve, dış çerçeveleri çekirdeğe bağlayan perde duvarlar ve çekirdek sistem söz konusudur (Şekil 4.10). Betonarme çekirdeğin orta kısmında dört adet I-planlı ve iki adet C-planlı perde duvar bulunmakta, 51. kattan sonra, iki adet I-planlı perde duvar devam etmekte, yanlardaki C-planlı perde duvarlar bu katta son bulmaktadır (Şekil 4.11). Kolon ve perdelerde yüksek dayanımlı beton kullanılmıştır (Arthur P vd, 2009).



Şekil 4.10. Trump International Hotel & Tower taşıyıcı sistemi (URL-38).



Şekil 4.11. Trump International Hotel & Tower taşıyıcı sistemi planı (URL-38).

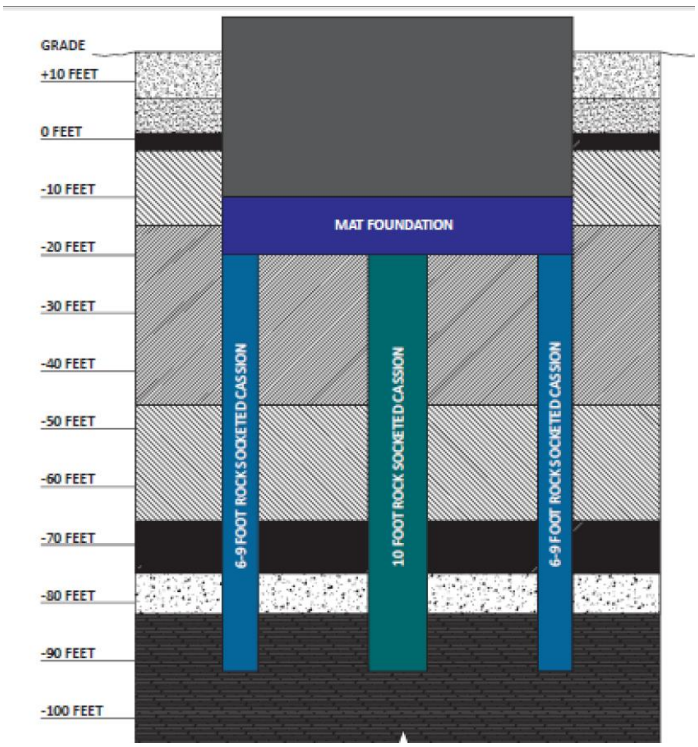
Yapım Aşaması

2005 yılında yapımına başlanan Chicago'daki Trump International Hotel & Tower'ın yapımı 5 yılda beş etapta ve 2009 da tamamlanmıştır. Binanın ilk etabında otopark ve otel katları tamamlanıp hizmete girdikten sonra üçüncü etapta lüks konutların ilk bölümü, dördüncü etapta orta bölümü, beşinci ve son etapta yüksek konut katları yapılarak yapım süreci tamamlanmıştır.

Trump International Hotel & Tower düşey yapı elemanlarında (çekirdek ve kolonlar) hidrolik tırmanır kalıp sistemi, döşemelerde alüminyum panelli döşeme kalıp sistemi, cephede çalışma platformları ve koruyucuları kullanılmıştır.

Cephe sisteminde giydirme panel cephe sistemi, kat içi mini vinçler tarafından düşeyde taşınarak montajı tamamlanmıştır.

Yapının oturacağı zeminde toplam 57 adet 2,4 metre çapında keson temel sistemi kullanılarak arazinin iyileştirmesi tamamlanmıştır. Kesonların üstüne 3 metre kalınlığında radye temel yüksek dayanımlı beton kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4.12), (URL-38).



Şekil 4.12. Trump International Hotel & Tower keson temel kesiti (URL-38).

4.1.3. Marina Bay Sands Hotel, 2010, Singapur

Çizelge 4.3. Marina Bay Sands Hotel hakkında genel bilgiler.



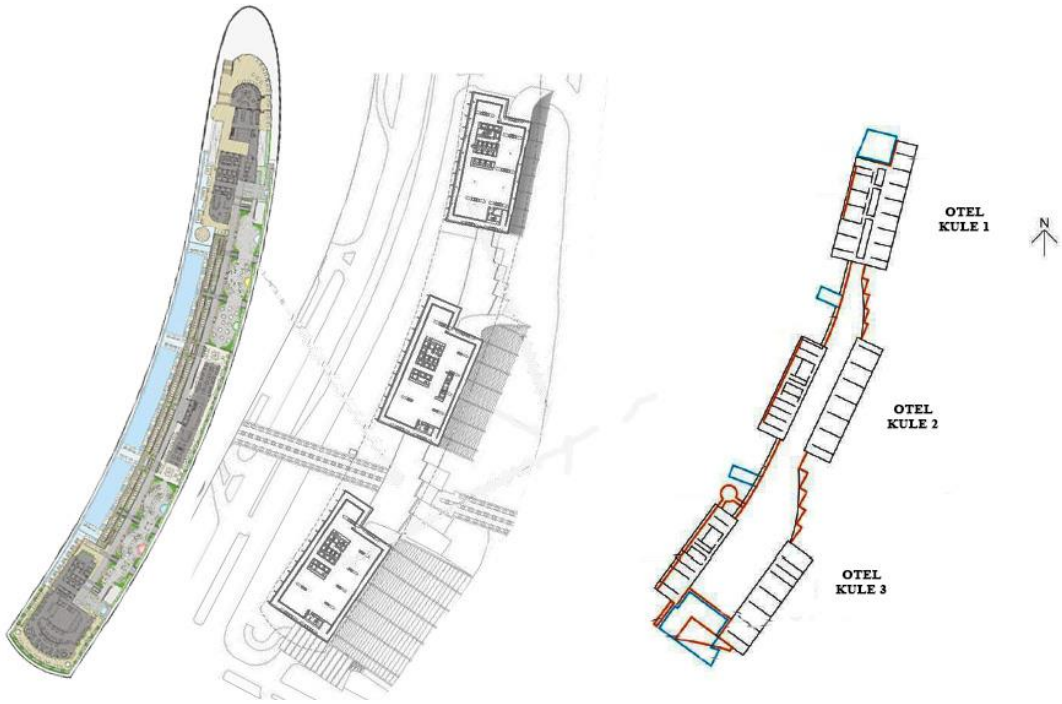
Başlangıç Tarihi	2007
Bitiş Tarihi	2010
Yeri	Singapur
Mimari Tasarım	Safdie Architects
Strüktürel	Arup
Strüktür Türü	Perde duvarlı sistem
Strüktür	Kompozit
Fonksiyonu	Otel
Kat Adedi	57
Yükseklik	207
Cephe Sistemi	Giydirme cam cephe
Temel Sistemi	Fore kazık üzeri radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır kalıp

Mimari Özellikler

2010'da Singapur'da yapımı tamamlanan Marina Bay Sands Hotel, her biri 57 katlı 207 metre yüksekliğindeki 3 kuleden oluşmakta olup, toplam 2650 odaya ve 249.000 m² inşaat alanına sahiptir (Şekil 4.13), (Şekil 4.14), (URL-39).



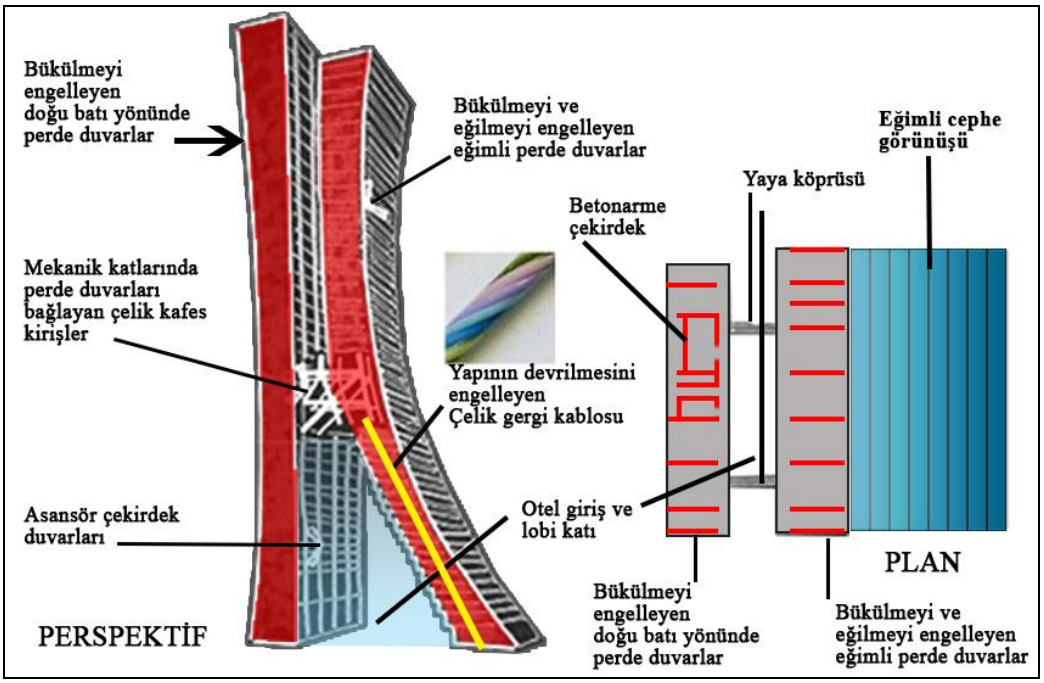
Şekil 4.13. Marina Bay Sands Hotel kesit ve görünüşler (URL-40).



Şekil 4.14. Marina Bay Sands Hotel planları (URL-40).

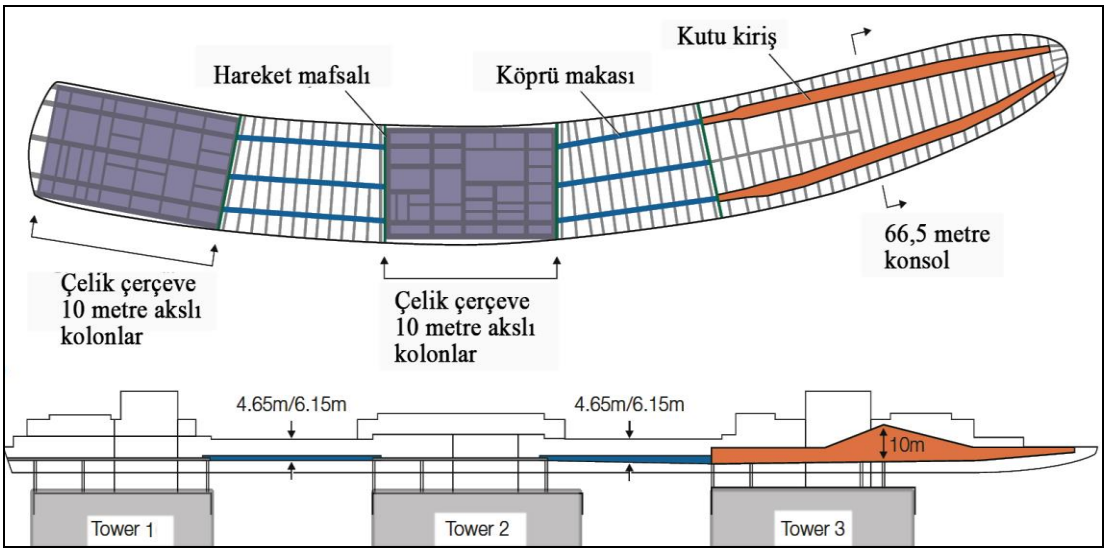
Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Marina Bay Sands Hotel, betonarme perde sistemle taşınan, biri düşeyde eğrisel, diğeri düz olmak üzere 55 katlı iki kulenin mekanik katta çelik kafes kirişlerle birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Eğimli kulenin zemininde çelik kafes sistemi devrilmeye karşı sağlamlaştıran çelik kablolar kullanılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Marina Bay Sands Hotel taşıyıcı sistem plan ve görünüşleri.

Marina Bay Sands Hotel'i oluşturan üç bağımsız kule en üstte çelik konstrüksiyonla oluşturulan bir gökyüzü platformu ile birleşmektedir (Şekil 4.16). Bu çelik yapının altına yatay hareketleri karşılaması için özel amortisörler yerleştirilmiştir.



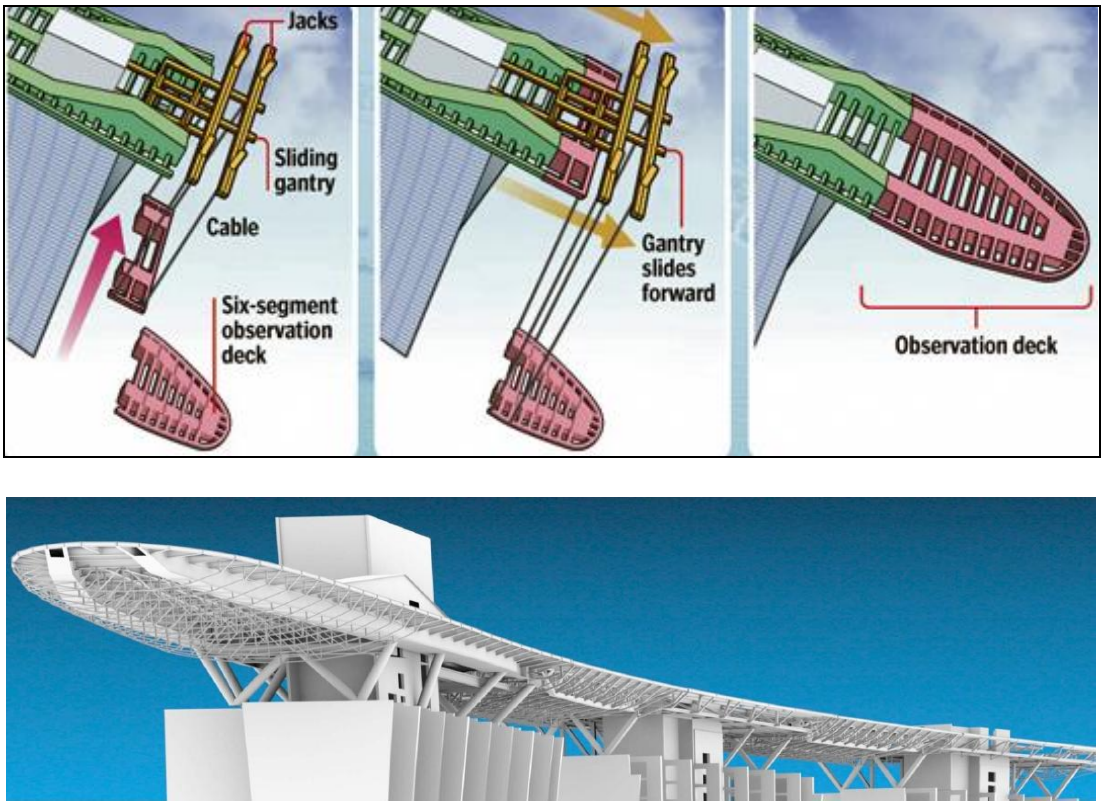
Şekil 4.16. Marina Bay Sands Hotel gökyüzü parkı taşıyıcı sistem plan ve kesiti.

Yapım Aşaması

Eğik kulenin yapımında devrilmeyi engellemek için düz kule ve zeminde geçici bir çelik konstrüksiyonla desteklenmiştir (Şekil 4.17). Gemi şeklindeki gökyüzü parkının 65 metre çelik konsolunun yapımında özel raylı vinçler kullanılmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.17. Marina Bay Sands Hotel yapım aşamaları.



Şekil 4.18. Marina Bay Sands Hotel gökyüzü parkının yapım aşamaları.

Kalıp sistemi olarak, döşemelerde dikmeli sistem masa kalıpları, perde duvarlarda vinçle kaldırılan ahşap kirişli perde kalıp sistemi, betonarme çekirdek yapımında vinçle kaldırılan tırmanır kalıp sistemi ve çalışma ve iş güvenliği platformları kullanılmıştır.

Yapıların temel sisteminde,103 metre ve 75 metre çapında ortalama 20 metre derinliğinde açılan temel çukurlarında, çapı 1ile 3metre arasında değişen fore kazıklar kullanılmıştır.

Marina Bay Sands otelin batıya bakan cephesinde öğleden sonra aşırı ısınma problemi nedeniyle tasarımcılar eğrisel cephede taşıyıcı perde duvar aksında yüzgeç şeklinde cepheye dik metal taşıyıcılı çerçevesiz cam ve strüktürel silikonlu giydirme cephe sistemi kullanılmıştır. Yapının perde duvarlarında ve gökyüzü parkının alt yüzeylerinde metal giydirme cephe sistemi kullanılmıştır.

4.1.4. Burj Khalifa, 2010, Dubai

Çizelge 4.4. Burj Khalifa hakkında genel bilgiler.

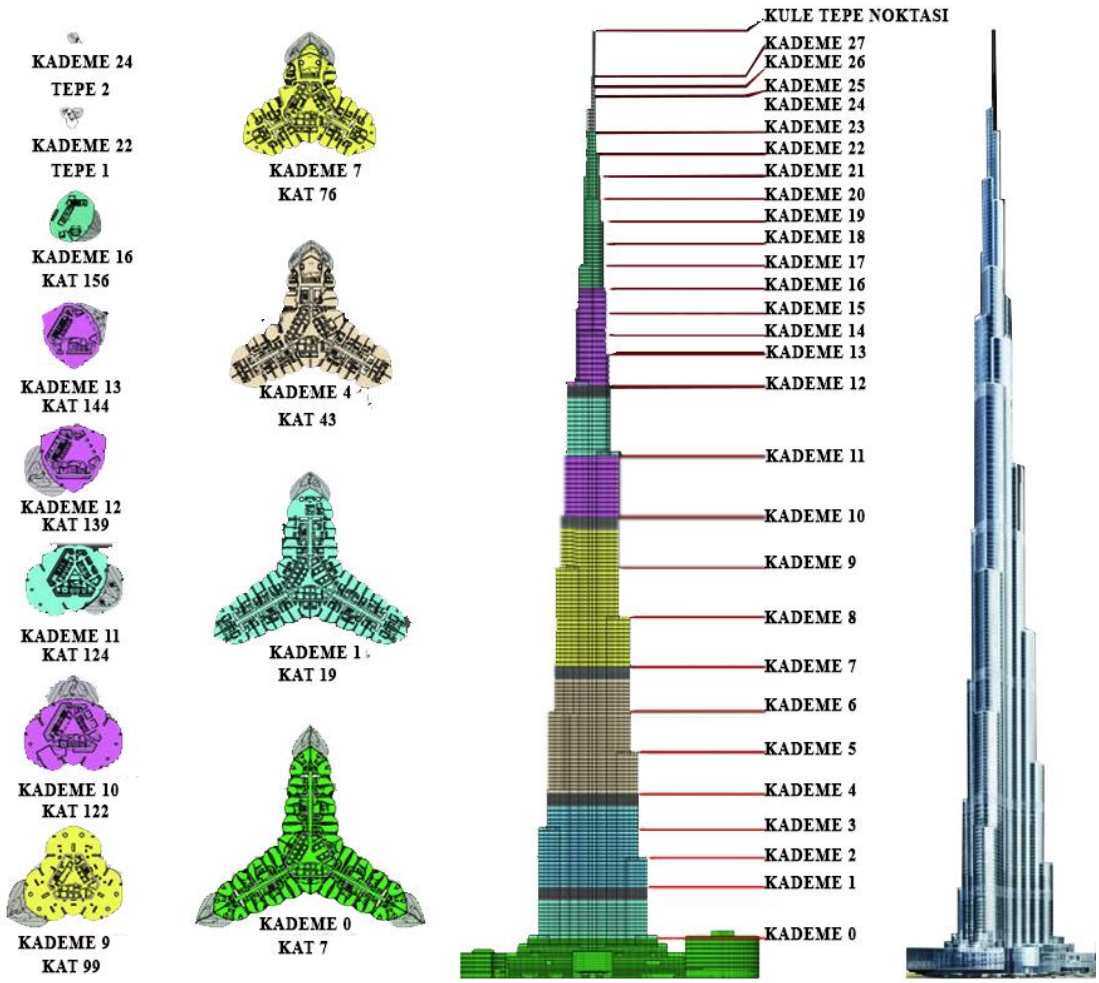


Başlangıç Tarihi	2004
Bitiş Tarihi	2010
Yeri	Dubai
Mimari Tasarım	Skidmore Owings & Merrill
Strüktürel Tasarım	Skidmore Owings & Merrill
Strüktür Türü	Betonarme payandalı çekirdek ve perde duvarları
Strüktür Malzemesi	Betonarme (150. Katın üzerinde çelik)
Fonksiyonu	Ofis / Lüks Konut/Otel
Kat Adedi	163
Yükseklik	828
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Fore kazık üzerinde radye
Kalıp Sistemi	Tırmanır kalıp

Mimari Özellikler

Tasarımda, çöl çiçeği formundan ilham alınan, yapımı 2010'te tamamlanan Burj Khalifa, 163 katlı, 828 metre yüksekliğinde ve toplam 280,000 m² alana sahiptir. 160 lüks otel odası ve suite sahip binada 57 asansör, 1044 apartman dairesi, 3000 yeraltı park yeri bulunmaktadır.

Yapının üç eksenli "Y" şeklindeki plan formunun sahip olduğu üstünlüklerden biri, optimal kat alanı/bina cephesi oranına sahip, azami düzeyde dış manzaraya olanak tanıyan bir planlama sağlaması, diğeri ise payandalı olarak adlandırılan strüktürel konsepte olanak tanımasıdır. Bunların yanı sıra, bina planının yükseldikçe azalması yaklaşımı, sürekli olarak artan bir ivmeyle göğe yükseliyormuş gibi görünen kulenin baş döndürücü yüksekliğini daha da vurgularken binadaki çekmeler, rüzgar akışını kısmen engelleyerek rüzgar kaynaklı yükleri azaltması sebebiyle ekonomik bir strüktüre olanak tanımaktadır (Ilgın ve Günel, 2008) (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Burj Khalifa plan, kesit ve görünüşler (URL-41).

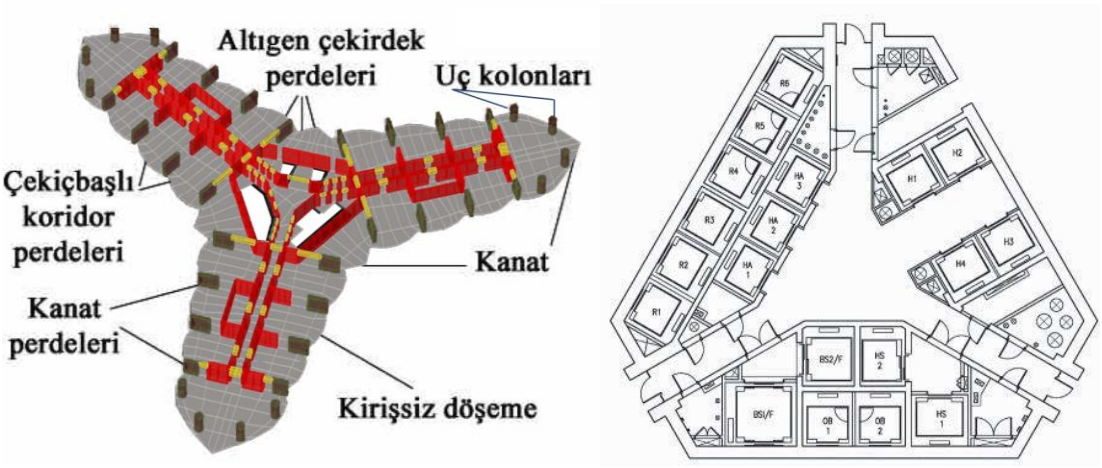
Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Altıgen merkezi çekirdek çevresindeki üç kanatlı binada, C60 ve C80 sınıfları arasında değişen yüksek dayanımlı beton kullanılmıştır. Her biri diğer ikisini destekleyici nitelikte olan kanatlar, binanın alt kısmında, merkezi çekirdekten 60 m çıkma yaparak her seferinde 9 m daralmakta 27 çekmeyle bina tepesine ulaşmaktadır.

Bina tepesinde, düşey ve yanal yüklere dayanım sağlayan diyagonal çapraz elemanlardan oluşan çelik bir strüktür yer alır. Burulmaya karşı dayanım sağlayan 60 cm kalınlığındaki perde duvarlardan oluşan altıgen betonarme çekirdek, rüzgâr kaynaklı kesme kuvvetleri ve momentler karşısında bir kirişin gövde ve başlığı gibi davranan kanat perdeleri ve çekiç başlı koridor perdeleri tarafından desteklenir.

Mekanik katlarda ve 5 seviyede bulunan yatay perde duvarları, çoğu 1.9 m çapa sahip olan çevre kolonların yapının çekirdeğiyle beraber çalışmasını sağlayarak yatay yüklere karşı dayanımı artırmaktadır (Şekil 4.20).

Binanın yaklaşık 150. kattan sonraki kısmı çelik olarak yapılmıştır. Bu da dünyada ilk defa betonarme kütle üzerine çelik konstrüksiyonla devam edilen ilk bina özelliğini kazandırmıştır.

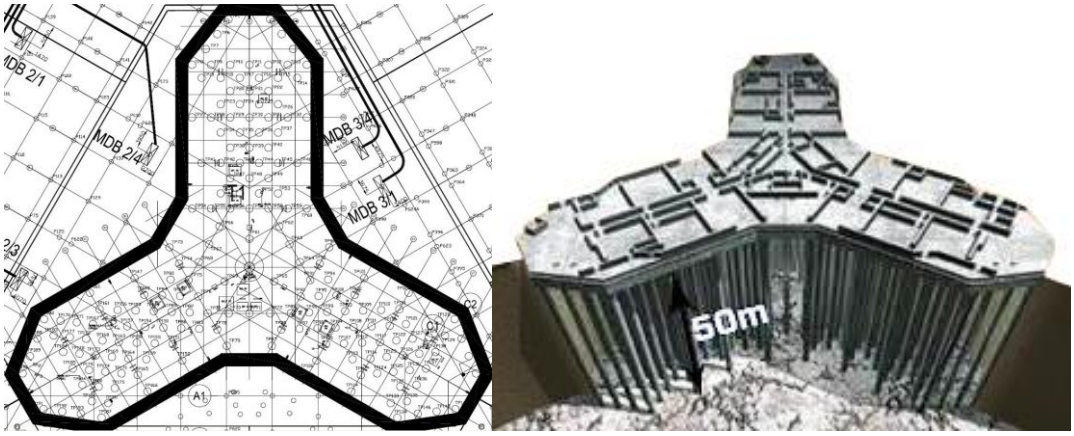


Şekil 4.20. Burj Khalifa taşıyıcı sistem detayı ve çekirdek planı (Ege mimarlık, EKİM 2008).

Yapım Aşaması

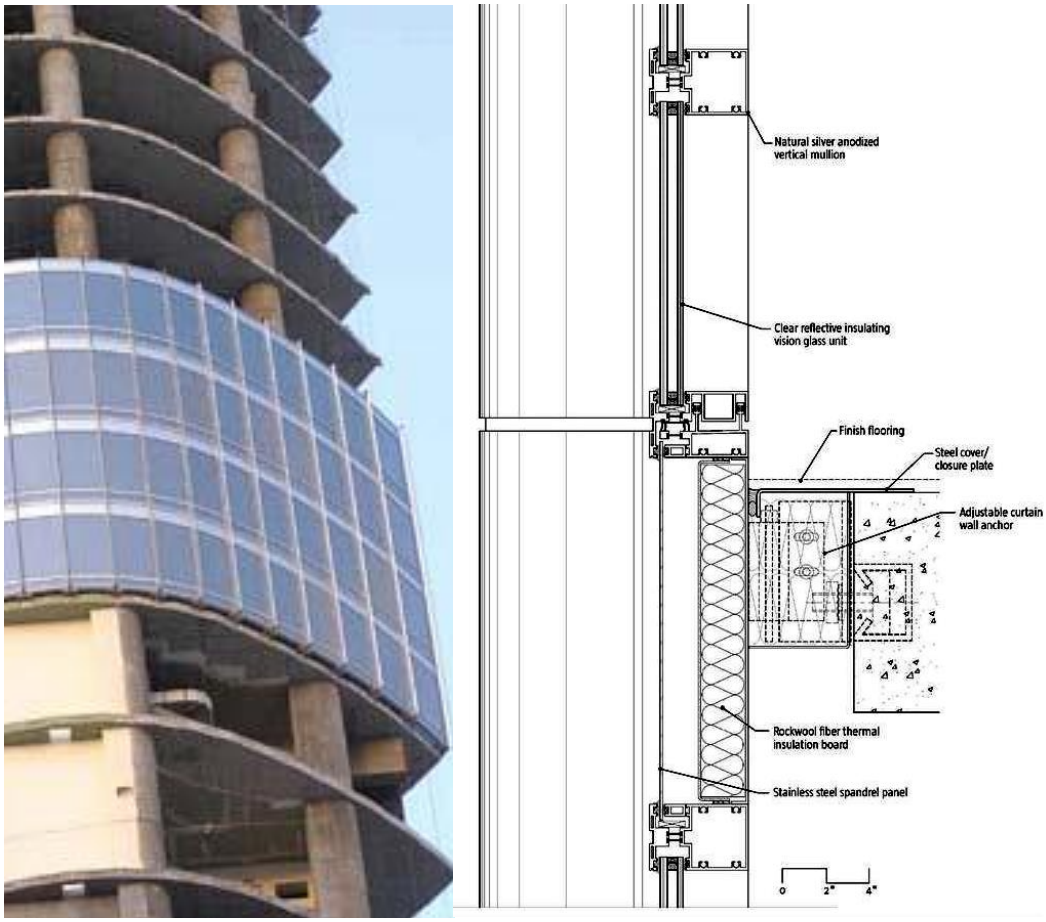
Yapının temel inşaatı 21 Eylül 2004 tarihinde başlamıştır. Temel sistemi, fore kazık sistemi üzerine inşa edilen 3.7 metre kalınlığında radye temelden oluşmaktadır (Şekil 4.19). Radye temel dört aşamada, 441.433,33 m³ C50 dayanımlı kendiliğinden yerleşen beton kullanılarak tamamlanmıştır.

Temel yapımında 194 adet 1,5 metre çapında, 50 metre derinliğinde her biri 3.000 ton taşıma kapasiteli fore kazık sistemi kullanılmıştır (Şekil 4.21). Kazıklar yüksek yoğunluklu, düşük geçirgenliği olan C60 dayanımlı kendiliğinden yerleşen betona, boşaltma yöntemi kullanılarak polimer karışımla yapılmıştır.



Şekil 4.21. Burj Khalifa temel sistemi kazık planı ve perspektifi (URL-42).

120.000 m² dış cephe, 45.000 m² alüminyum ve dokulu paslanmaz çelik parapet kaplamasına sahiptir. Binanın cephelerine gelen rüzgâr yüklerini en aza indirmek için binanın hiçbir cephesi düz olarak tasarlanmamıştır ve köşeleri dairesel birleşimlerle yapılmıştır. Panel cephe sistemini oluşturan 28.261 adet cam panelin her biri tek tek elle kesilmiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Burj Khalifa cephe sistemi görünümü (URL-43).

Taç yaprağı biçiminde tabanı olması ve teras açıklığının olmaması geleneksel bina bakım üniteleri çözümünü ortadan kaldırmıştır. Bu yüzden özel olarak dış cephe üzerinde hareket edebilen bina bakım üniteleri tasarlanmıştır. Bu kompleks makinalar bina içerisindeki park pozisyonlarından, özel olarak tasarlanmış açılır kapanır cephe sistemi yardımıyla dış cephe üzerinde bulunan paslanmaz çelik raylar üzerine geçip hareket etmektedirler. Binanın 109. katından 21. Seviyeye (624 m) kadar kalan orta bölüm 19. seviyede, 20. ve 21. seviyede bulunan 21,5 m erişim mesafesine ve mafsallı kola sahip özel makinalar tarafından erişim sağlanmaktadır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Burj Khalifa cephe temizleme sistemi (URL-44).

Burj Khalifa'da kullanılan kalıp sistemleri, daha önce bu yükseklikte ve bu kadar aşırı koşullarda kullanılmamıştır. Kulenin şekli, beton kalıplarının oldukça yüksek adaptasyon yeteneğine sahip olmasını zorunlu kılmıştır. Oldukça kısıtlı olan kulenin inşaat süresi, mükemmel bir iş programını zorunlu hale getirmiştir. Bina çekirdeği için tasarlanan yan duvar tırmanır kalıp sistemleri sayesinde her 72 saatte, bir katın inşaatı tamamlanabilmiştir. (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Burj Khalifa kalıp sistemi (URL-45).

4.1.5. Al Hamra Tower, 2011, Kuveyt

Çizelge 4.5. Al Hamra Tower hakkında genel bilgiler.



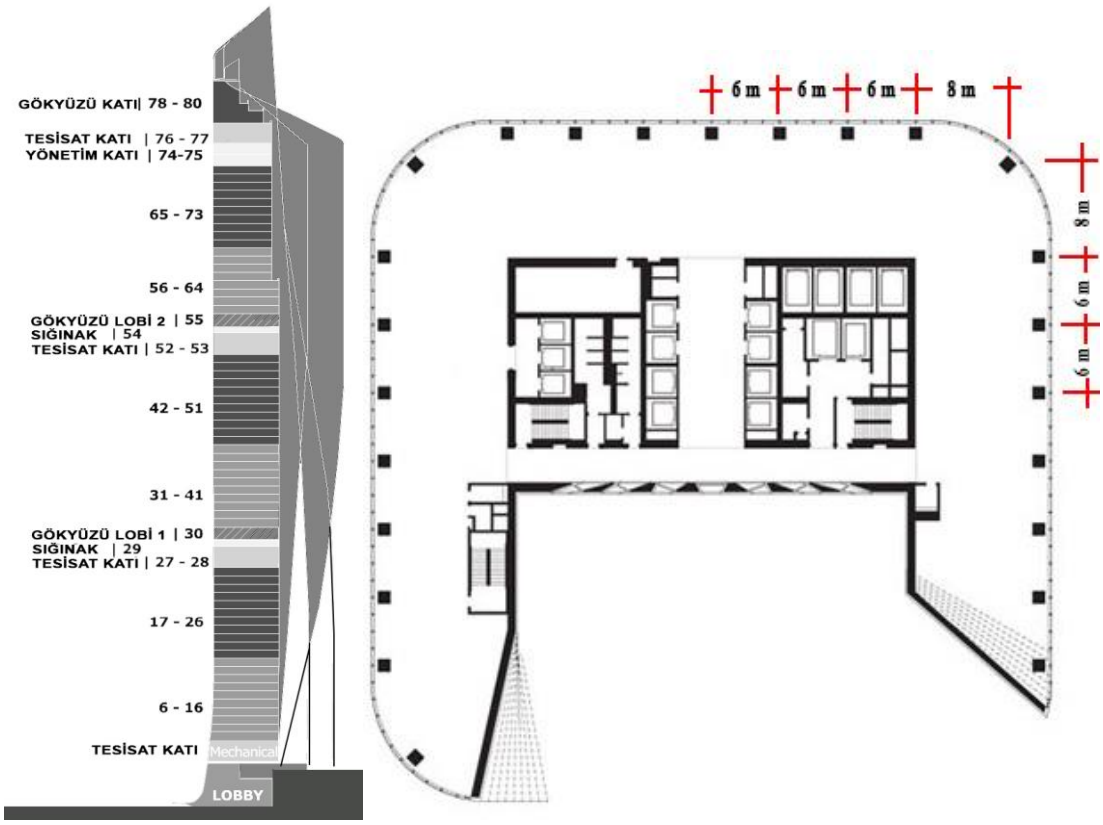
Başlangıç Tarihi	2005
Bitiş Tarihi	2011
Yeri	Kuveyt
Mimari Tasarım	Al Jazera Consultants; Callison; Skidmore Owings
Strüktürel Tasarım	Skidmore Owings & Merrill
Strüktür Türü	Çerçeve ve perde duvarlı
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Ofis
Kat Adedi	80
Yükseklik	413
Cephe Sistemi	Giydirme cephe panel sistem
Temel Sistemi	Kazık üzeri radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Mimari Özellikler

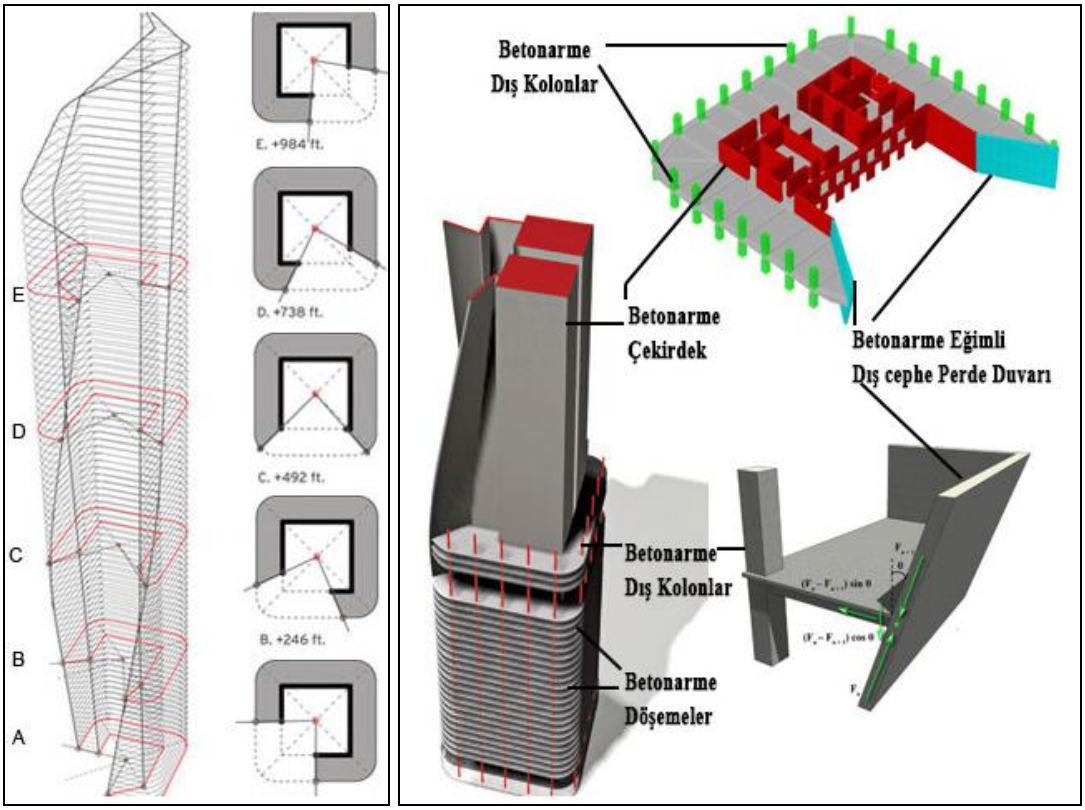
2011 de yapımı tamamlanan Kuveyt'teki 80 katlı, 413 metre yüksekliğindeki Al Hamra Tower, toplam 212.886,23 m² ofis alanına ve 2225 m² kat alanına sahip olup üç katı tesisat sistemlerine ayrılmıştır (27,28.kat, 52,53.kat, 76-77.kat), (Şekil 4.25).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Al Hamra Tower, betonarme bir taşıyıcı sisteme sahiptir (Şekil 4.26). Yapı betonarme bir çekirdek, dış çerçeve ve spiral formda dönen, eğrisel dış perde duvarlar tarafından taşınmaktadır. Ofis kiracılarının körfez manzarasını görmek istemeleri nedeniyle, tasarımcılar giriş katında bulunan avlu yönünü üst katlara çıkıldıkça körfez manzarasına doğru spiral bir formla döndürerek çevirmişlerdir.



Şekil 4.25. Al Hamra Tower kesit ve planı (URL-48).



Şekil 4.26. Al Hamra Tower taşıyıcı sistemi (URL-48).

Yapım Aşaması

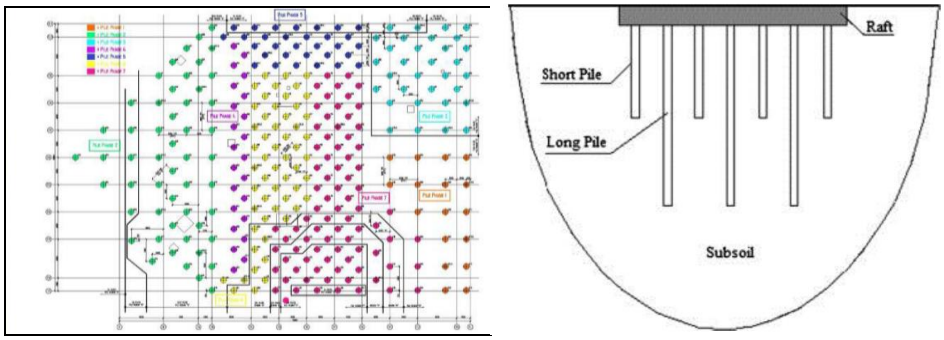
2005 yılında yapımına başlanmış ve 2011'de tamamlanmıştır. (Şekil 4.27). Düşey yapı elemanlarında (spiral perde, çekirdek ve kolonlar) hidrolik tırmanır kalıp sistemi, döşemelerde alüminyum panelli döşeme kalıp sistemi, cephede çalışma platformları ve koruyucuları kullanılmıştır. (Şekil 4.28). Temel sisteminde, 3,6 metre aralıklarla yerleştirilen ve derinliği 20 ile 27 metre arasında değişen 289 fore kazık kullanılarak arazinin iyileştirilmesi yedi aşamada tamamlanmıştır. Kazıkların üstüne 4 metre kalınlığında radye temel yapılmıştır (Şekil 4.29), (CTBUH).



Şekil 4.27. Al Hamra Tower yapım aşamaları.



Şekil 4.28. Al Hamra Tower kalıp sistemi (URL-49).



Şekil 4.29. Al Hamra Tower temel sistemi kazık yerleşim planı ve kesiti (URL-48).

4.1.6. Kingkey 100, 2011, Shenzen

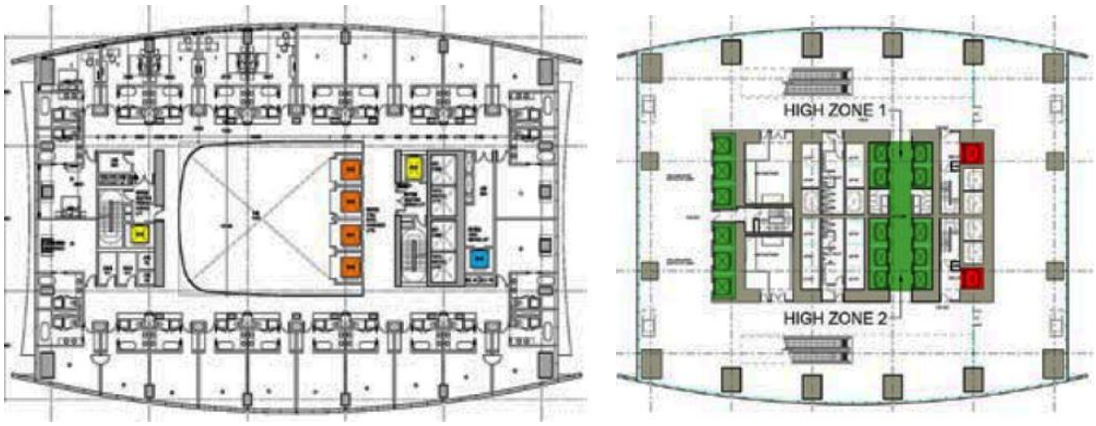
Çizelge 4.6. Kingkey 100 hakkında genel bilgiler.



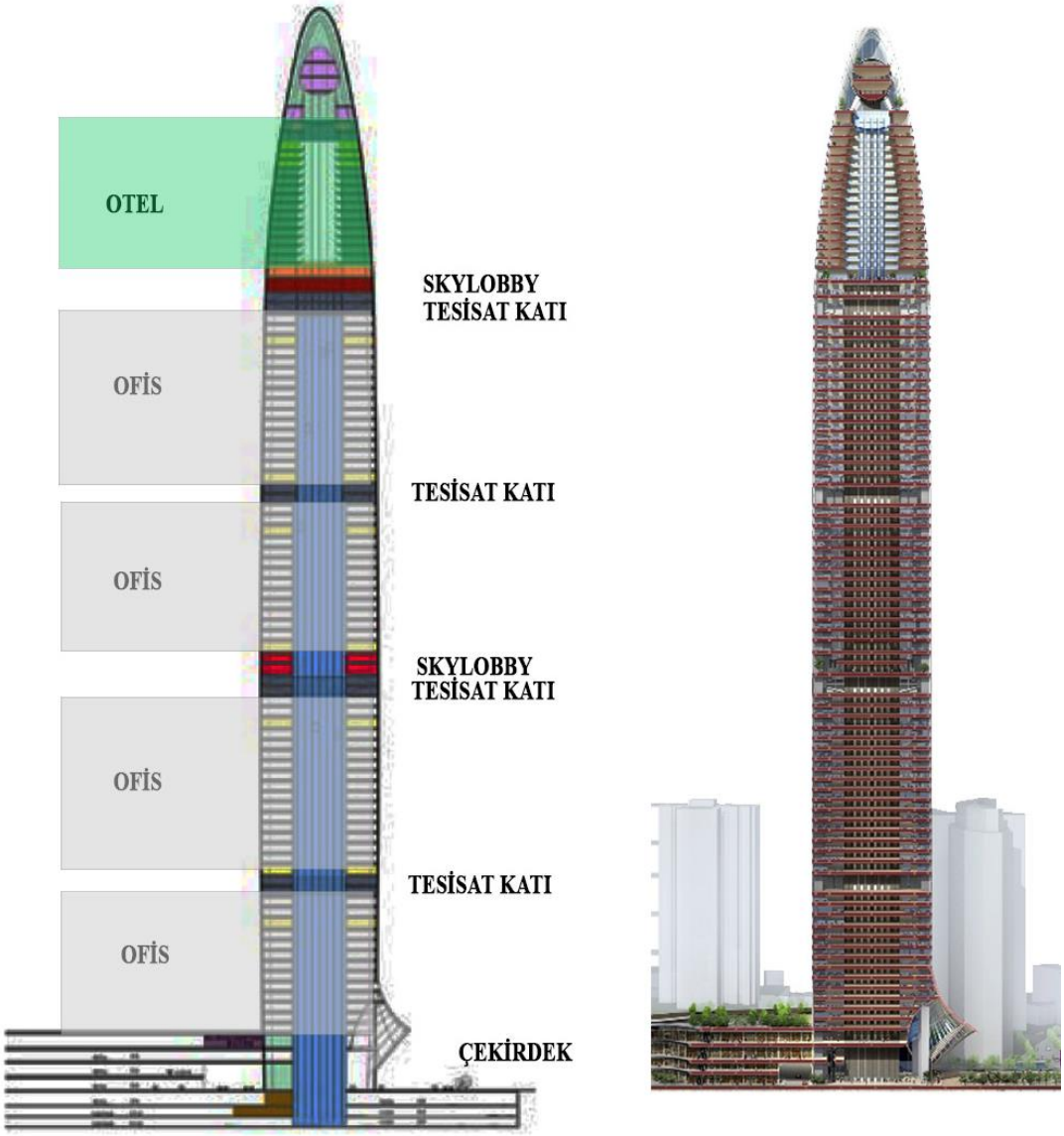
Başlangıç Tarihi	2007
Bitiş Tarihi	2011
Yeri	Shenzen
Mimari Tasarım	TFP Farrells
Strüktürel Tasarım	RBS Architectural Engineering Design Associates
Strüktür Türü	Çekirdek + mega çerçeve
Strüktür	Kompozit
Fonksiyonu	Otel/Ofis
Kat Adedi	100
Yükseklik	441,8
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Keson temel üzeri radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Mimari Özellikler

2011'de Shenzen'de yapımı tamamlanan 57x46 metre plan boyutlarında, 100 katlı, 441,8 metre yüksekliğindeki, 69 katı ofis ve 26 katı otel kullanımlı Kingkey 100, toplam 220.000 m² alana sahiptir (Şekil 4.30), (Şekil 4.31). Ofis katlarının net yüksekliği 2.8 metre (kattan kata 4.2 m.) ve otel odalarının net yüksekliği 2.8 metredir (kattan kata 3.5 m.)

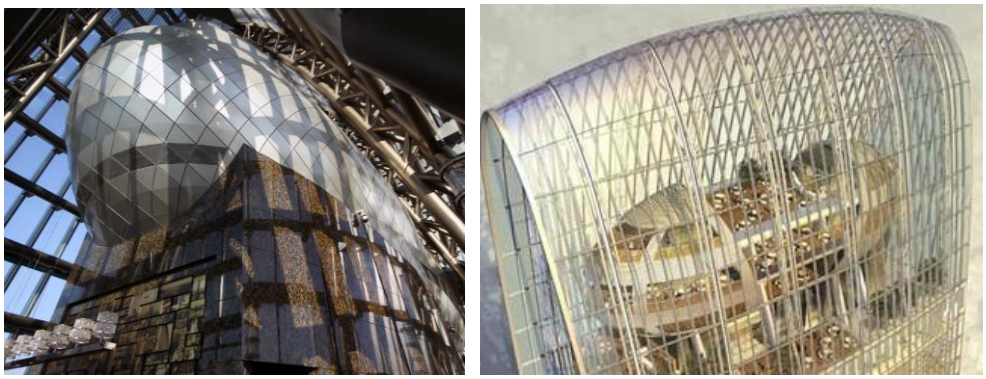


Şekil 4.30. Kingkey 100 kat planları (URL-50).



Şekil 4.31. Kingkey 100 kesit ve görünüşü (URL-50).

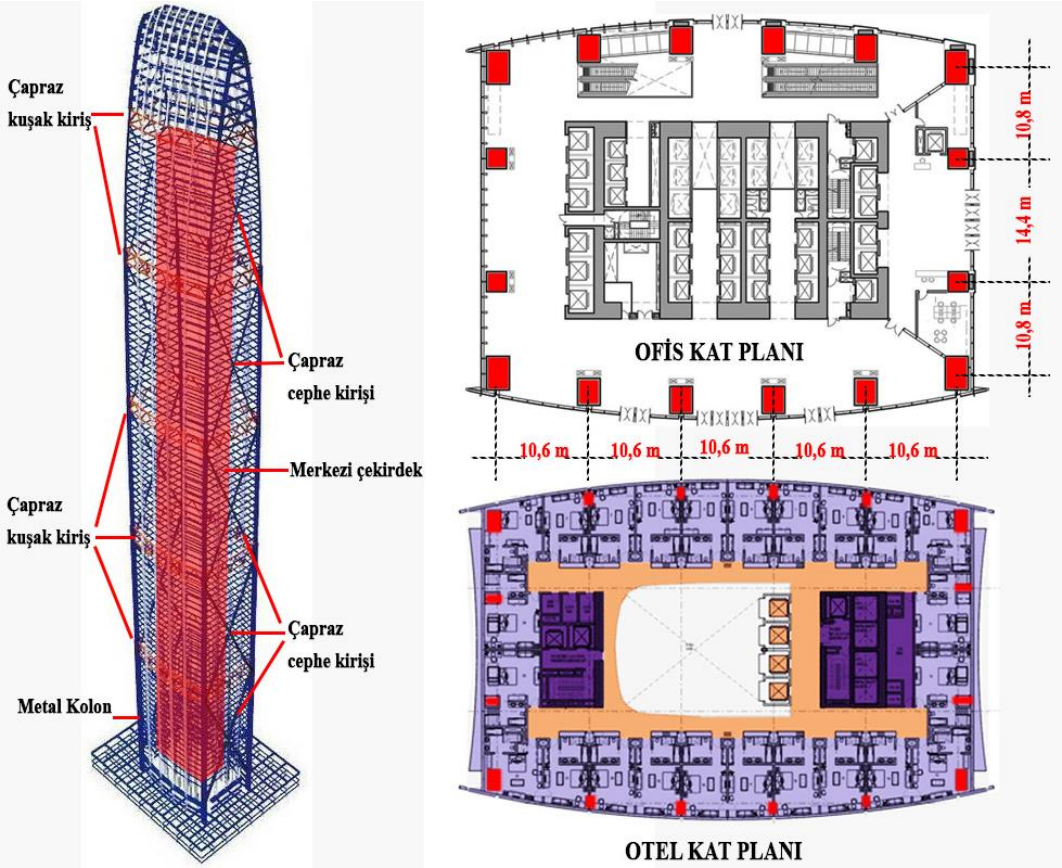
Kingkey 100 binasının otel katlarının üzerinde, farklı bir tasarım ve konstrüksiyona sahip, oval planlı dört katlı restoran ve bar bulunmaktadır(Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Kingkey restoran görünümü (URL-50).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yapının taşıyıcı sistemi, zeminde 33x36 metre boyutunda dikdörtgen biçimli merkezi betonarme çekirdek, çelik cephe kolonları (aks ölçüleri uzun kenarda 10,6 metre, kısa kenarın yanlarında 10,8 metre, orta aksında 14,4 metre), her 17 katta olmak üzere toplamda beş adet iki katlı metal çapraz kuşak, kısa cephelerinde her 17 katı bağlayan mega çapraz kirişler ve kompozit döşemelerden oluşmaktadır (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Kingkey 100 taşıyıcı sistem detayları (URL-50).

Yapım Aşaması

Kingkey 100 çekirdek yapımında vinçle kaldırılan tırmanır kalıp sistemi ve keson temel sistemi üzerine 6 metre kalınlığında radye temel kullanılmıştır (sections.asce.org).

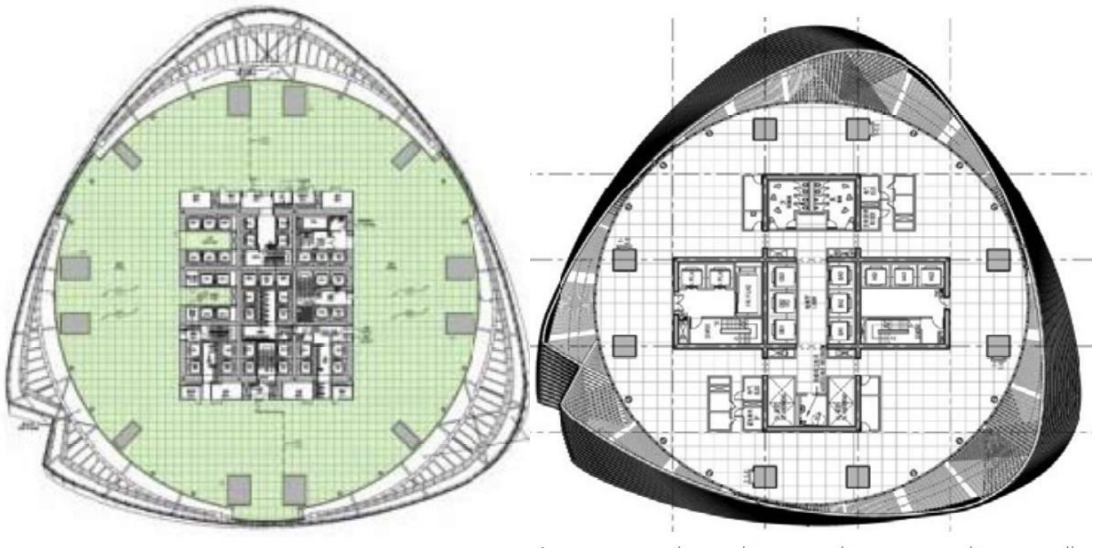
4.1.7. Shangai Tower, 2014, Shanghai

Çizelge 4.7. Shangai Tower hakkında genel bilgiler.

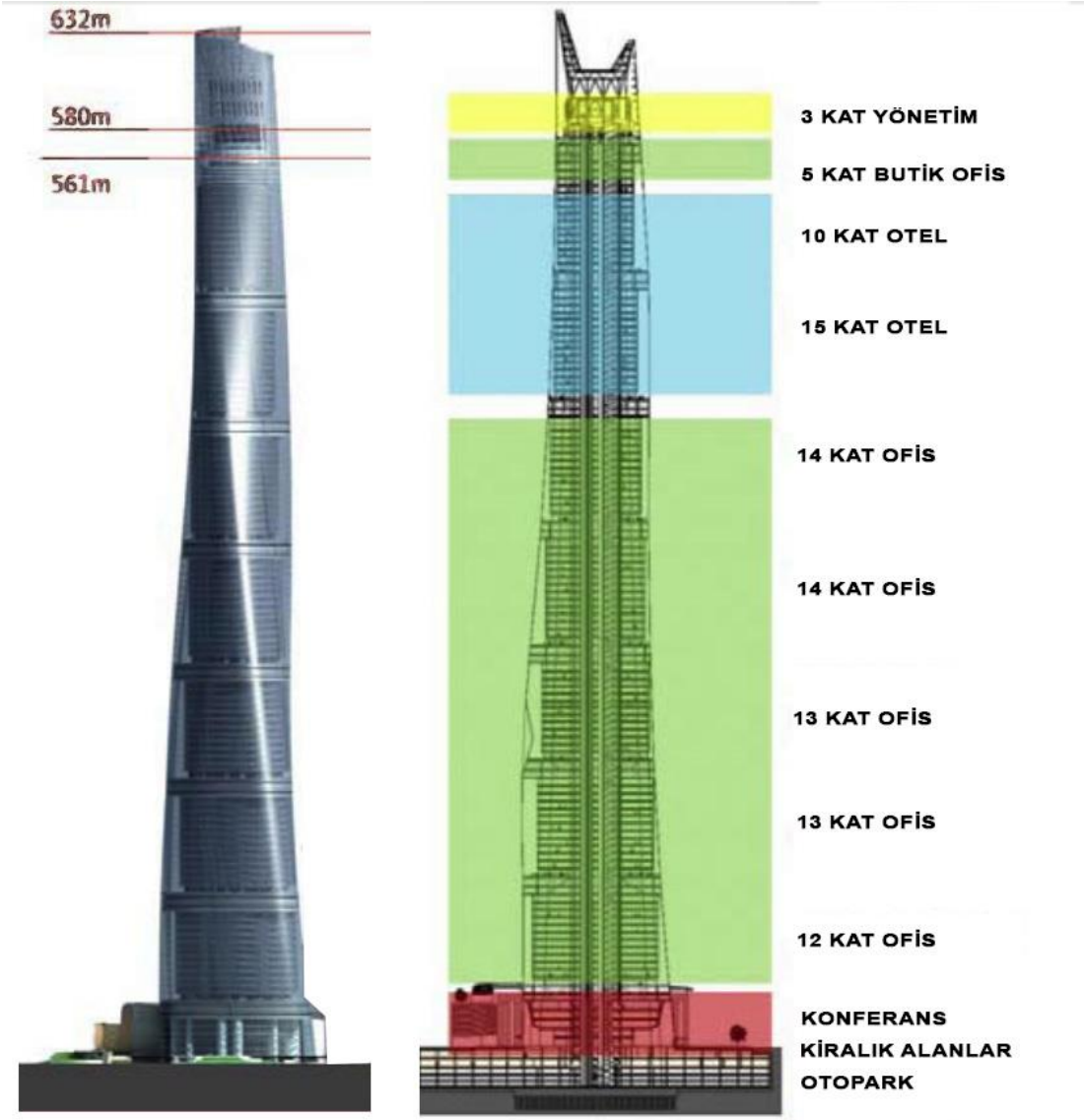
	Başlangıç Tarihi	2009
	Bitiş Tarihi	2014
	Yeri	Shanghai
	Mimari Tasarım	Gensler
	Strüktürel Tasarım	Thornton Tomasetti
	Strüktür Türü	Mega kolonlu çerçeve ve çekirdek
	Strüktür Malzemesi	Kompozit
	Fonksiyonu	Otel/Ofis
	Kat Adedi	128
	Yükseklik	632
	Cephe Sistemi	Çift cephe sistemi
	Temel Sistemi	Kazıklı temel sistemi/Radye temel
	Kalıp Sistemi	Tırmanır kalıp sistemi

Mimari Özellikler

2014'te Shanghai'da yapımı tamamlanacak olan 128 katlı, 632 metre yüksekliğindeki, 66 katı ofis ve 30 katı otel olarak kullanılan Shangai Tower, toplam 420.000 m² alana sahiptir. (Şekil 4.34), (Şekil 4.35).



Şekil 4.34. Shangai Tower planları (Gensler, 2010).

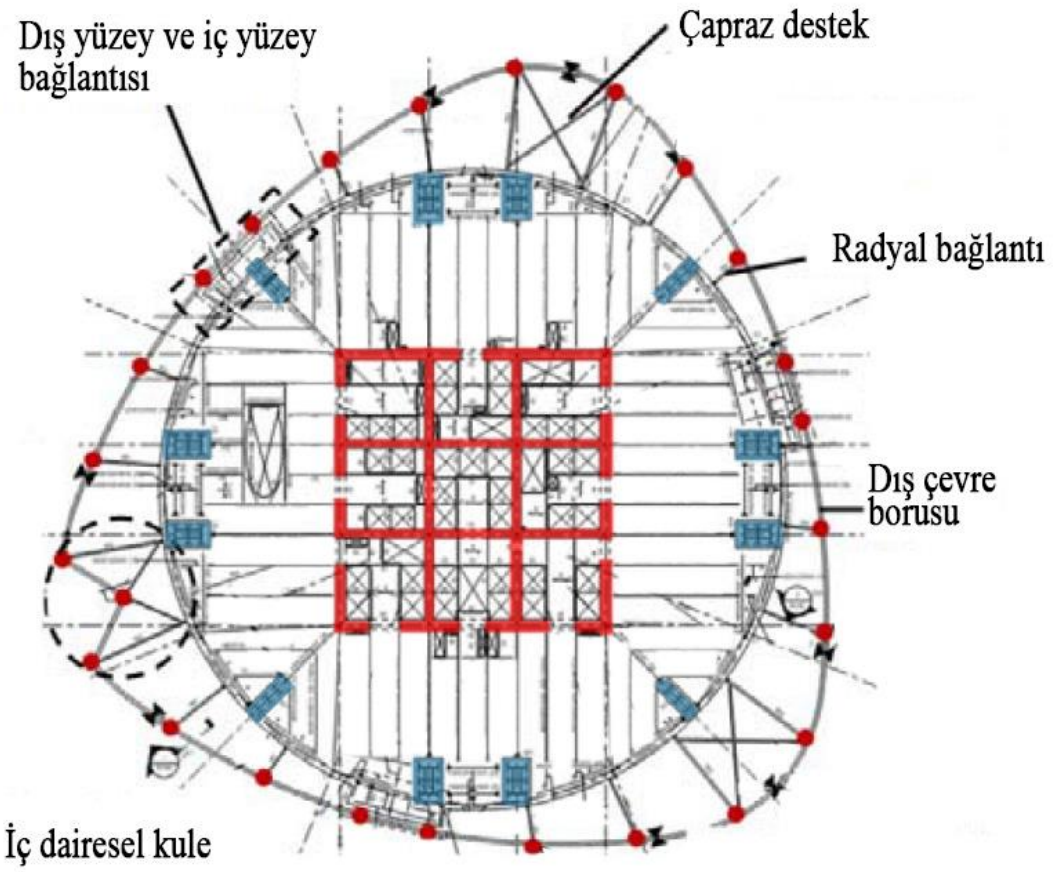


Şekil 4.35. Shangai Tower görünüşler (Gensler, 2010).

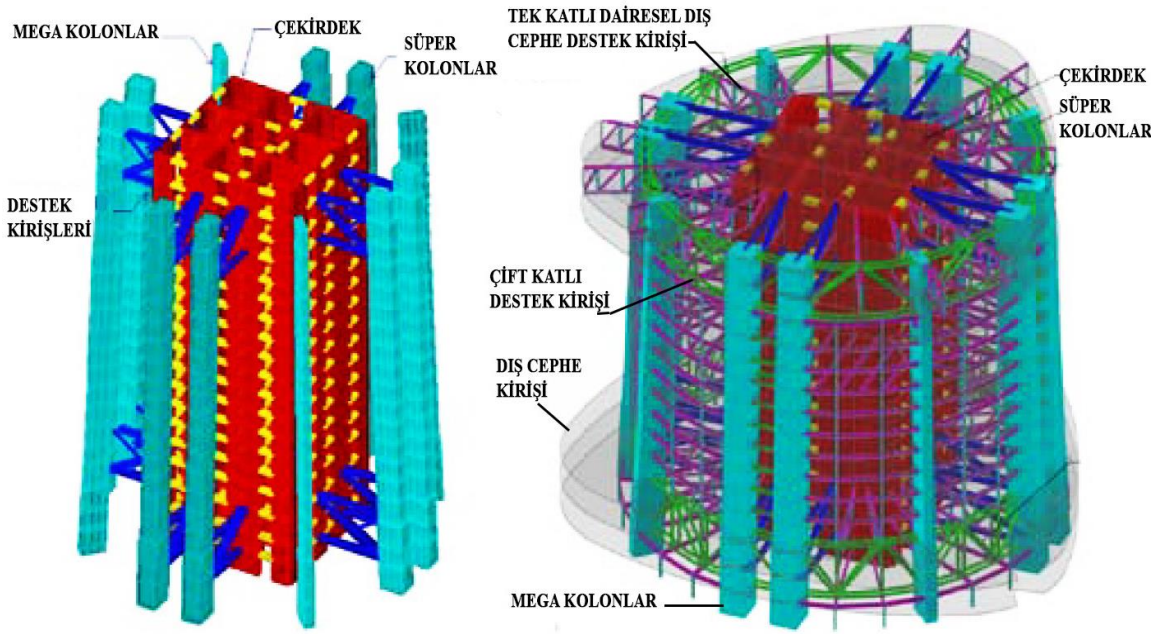
Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Shangai Tower, merkezinde kare planlı betonarme bir çekirdek ve dışta iki katman halinde düzenlenen iki çerçeveden oluşmaktadır (Şekil 4.36). Bunlardan iç kısımdaki dairesel plan formuna sahip olup sekiz adet kompozit mega kolon ile çekirdek köşelerini karşılayan, 4 adet kompozit süper kolondan oluşmakta ve kolonları birleştiren her 12—14 kattan sonra oluşturulan toplam sekiz adet 2 katlı çelik kat perdeleri, düzenlenmiştir (Şekil 4.37).

Yapı 12 ile 15 kat arası değişen 9 ayrı bölgeden oluşmaktadır. Her bölgenin ilk katı bahçe katı olarak düzenlenmiştir.



Şekil 4.36. Shangai Tower taşıyıcı sistem planı.



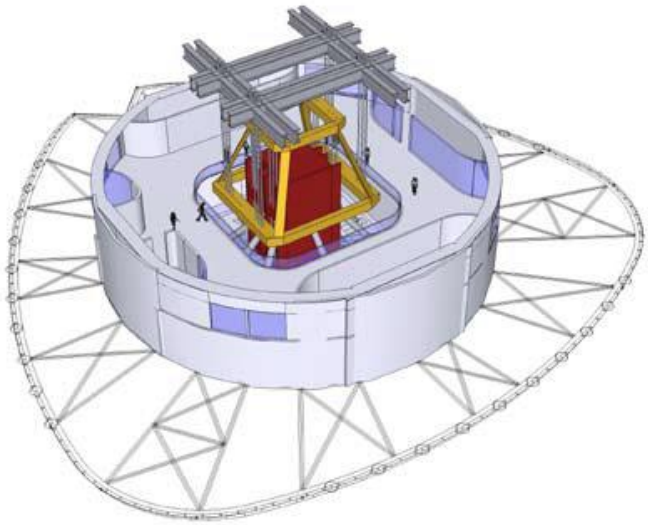
Şekil 4.37. Shangai Tower taşıyıcı sistem perspektifleri (Gensler, 2010).

Yapının taşıyıcı sistem tasarımı sırasında yapılan rüzgar testlerinde, 7 adet çevresel kirişin zeminden tepe noktasına kadar 120 derece döndürülmesiyle oluşturulan spiral cephe formu en optimal sonucu vermiştir (Şekil 4.38), (CTBUH,2011).



Şekil 4.38. Shangai Tower taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu modelinin bilgisayar destekli oluşturulması.

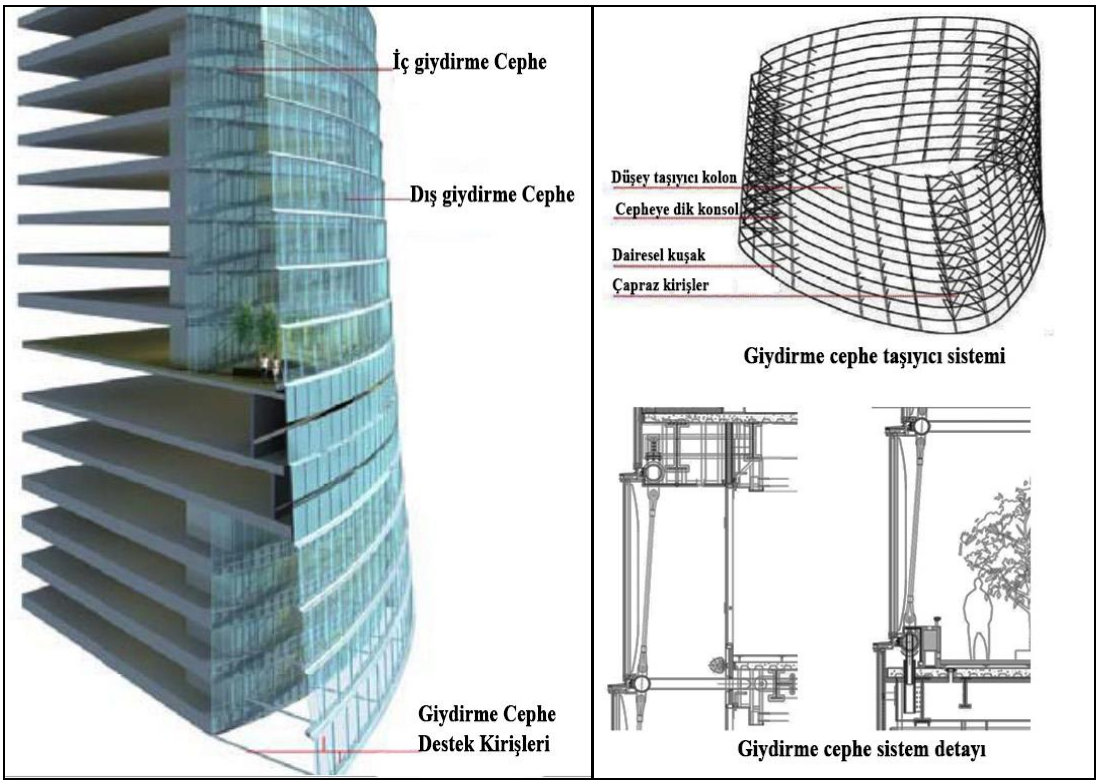
Shangai Tower'ın en üst katında yanal yükleri dengelemek için amortisörler kullanılmıştır (Şekil 4.39).



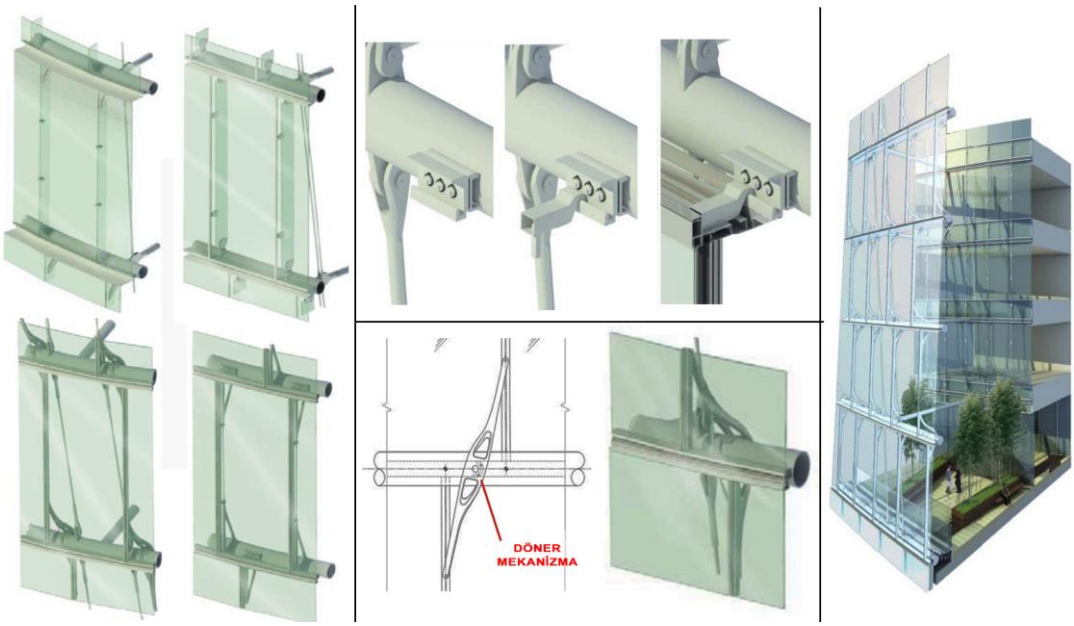
Şekil 4.39. Shangai Tower amortisör detayı (Gensler, 2010).

Yapım Aşaması

Shangai Tower dairesel iç cephe ve spiral dış cephe olmak üzere iki adet cephe sistemine sahip olup, cephelerde farklı strüktürel cam cephe uygulamaları ve montaj sistemleri kullanılmıştır (Şekil 4.40), (Şekil 4.41).



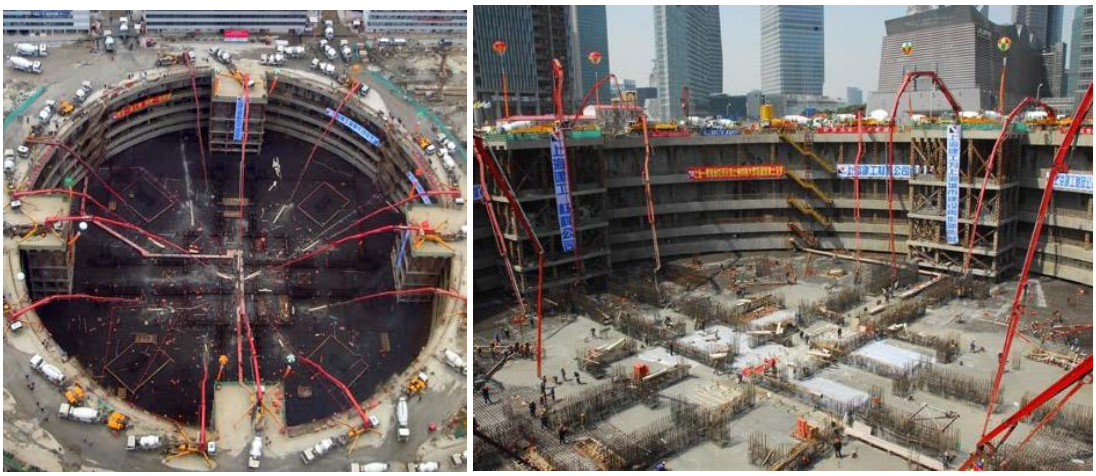
Şekil 4.40. Shangai Tower cephe sistemi ve detayları (Gensler, 2010).



Şekil 4.41. Shangai Tower cephe sistemi çeşitleri montajı ve detayları (Gensler, 2010).

Temel Sistemi

Kulenin temel sisteminde, 120 metre çapında silindirik bir alanda, 1079 adet beton ve çelik fore kazık ile arazi iyileştirmesi yapılarak üzerine 6 metre radye temel uygulaması yapılmış ve aralıksız 60 saat beton dökümü yapılarak tamamlanmıştır (Gensler, 2010), (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. Shangai Tower temel sistemi görünümleri (Gensler, 2010).

Shangai Tower çekirdek yapımında hidrolik tırmanır kalıp sistemi, kolonlarda vinçle tırmanır kalıp sistemi, cephede çalışma platformları ve koruyucuları kullanılmıştır (Gensler, 2010), (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Shangai Tower kalıp sistemi görünümleri (Gensler, 2010).

4.1.8. Sky City, 2014, Changsha

Çizelge 4.8. Sky City hakkında genel bilgiler.

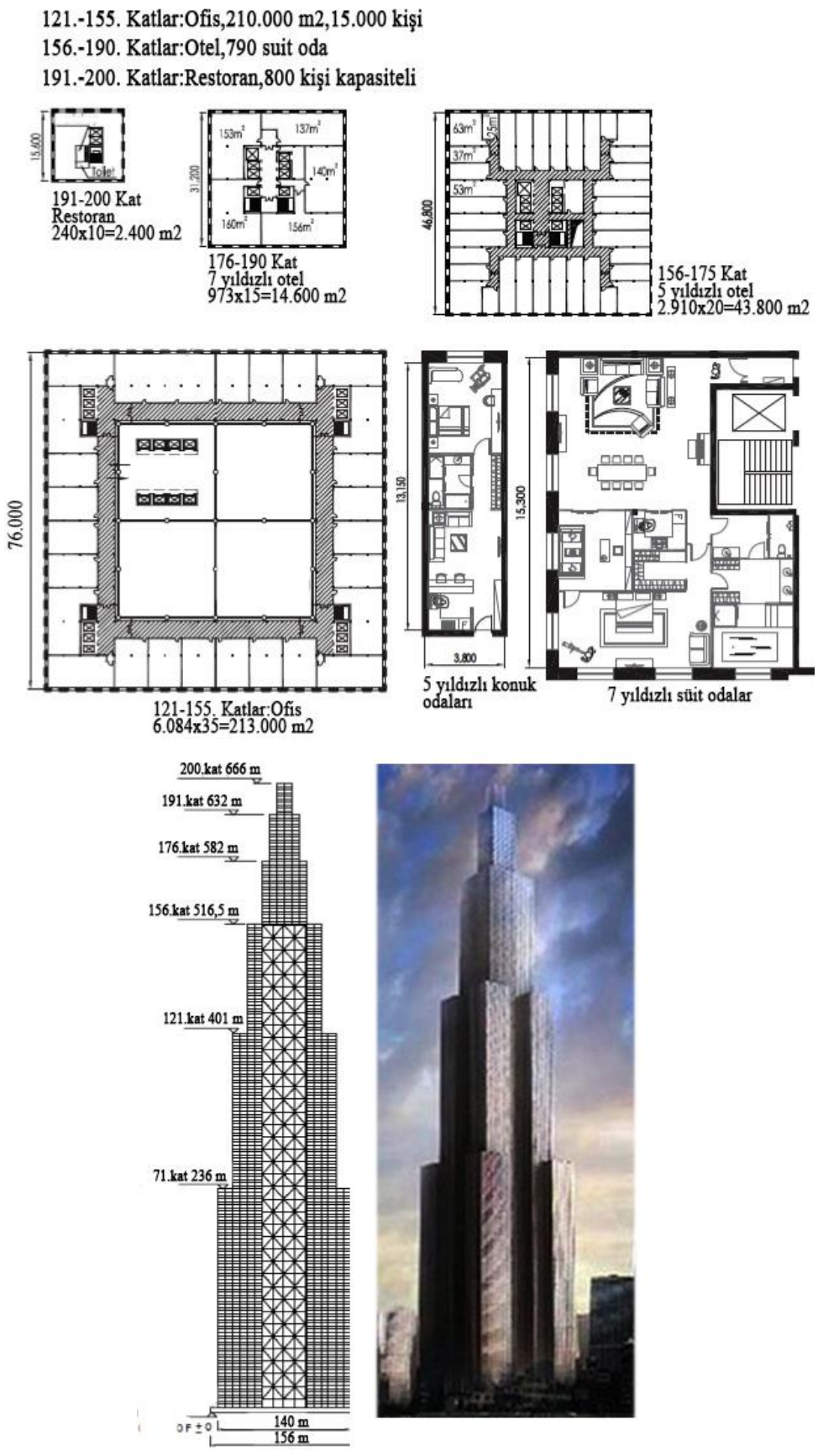


Başlangıç Tarihi	2013
Bitiş Tarihi	2014 (Tahmini)
Yeri	Changsha
Mimari Tasarım	Broad Group
Strüktürel	Broad Group
Strüktür Türü	Panel döşeme ve kolonlu sistem
Strüktür	Çelik
Fonksiyonu	Otel/Ofis/Hastane/Eğitim/Lüks Konut
Kat Adedi	202
Yükseklik	838
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Önüretimli betonarme kazık üzeri radye temel
Kalıp Sistemi	

Mimari Özellikler

2014'de Changsha'da yapımı tamamlanacak olan 202 katlı, 838 metre yüksekliğindeki, karma kullanımlı Sky City, toplam 1.050.000 m² kullanım alanına sahiptir . Yapının döşeme elemanları yapım öncesinde fabrika ortamında üretilecek olup kolonlar ve bu önüretimli döşeme panelleri şantiyede kısa sürede monte edilecektir. Böylece yapının %95'i önüretimli olacaktır.

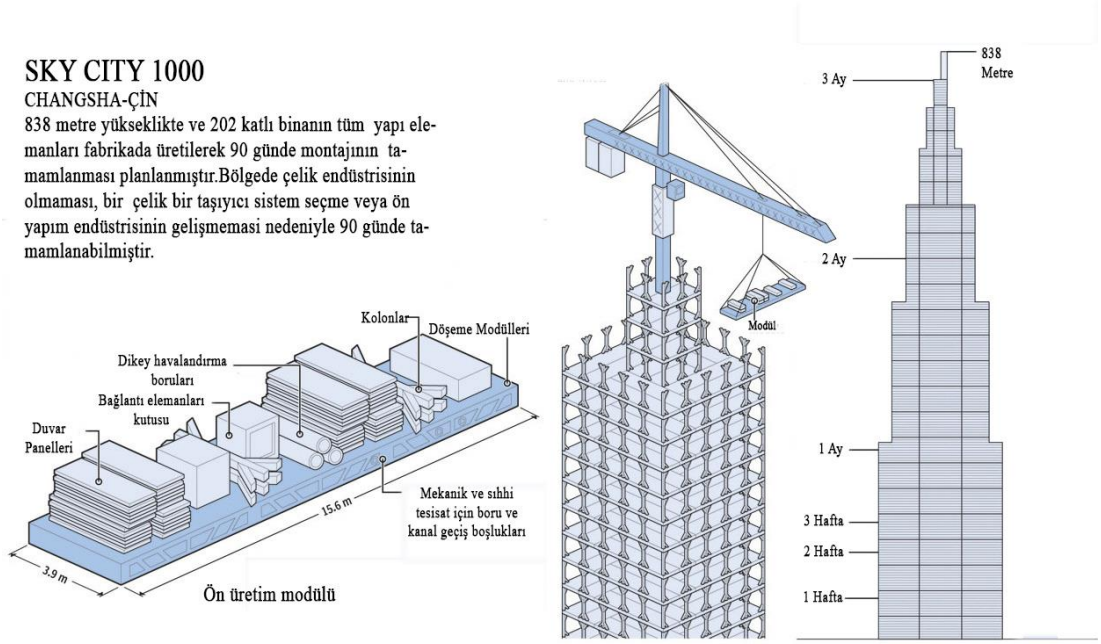
Sky City 30.000 den fazla lüks konut, 250 adet otel odası, 100.000 m² okul, hastane ve ofis alanına sahip olacaktır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Sky City plan ve kesitler (URL-10).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Dünyanın çelik taşıyıcı sistemiyle yapılacak olan en yüksek binası olmaya aday 167 katlı, 838 m yüksekliğindeki Sky City, önüretimli çelik döşeme panelleri ve düşey kolonlar tarafından taşınmaktadır (Şekil 4.45). Büyük oranda önüretime tabi tutulan elemanlar yerinde monte edilerek, yapımda hız kazanılması planlanmaktadır.



Şekil 4.45. Sky City çelik taşıyıcı sistemi (URL-52).

Yapım Aşaması

Sky City için benzeri bir durum yaşanarak, iki ayda tamamlanması planlanan ve ön üretimli elemanlardan üretilecek olan yapının inşaat süresi, üretim yetersizlikleri nedeniyle 9 aya uzatılmıştır. Yapının önüretimli çelik elemanları fabrikada modüler üretim yapılarak şantiye sahasına tırlarla taşınmıştır (Şekil 4.46).

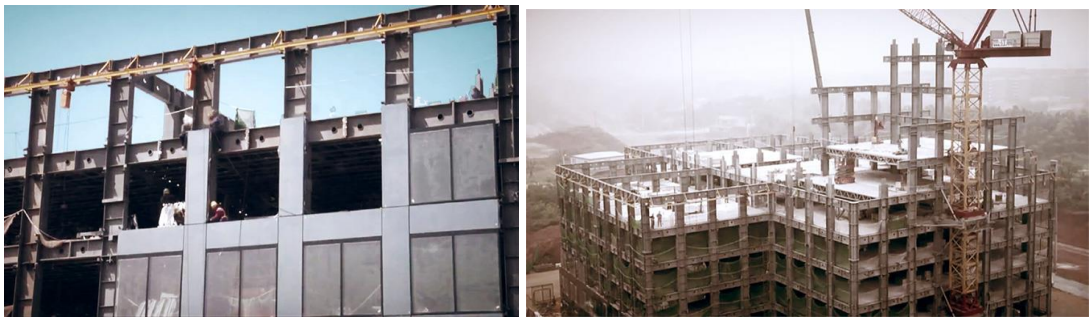


Şekil 4.46. Sky City modüllerin fabrikada üretimi ve nakliyesi (URL-53).

Önüretimli çelik elemanlar şantiyede hızlı bir şekilde monte edilirken (Şekil 4.47), tamamlanan katlara ait giydirme cephe panellerinin de montajı yapılmaktadır (Şekil 4.48).



Şekil 4.47. Sky City modüllerin montaj aşamaları (URL-53).



Şekil 4.48. Sky City modüllerin ve giydirme panel cephenin montaj aşamaları (URL-53).

Temel sisteminde önüretimli betonarme kazıklarla arazi iyileştirilerek üzerine radye temel yapılmıştır (Şekil 4.49).



Şekil 4.49. Sky City temel sistemi uygulama aşamaları.

4.1.9. Dream Dubai Marina, 2014, Dubai

Çizelge 4.9. Dream Dubai Marina hakkında genel bilgiler.

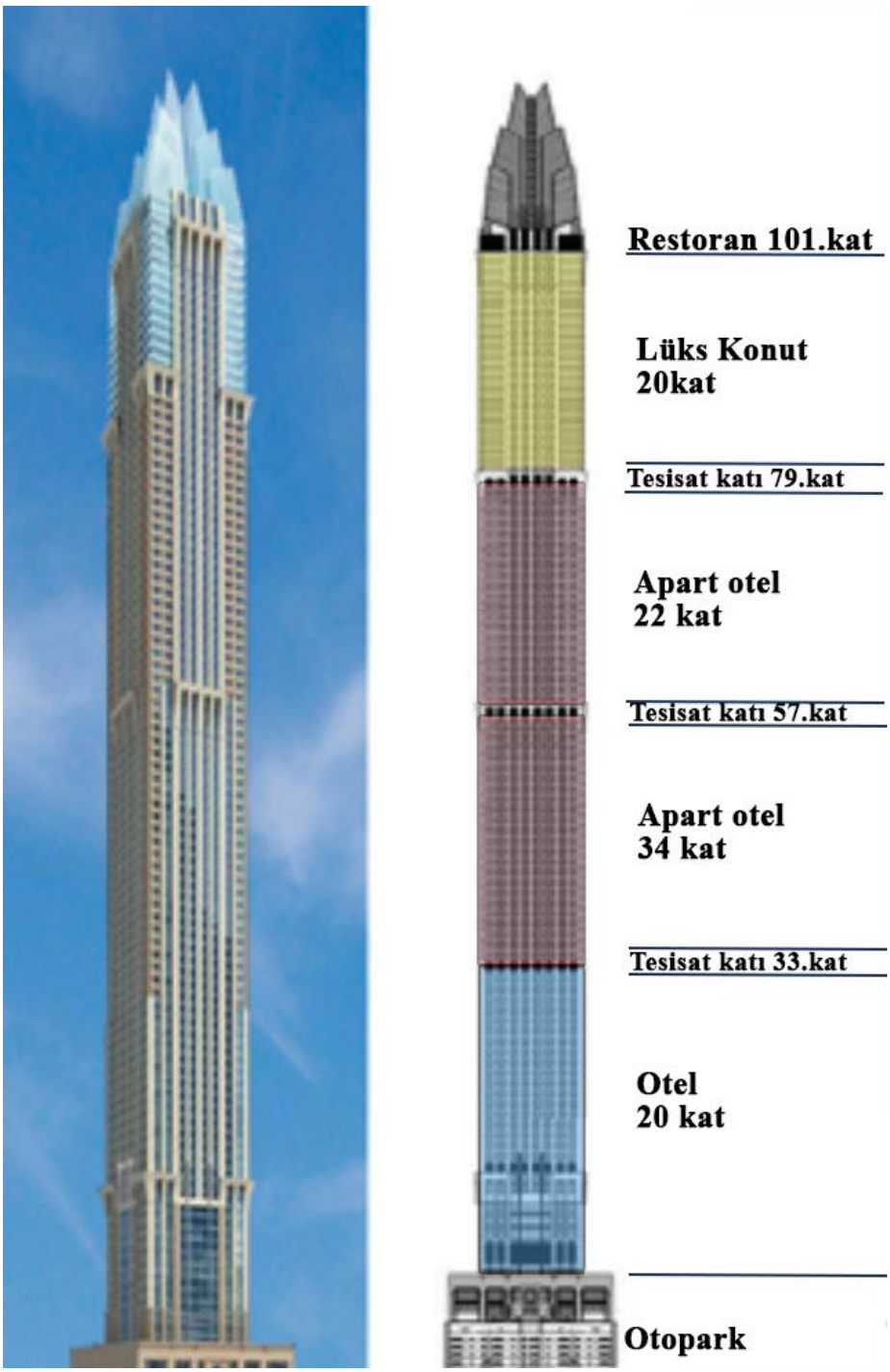
	Başlangıç Tarihi	2007
	Bitiş Tarihi	2014
	Yeri	Dubai
	Mimari Tasarım	National Engineering Bureau
	Strüktürel Tasarım	National Engineering Bureau
	Strüktür Türü	Tübüler sistem
	Strüktür Malzemesi	Betonarme
	Fonksiyonu	Lüks Konut/Otel
	Kat Adedi	101
	Yükseklik	432
	Cephe Sistemi	Giydirme cephe
	Temel Sistemi	Fore kazık + radye temel
	Kalıp Sistemi	Tırmanır kalıp

Mimari Özellikler

2017'de Dubai'de yapımı tamamlanacak olan 101 katlı, 432 metre yüksekliğindeki, lüks konut yapısı Dream Dubai Marina, toplam 153.289 m² kullanım alanına sahiptir. Projede 300 adet otel odası, 420 adet servis hizmeti verilen apartman dairesi olmak üzere toplam 720 oda mevcuttur (Şekil 4.50). (Şekil 4.51).



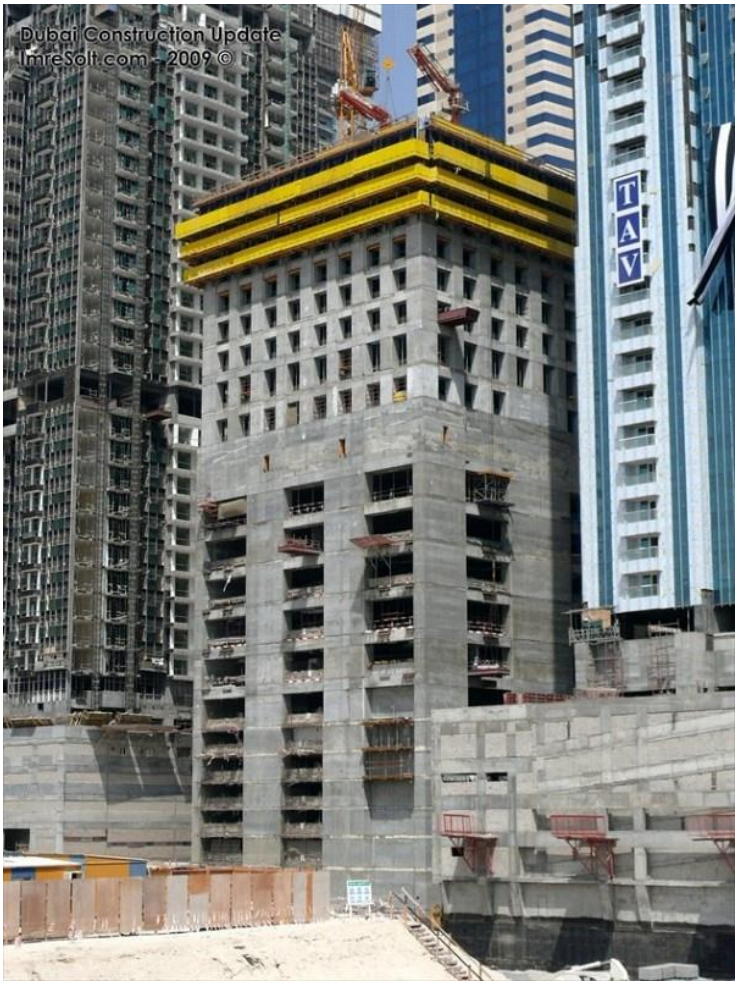
Şekil 4.50. Dream Dubai Marina planları (URL-54).



Şekil 4.51. Dream Dubai Marina kesitler (URL-54).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

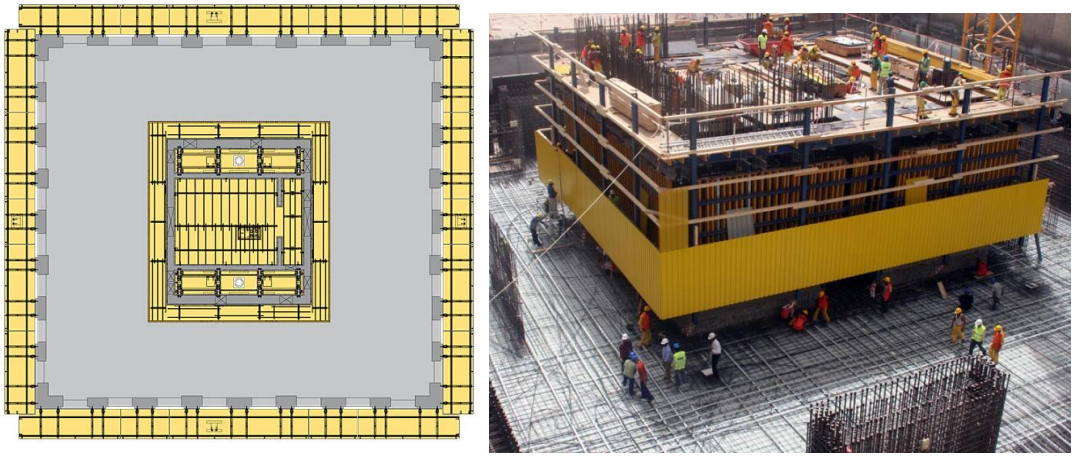
Dream Dubai Marina binası betonarme bir tüp içinde tüp sistem tarafından taşınmaktadır. İlk 10 katta dış cephe betonarme iki kolon genişliğinde perde duvar üzerine iki kat yüksekliğinde kat perdesi yapılmış ve sık aralıklı betonarme kolonlar devam ettirilmek suretiyle tübüler sistem oluşturulmuştur (Şekil 4.52).



Şekil 4.52. Dream Dubai Marina taşıyıcı sistem görünüşü.

Yapım Aşaması

Dream Dubai Marina projesinin yapımında otomatik tırmanır kalıp sistemi, çalışma ve iş güvenliği platformları ve ahşap döşeme kalıp sistemleri kullanılmıştır (Şekil 4.53). Temel sisteminde fore kazık üzerine radye temel kullanılmıştır.



Şekil 4.53. Dream Dubai Marina kalıp sistem planı ve görünümleri (URL-55).

4.1.10. Ping An Finance Center, 2016, Shenzen

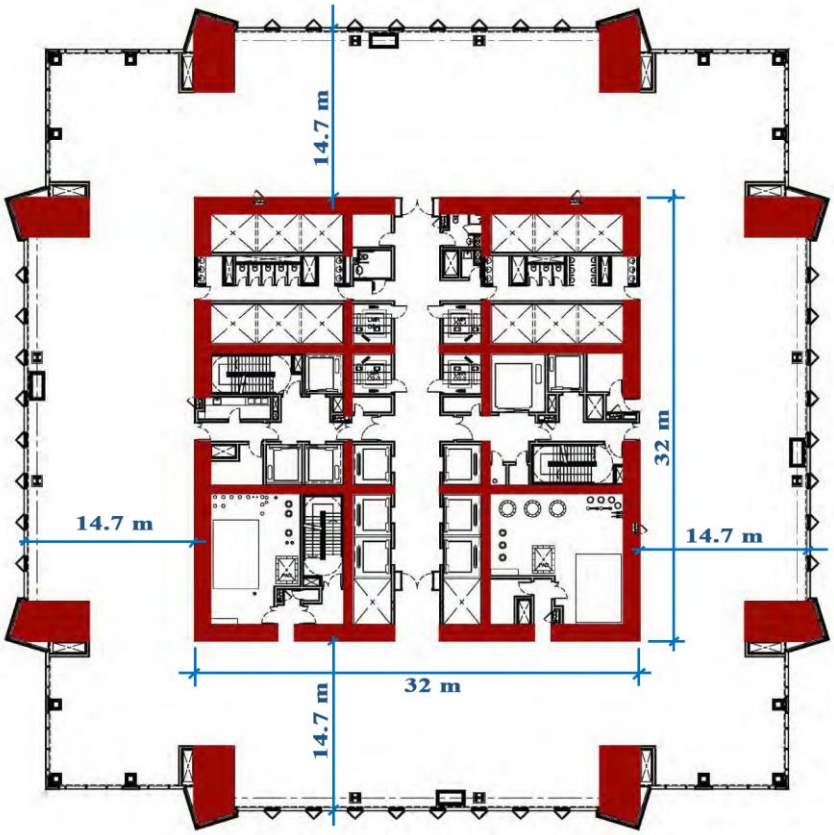
Çizelge 4.10. Ping An Finance Center hakkında genel bilgiler.



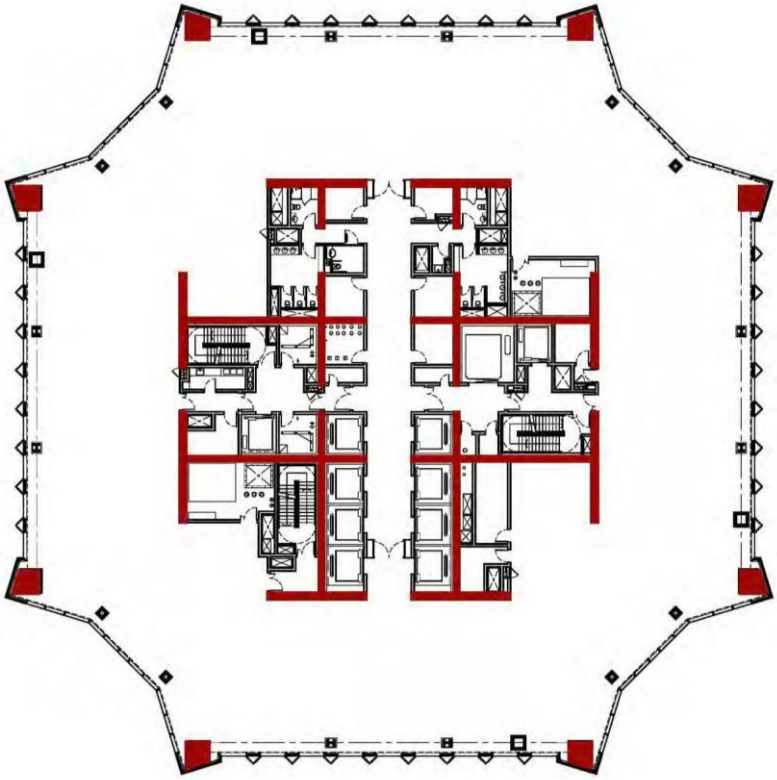
Başlangıç Tarihi	2010
Bitiş Tarihi	2016
Yeri	Shenzen
Mimari Tasarım	Kohn Pedersen Fox Associates
Strüktürel Tasarım	Thornton Tomasetti
Strüktür Türü	Mega kolonlu çerçeve ve çekirdek sistem
Strüktür Malzemesi	Kompozit
Fonksiyonu	Ofis
Kat Adedi	115
Yükseklik	660
Cephe Sistemi	
Temel Sistemi	Fore kazık üzeri radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır kalıp

Mimari Özellikler

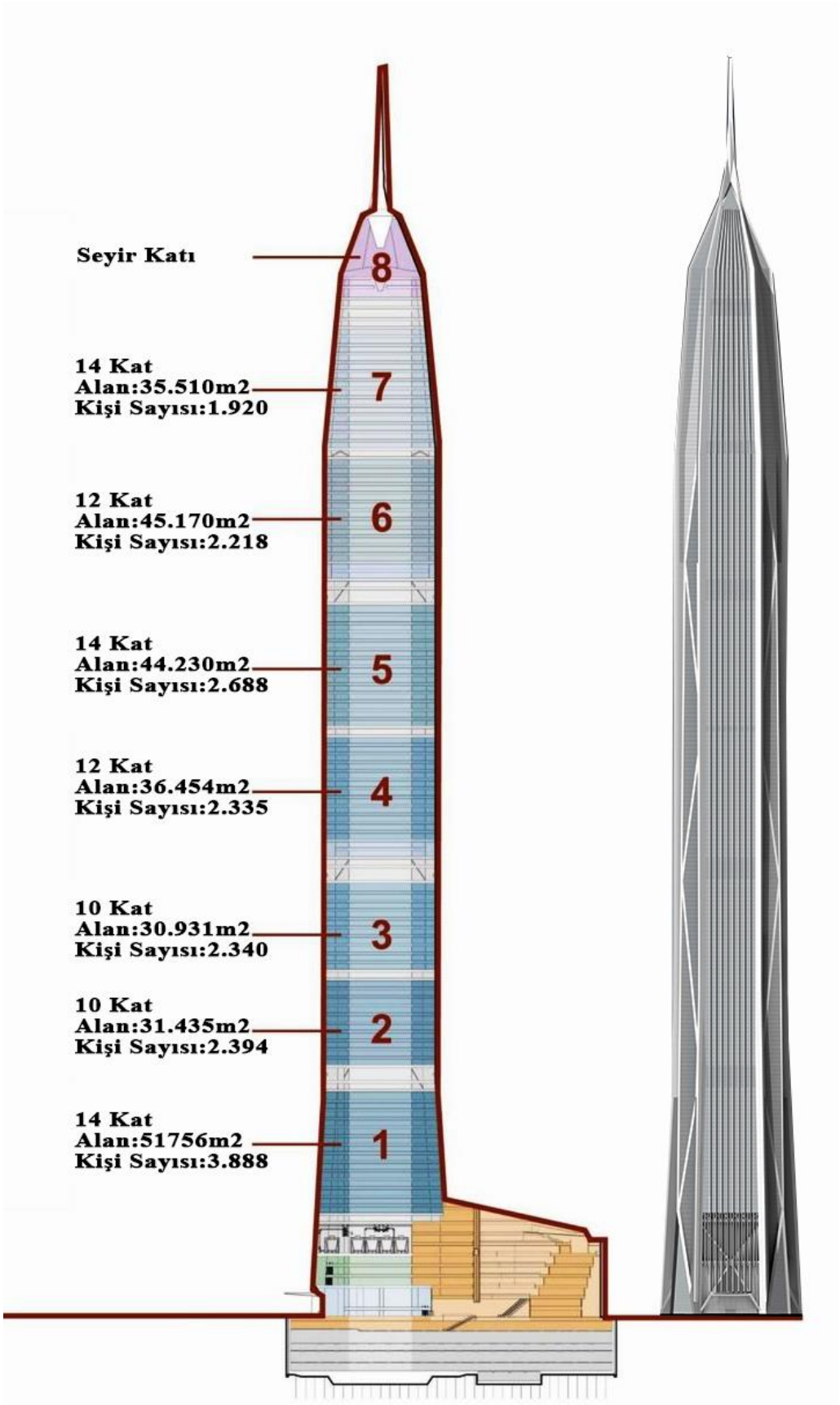
Shenzen'de 2016 te yapımı tamamlanacak olan, 115 katlı, 660 metre yüksekliğindeki Ping An Finance Center, toplam 468.000 m² alana sahiptir. Kare formlu çekirdeğin ölçüleri yaklaşık 32 metredir. Çekirdek ile cephe arasındaki mesafe alt katlarda 14,7 metreden başlayıp üst katlarada 12,5 metreye kadar düşmektedir. (Şekil 4.54), (Şekil 4.55). Bina sekiz bölgeye ayrılmıştır. 10 ile 14 kat arasında değişen yedi bölge ofis olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.56). Ofis kat bölümlerinin arasında kalan katlar bahçe ve tesisat katı olarak kullanılmakltadır. Kat yükseklikleri 4.8 metre olup son 16 kat yüksekliği 4.4 metredir. Binanın üstündeki metal direğin yüksekliği 70 metredir.



Şekil 4.54. Ping An Finance Center alt katlar planı (URL-56).



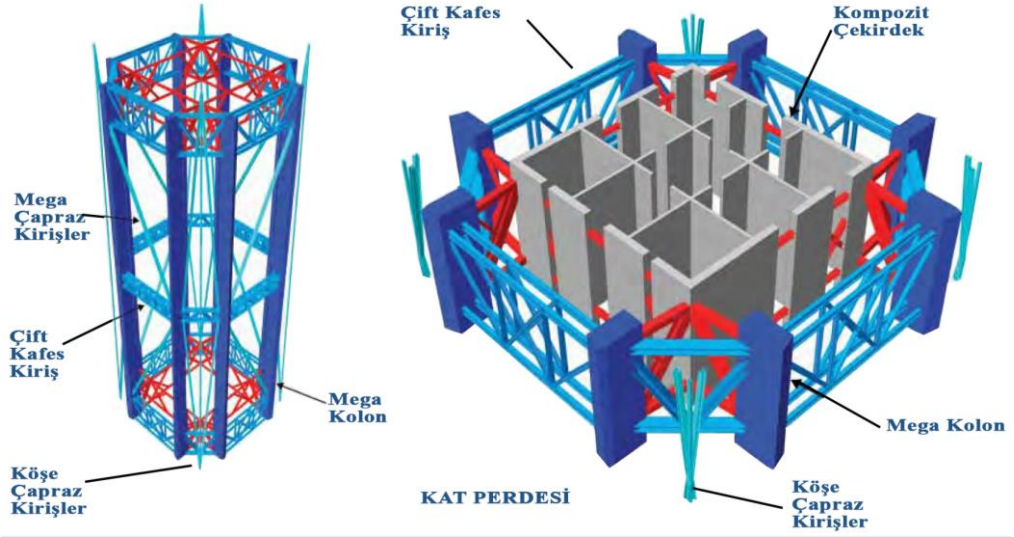
Şekil 4.55. Ping An Finance Center üst katlar planı (URL-56).



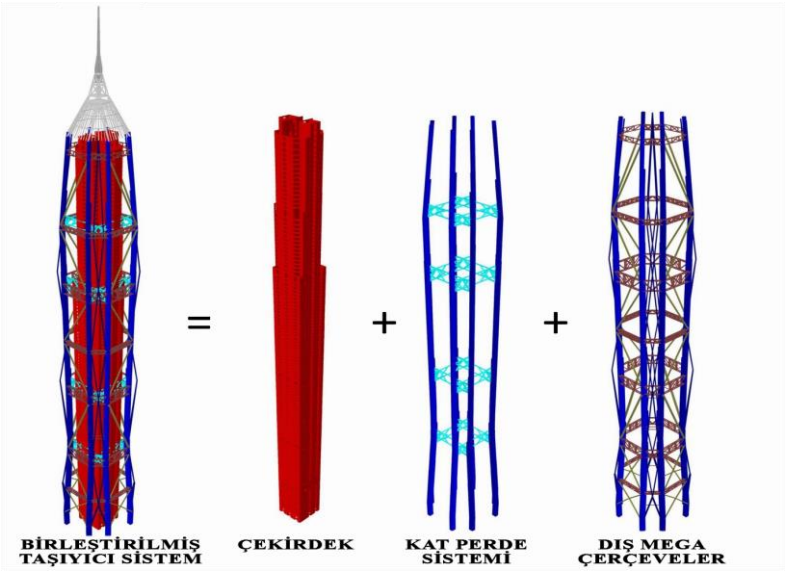
Şekil 4.56. Ping An Finance Center kesit ve görünüşü (URL-56).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

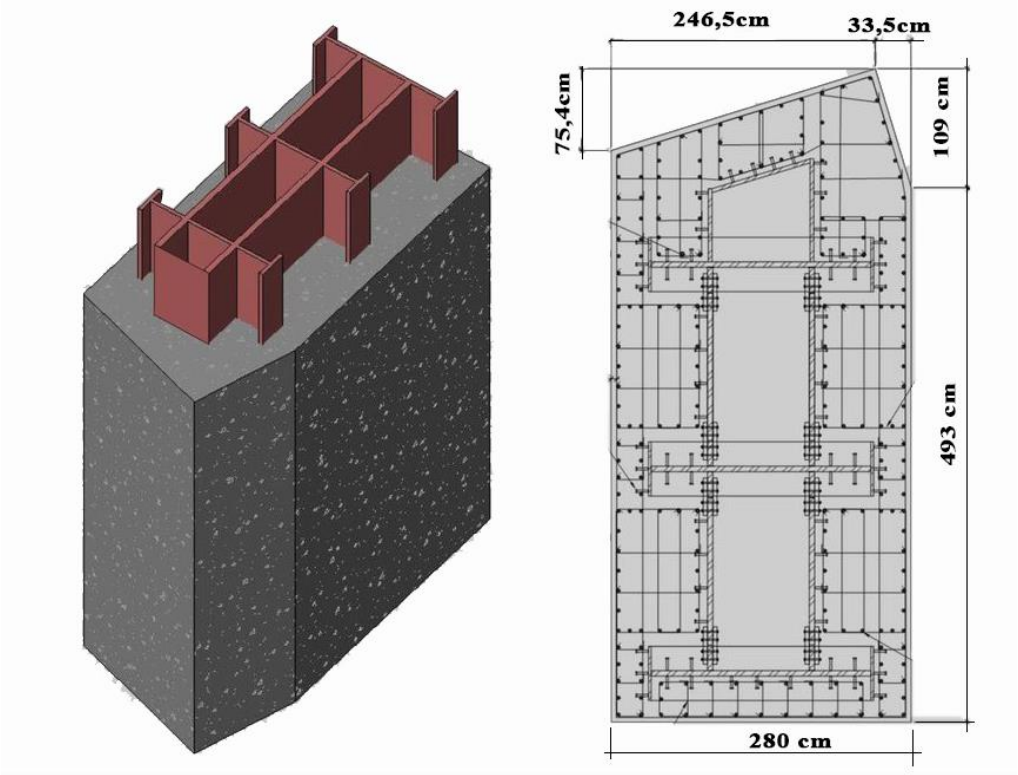
Ping An Finance Center taşıyıcı sistemi, merkezde 32x32 metre ölçülerinde kare şeklinde kompozit malzemeli çekirdek, dış cephede 8 adet 2,8x5 metre ölçülerinde dikdörtgen kompozit malzemeli mega kolonlar, 10-14 kat yüksekliğinde metal çapraz dış cephe kirişleri, yapı köşelerinde metal köşe çapraz kirişler, dıştaki mega kolonları birleştiren toplam 7 adet 1 kat yüksekliğinde çift metal kafes kirişli çevresel kiriş ve mega kolonları çekirdeğe bağlayan toplamda 4 adet (25,48,78 ve 95.katlar) 2 kat yüksekliğinde metal kat perdelerinden oluşmaktadır (Şekil 4.57), (Şekil 4.58), (Şekil 4.59). Döşemelerde metal profiller üzerine 12,5 cm kalınlığında beton dökülerek oluşturulan kompozit döşeme sistemi kullanılmıştır.



Şekil 4.57. Ping An Finance Center taşıyıcı sistem detayı (URL-57).



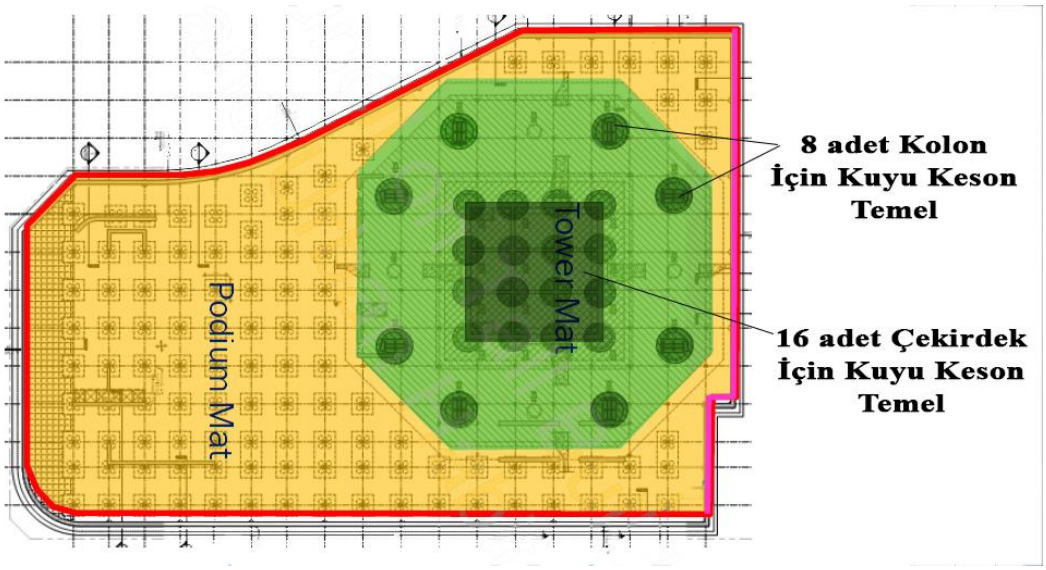
Şekil 4.58. Ping An Finance Center taşıyıcı sistemi (URL-57).



Şekil 4.59. Ping An Finance Center mega kolon detayı (URL-57).

Yapım Aşaması

Temel yapımında çekirdek altında 5,6 metre çapında, 30 metre derinliğinde, 16 adet kuyu keson üzerine 5 metre kalınlığında ve mega kolonlar altında 7,1 metre çapında, 30 metre derinliğinde, 8 adet kuyu keson üzerine 3 metre kalınlığında radye temel sistemi uygulanmıştır (Şekil 4.60), (CTBUH 9. World Congres,2012).



Şekil 4.60. Ping An Finance Center temel sistemi (URL-58).

Ping An Finance Center cephe sistemi, mega kolon ve cephedeki metal dikmelerde paslanmaz çelik levhalar ve giydirme panel cephe sisteminden oluşmaktadır (Şekil 4.61), (CTBUH 9. World Congres,2012).



Şekil 4.61. Ping An Finance Center cephe sistem detayları.

4.1.11. Wuhan Greenland Center, 2017, Wuhan

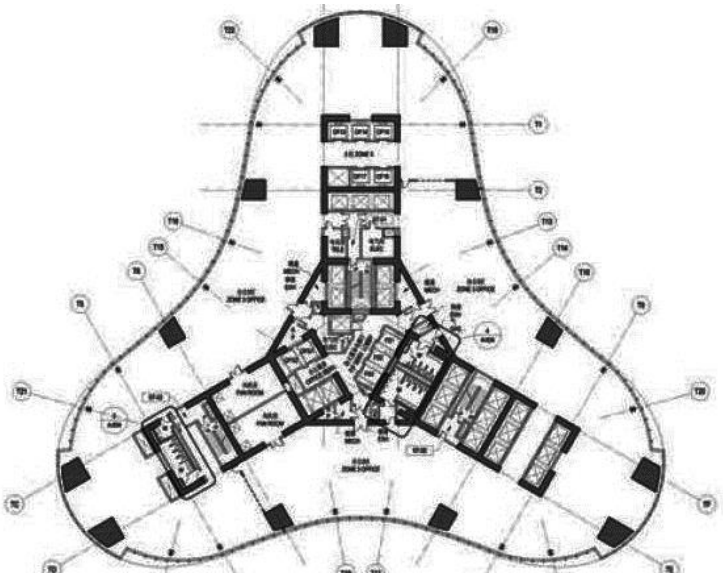
Çizelge 4.11. Wuhan Greenland Center hakkında genel bilgiler.



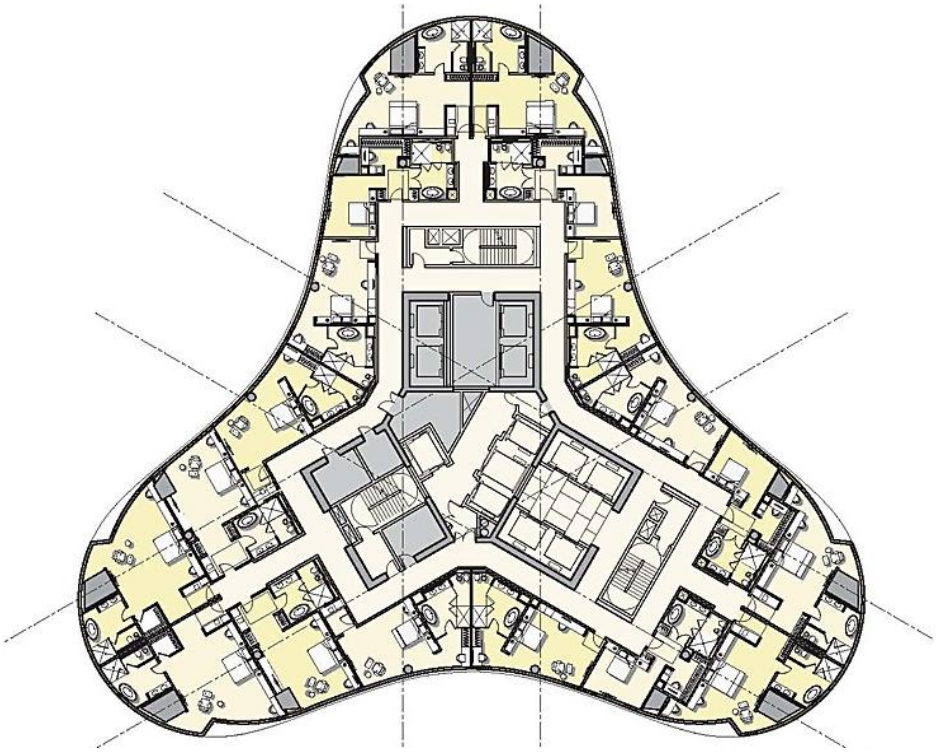
Başlangıç Tarihi	2012
Bitiş Tarihi	2017 (Tahmini)
Yeri	Wuhan
Mimari Tasarım	Adrian Smith + Gordon Gill Architecture
Strüktürel Tasarım	Thornton Tomasetti
Strüktür Türü	Mega çerçeve ve payandalı çekirdek.
Strüktür	Kompozit
Fonksiyonu	Ofis/Lüks konut/Otel
Kat Adedi	125
Yükseklik	636
Cephe Sistemi	Giydirme cephe panel
Temel Sistemi	Keson üzeri radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Mimari Özellikler

2017 da Wuhan'da yapımı tamamlanacak olan 125 katlı, 636 metre yüksekliğindeki, 69.kata kadar ofis,70 ile 89 katlar lüks konut, 90 ile125 katlar otel olmak üzere karma kullanımlı Wuhan Greenland Center, toplam 303.275 m² alana sahiptir (Şekil 4.62), (Şekil 4.63).



Şekil 4.62. Wuhan Greenland Center ofis katları planı (URL-59).

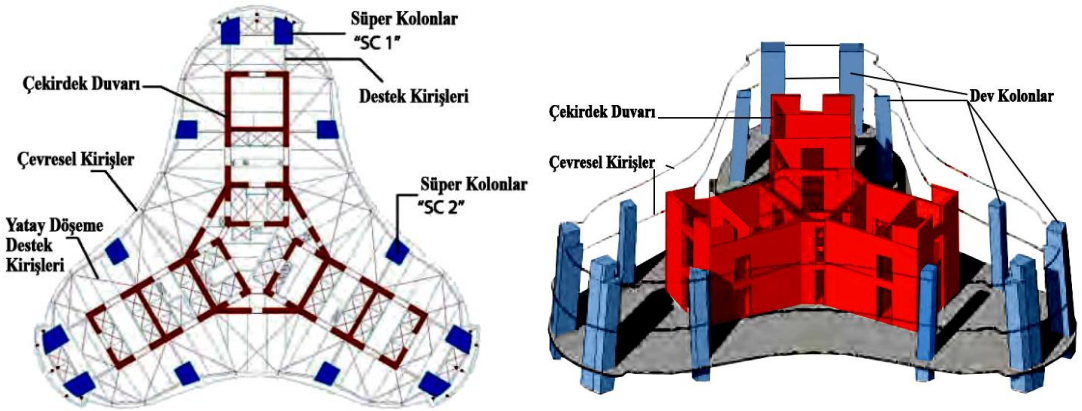


Şekil 4.63. Wuhan Greenland Center otel katları planı (URL-59).

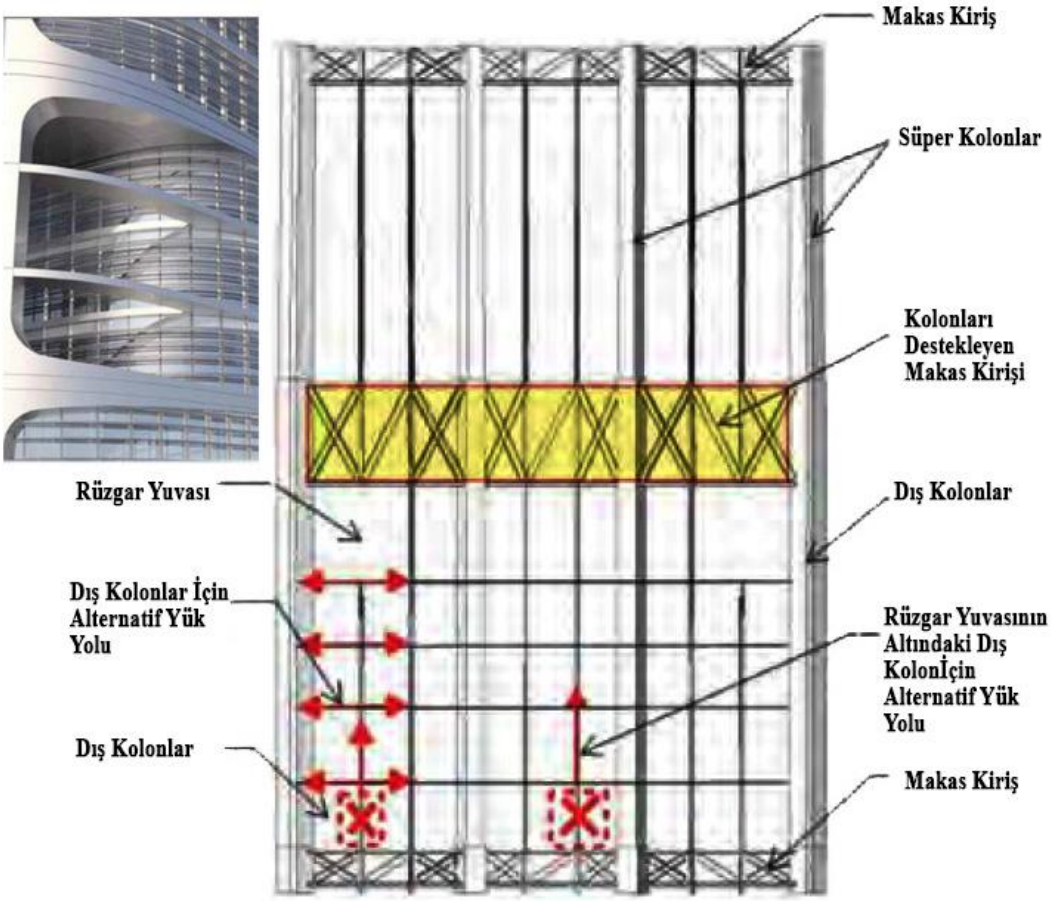
Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yüksek yapının taşıyıcı sistemi, merkezinde ‘’Y’’ şeklinde üç doğrultuda uzanan kollarda, kompozit perde duvarlı payandalı çekirdek, binanın çevresi boyunca devam eden çevresel kirişler, dev kolonlar, kolonları çekirdeğe bağlayan çelik destek kirişleri ve çelik döşeme kirişlerinden oluşmaktadır (Şekil 4.64).

Rüzgarın yatay etkisini azaltmak için cephede 3 kat yüksekliğinde ve üç farklı yükseklikte rüzgar tünelleri bırakılmıştır (Şekil 4.65).

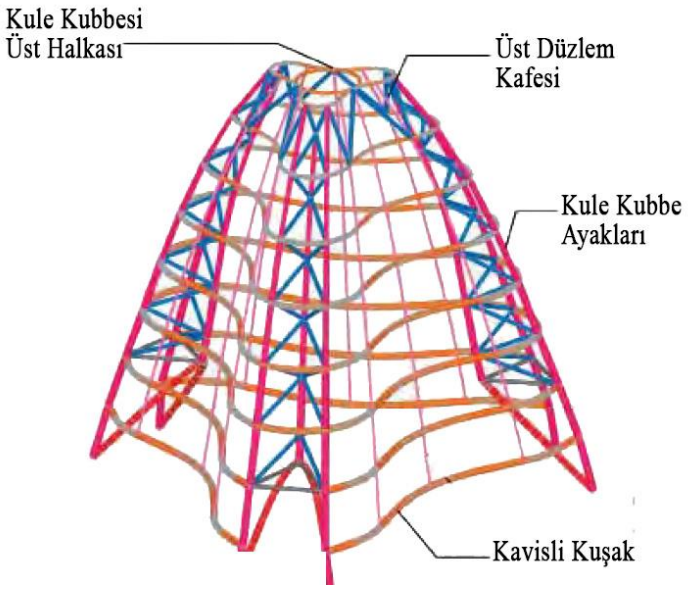


Şekil 4.64. Wuhan Greenland Center taşıyıcı sistem planı (Solda), ve perspektifi (sağda), (URL-59).

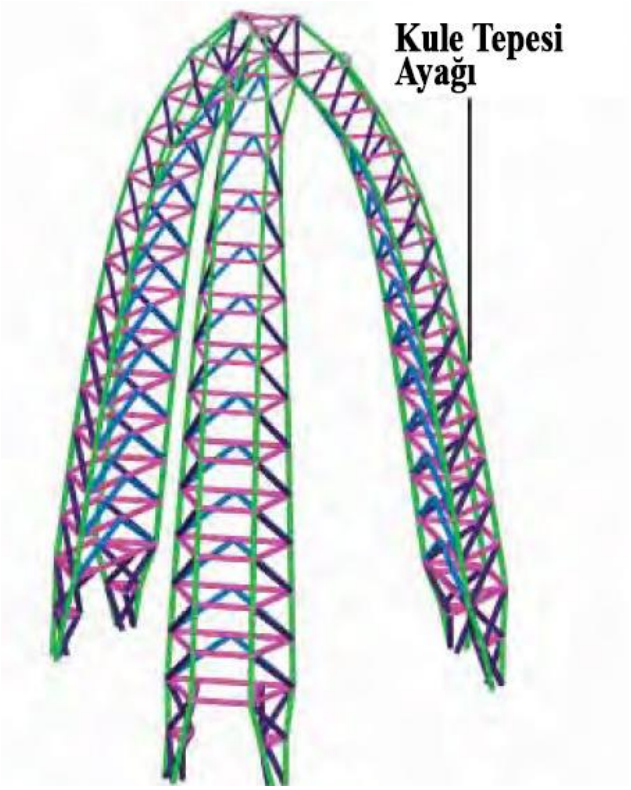


Şekil 4.65. Wuhan Greenland Center taşıyıcı sistem görünüşü ve rüzgar tüneli (URL-59).

Yapının çatı ve tepe noktası taşıyıcı sistemi çelik malzemeli kafes sistem olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.66), (Şekil 4.67).



Şekil 4.66. Wuhan Greenland Center çatı taşıyıcı sistemi (URL-59).



Şekil 4.67. Wuhan Greenland Center tepe taşıyıcı sistemi (URL-59).

Yapım Aşaması

2012 yılında yapımına başlanmış ve yapımı 2017 de tamamlanacak olan Wuhan'daki Wuhan Greenland Center'ın temeli tamamlanmış ve bodrum katlarının inşaatı devam etmektedir.

Wuhan Greenland Center'ın temelinde keson temel sistemi kullanılarak arazinin iyileştirmesi tamamlanmıştır. Kesonların üstüne radye temel yapılmıştır (Şekil 4.68).



Şekil 4.68. Wuhan Greenland Center yapım aşamaları.

4.1.12. Kingdom Tower, 2019, Cidde

Çizelge 4.12. Kingdom Tower hakkında genel bilgiler.

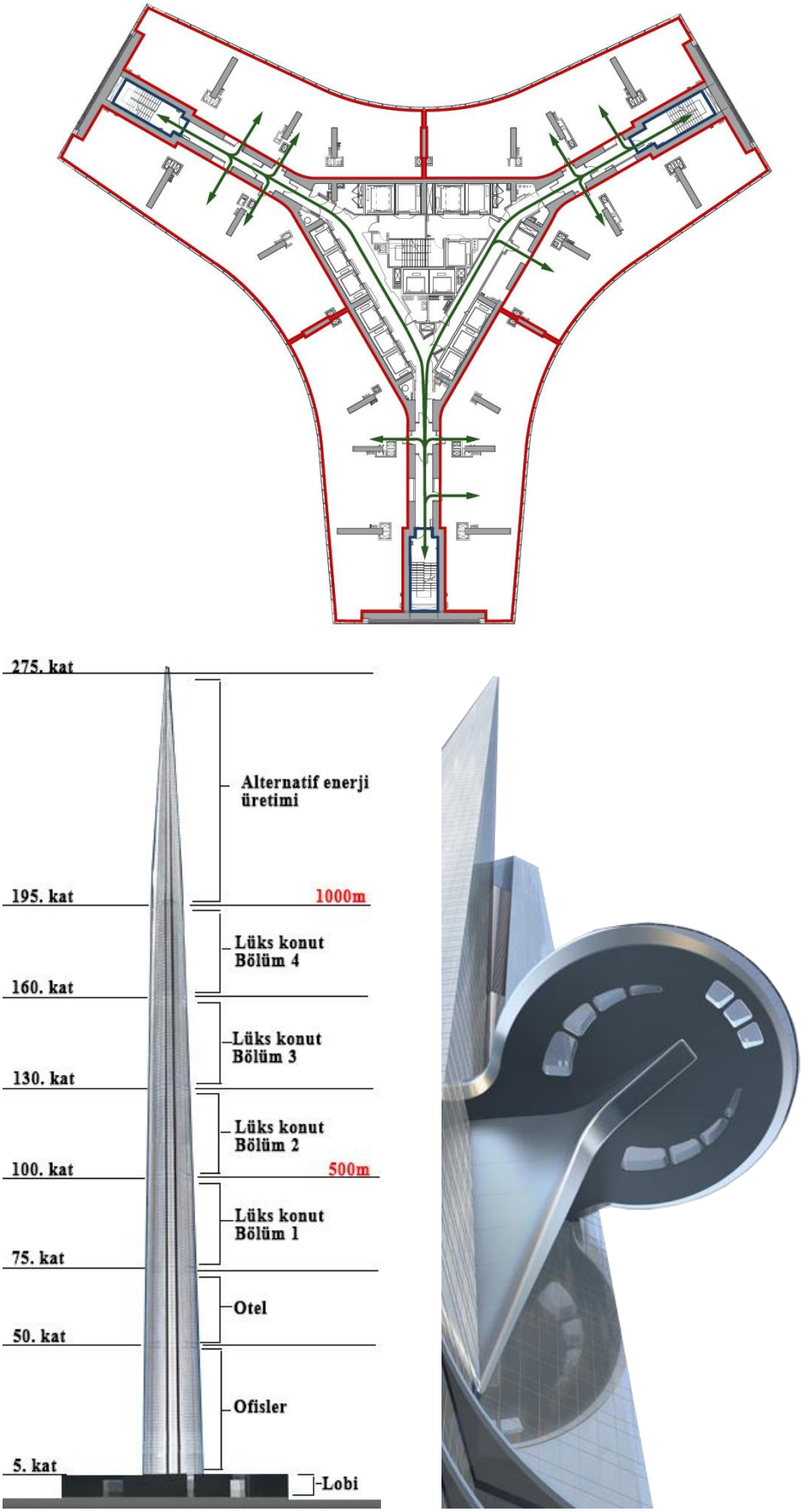


Başlangıç Tarihi	2013
Bitiş Tarihi	2019
Yeri	Cidde
Mimari Tasarım	Adrian Smith + Gordon Gill Architecture
Strüktürel	Thornton Tomasetti
Strüktür Türü	Betonarme payandalı çekirdek ve perde duvarları
Strüktür	Betonarme
Fonksiyonu	Otel/Lüks konut/Ofis
Kat Adedi	167
Yükseklik	1000 metre üzeri
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Fore kazık üzerinde radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır kalıp

Mimari Özellikler

Cidde'de 2019 yılında yapımı tamamlanması planlanan Kingdom Tower 167 kat ve 1007 metre yüksekliği, toplam 258.000 m² alanı ile dünyanın betonarme taşıyıcı sisteme sahip en yüksek yapısı olması planlanmaktadır (Şekil 4.69).

Binanın içerisinde 59 asansör ve 12 yürüyen merdiven ağı bulunmaktadır. Gözlem evine servis verecek asansörler saniyede 10 metrede, karşılıklı çalışmaktadırlar. Asansörle ilk kattan son kata kadar çıkış bir dakika 40 saniyede tamamlanacaktır. Kızıl Deniz kıyısındaki Cidde'nin kuzeyinden yükselecek kulenin içerisinde çok sayıda otel, lüks konutlar ve bürolar yer almaktadır ve işletmeye girmesinden sonra burada toplam 80 bin kişinin çalışması ve yaşaması planlanmaktadır. Binanın 157. Katında yerden 630 metre yükseklikte 8 kat yüksekliğinde payanda destekli ve 30 metre çapında dairesel konsol gökyüzü terası tasarlanmıştır (Şekil 4.70).



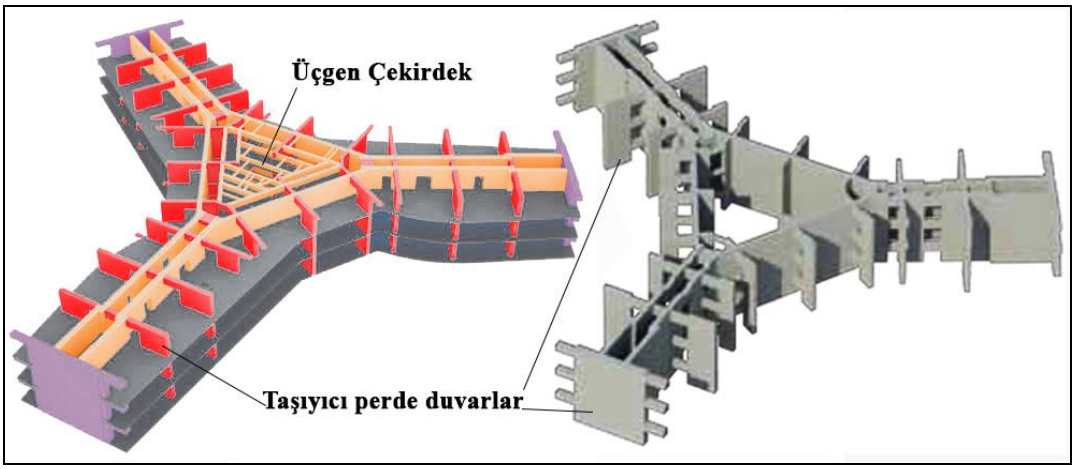
Şekil 4.69. Kingdom Tower planı ve fonksiyon kesiti (URL-60).



Şekil 4.70. Kingdom Tower plan, kesit ve görünüşler (URL-60).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yapının üç kollu yıldız şeklindeki planının merkezinde üçgen planlı bir betonarme çekirdek, kollarında ise 120 derece açıyla konumlandırılmış oldukça kalın betonarme perde duvarlar bulunmaktadır (Şekil 4.71). Düz döşemelerinin betonarme olarak yapılması planlanmıştır. Perde ve perde betonlarda kullanılacak beton dayanımı C115 öngörülmüştür. Binanın yüksek katlarında C60 ile C80 yüksek dayanımlı beton kullanılması planlanmaktadır (CTBUH).

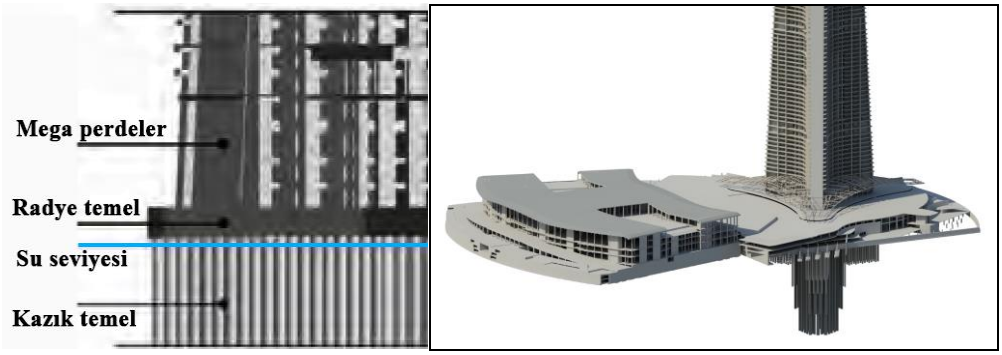


Şekil 4.71. Kingdom Tower taşıyıcı sistemi (URL-60).

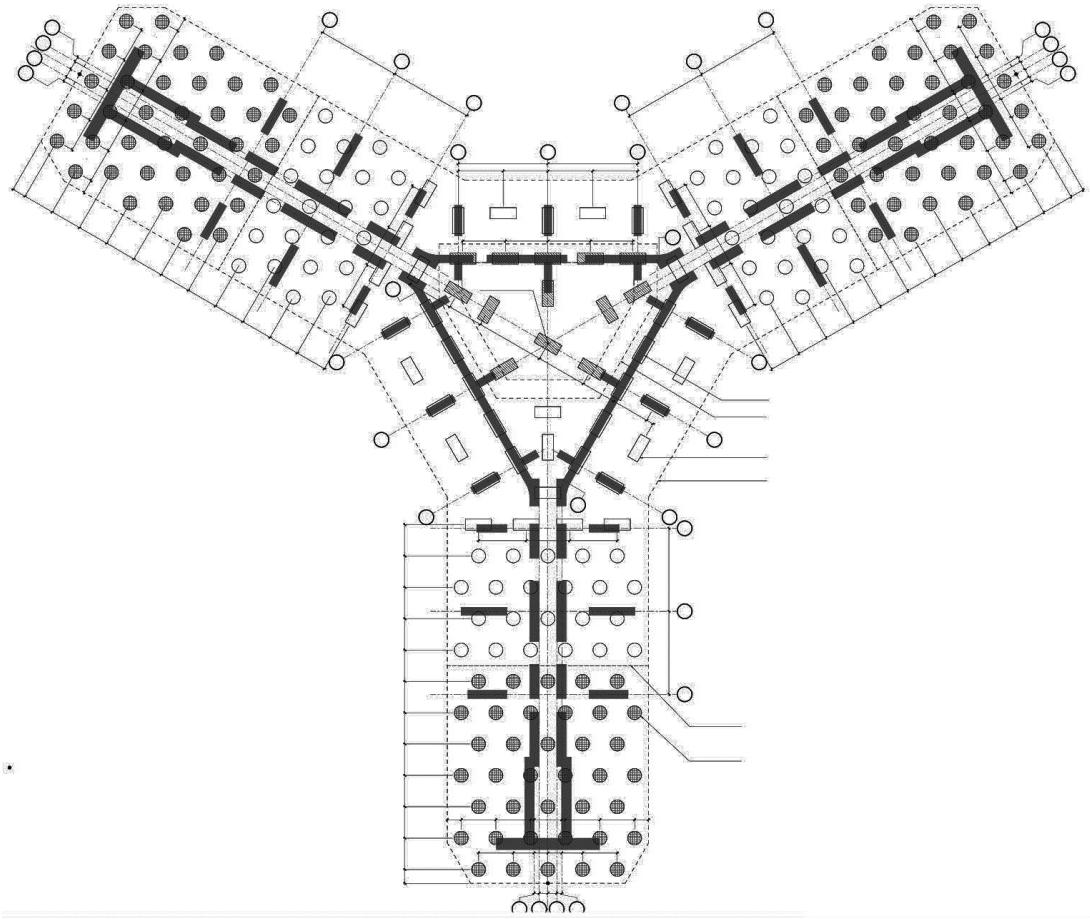
Yapım Aşaması

Kingdom Tower temelinin yapımına Haziran 2012 de başlanmıştır. Kazık montajı ve temel işleri devam etmektedir.2017 yılında binanın tamamlanması planlanmaktadır.

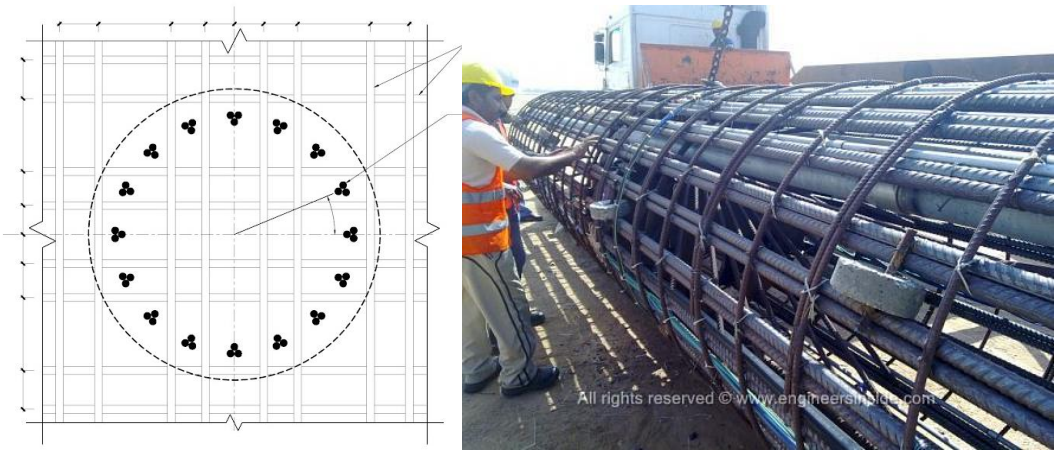
Kingdom Tower temel sistemi, 270 adet derinliği 45 metre ile 105 metre arasında değişen uzunluklarda dairesel fore kazıklar üzeri yaklaşık 2,5 metre kalınlığında radye temelden oluşmaktadır (Şekil 4.72), (Şekil 4.73), (Şekil 4.74), (CTBUH).



Şekil 4.72. Kingdom Tower temel sistemi kesit ve perspektifi (URL-60).



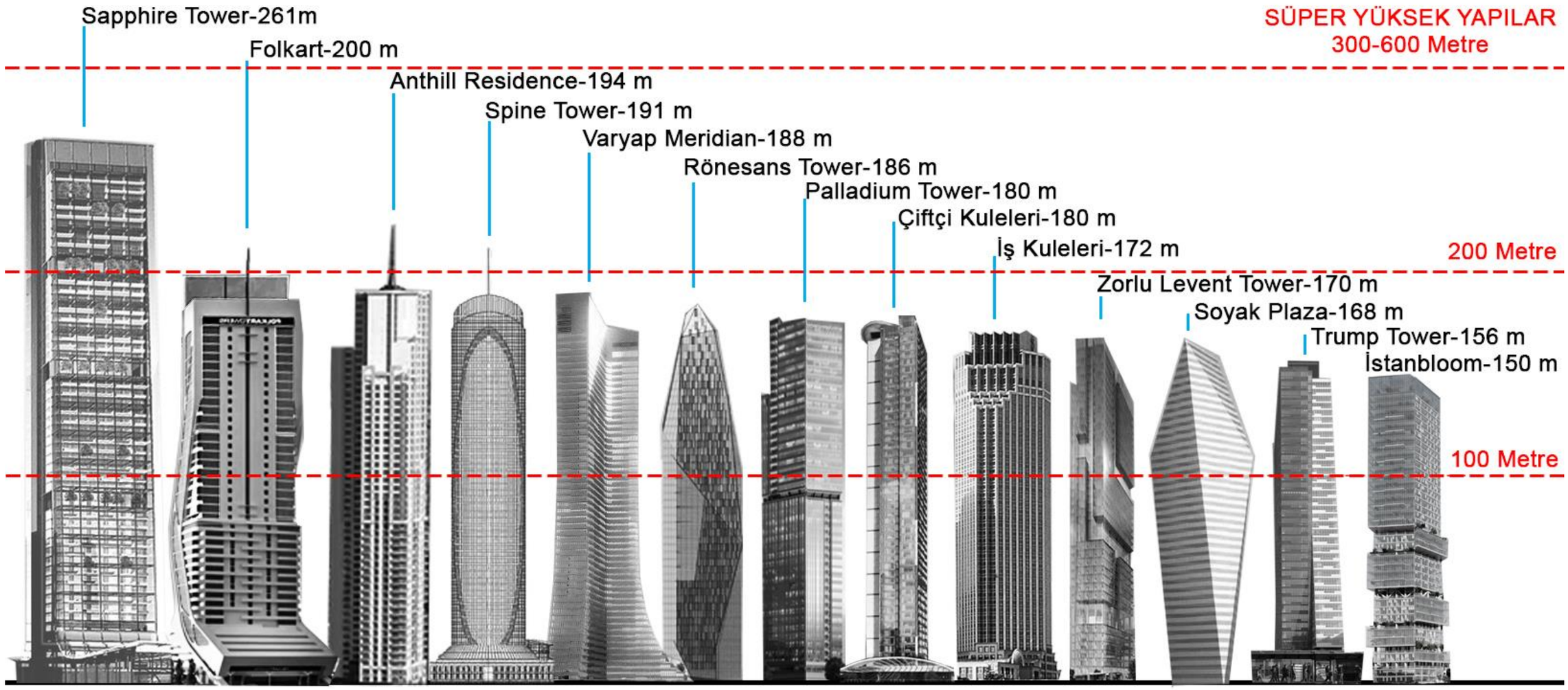
Şekil 4.73. Kingdom Tower kazık yerleşim planı (URL-60).



Şekil 4.74. Kingdom Tower kazık plan ve görünümü (URL-60).

Yapının kalıp sisteminde 4,5 metre yüksekliğinde özel tırmanır kalıp kullanılması planlanmaktadır.

4.2. Türkiye'den Yüksek Yapı Örnekleri



Şekil 4.75. Türkiye'de 2000 yılından sonra yapılmış veya yapımı devam eden 150 metre ve üzeri 13 adet yüksek bina örneği.

4.2.1. İş Bankası Kuleleri, 2000, İstanbul

Çizelge 4.13. İş Bankası Kuleleri hakkında genel bilgiler.



Başlangıç Tarihi	1996
Bitiş Tarihi	2000
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	Doğan Tekeli - Sami Sisa Mimarlık Bürosu, Swanke Hayden, Conner
Strüktürel Tasarım	Severud Associates Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.
Strüktür Türü	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek
Strüktür	Betonarme
Fonksiyonu	Ofis
Kat Adedi	52
Yükseklik	172,3
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır kalıp

İstanbul'da Boğaziçi Silueti'ne geri planda hâkim bir konumda bulunan İş Bankası Genel Müdürlük Kompleksi, 172.3 m yüksekliğindeki ve 52 katlı bir kule (B Blok) ve 113.4 m yüksekliğinde 36' ar katlı iki kulenin (D Bloklar) yanı sıra, alışveriş ve kültür merkezinden oluşmaktadır (Şekil 4.69).

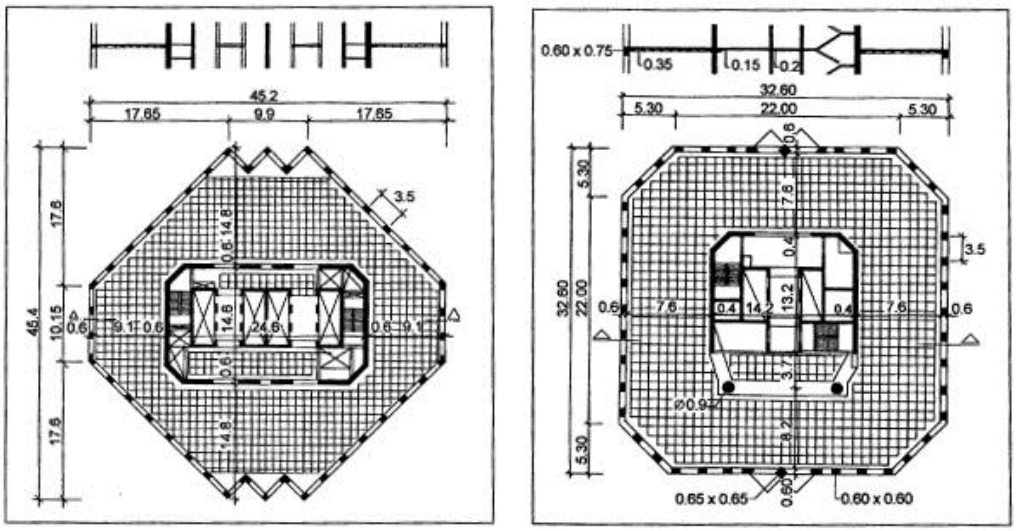
Arsanın dikdörtgen planında geniş bir tabla tasarlanmış, alışveriş ve kültür merkezi ile büroların giriş bu tablada toplanmıştır. İki yüksek büro kütlesi bu tabladan, kenarlara paralel iki kare kaide üzerinde, en yüksek üçüncü büro kütlesi de, kendi ekseninde 45° dönerek, diğer kütlelere diyagonal duracak şekilde yükselmektedir. Bu konum büroların birbirine bakan yüzlerini azaltmakta, manzaradan daha çok yararlanılmasını sağlamaktadır (Tekeli D, 1999: 64).

Merkezi konumdaki çekirdekler düşey sirkülasyon elemanlarının yanı sıra, tesisat bacalarını, servis mekanlarını, temizlik odalarını ve WC'leri kapsamaktadır (Sev,2001)

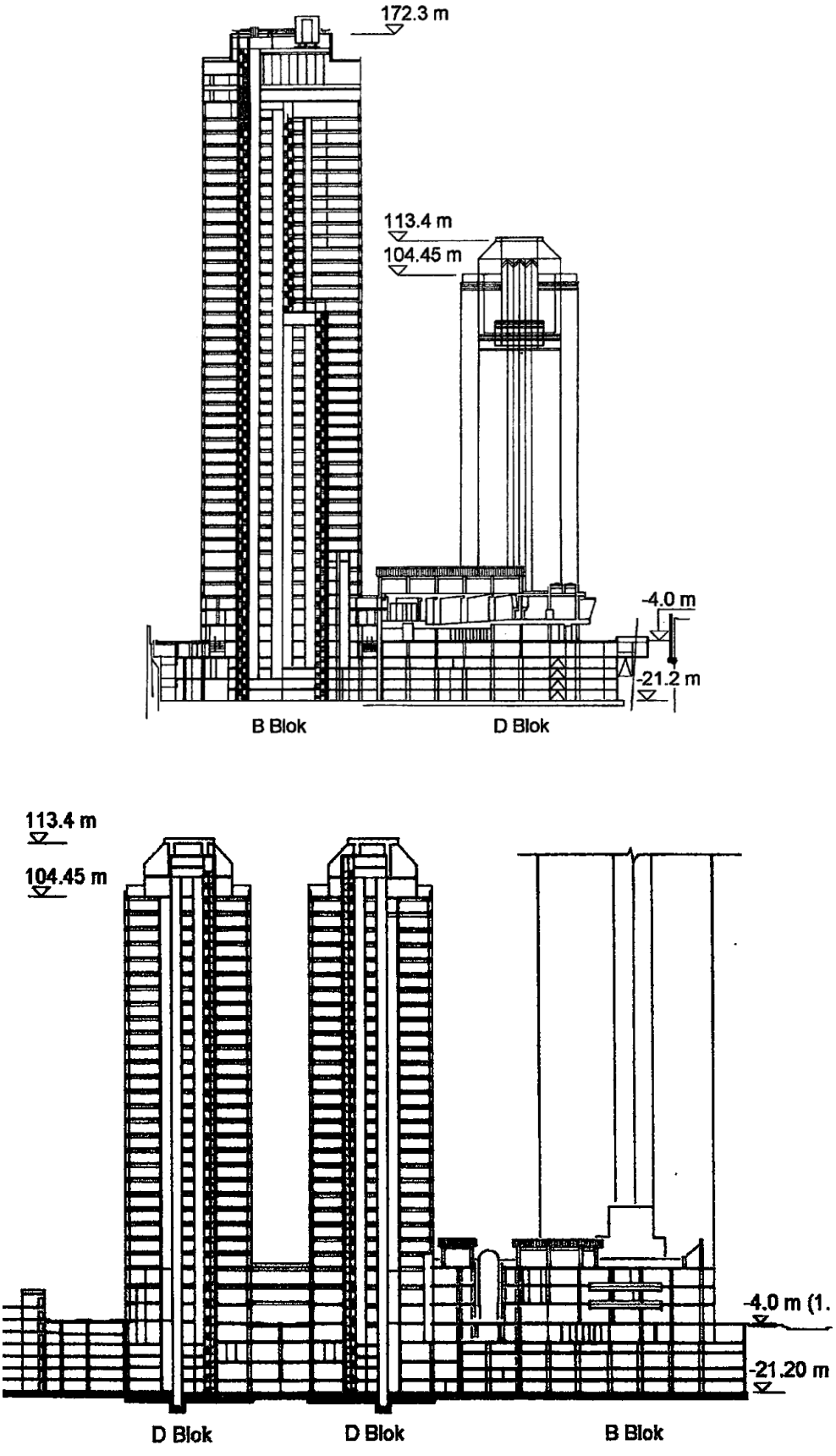


Şekil 4.69. İş Bankası Kuleleri vaziyet planı.

Binalardan 52 katlı olan B Blok köşeleri girintili sekizgen bir plan formuna sahip olup, tipik katlarda 1926 m² brüt alana ve 1526 m² net kullanım alanına, 36 katlı olan D Bloklar ise köşeleri konik kare plan formuna sahip olup, 1062 m2 brüt, 802 m² net kullanım alanına sahiptir. Her üç binada da düşey sirkülasyonu sağlayan çekirdekler merkezi konumda olup, B Blok'ta dikdörtgen planlı, D Bloklar 'da kare planlıdır (Şekil 4.70), (Şekil 4.71).



Şekil 4.70. İş Bankası Genel Müdürlük planı.



Şekil 4.71. İş Bankası Genel Müdürlük kesitleri.

Taşıyıcı Sistemi

İş Bankası Genel Müdürlük Kompleksi'ni oluşturan bir adet 52 katlı ve iki adet 36 katlı ofis binasının yatay yüklere dayanıklı taşıyıcı sistemi, dışta betonarme çerçeveli bir tüp ve içte çekirdekten oluşmaktadır. Richter Ölçeği'ne göre 8 büyüklüğündeki depreme dayanıklı olarak tasarlanan bu taşıyıcı sistemde cephe kolonları, her üç kulede de akslarından 3.5 m. aralıklarla düzenlenmiştir. Kolon boyutlan B Blok'ta 60 cm x 90 cm , D Bloklar 'da 60 cm x 60 cm'dir (Şekil 3.?). B Blok'ta yassı kiriş olarak tasarlanmış olan 35 cm yüksekliğindeki parapet kirişleri D Bloklar 'da 60 cm genişliğinde ve 75 cm yüksekliğindedir (Sev, 2001).

Çekirdeği oluşturan perde duvarlarının kalınlığı B Blok'ta 60 cm, D Bloklar 'da 40 cm'dir. Bu taşıyıcı sistem tasarımı, her katta çekirdekten cepheye kadar 14.8 m ve 7.6 m arasında değişen açıklıklarda, serbest çalışma alanları sağlamıştır. Çekirdek ve cephe arasındaki serbest açıklıkları geçen döşeme sistemi ise 75 cm x 75 cm boyutlarında betonarme kaset olarak tasarlanmış olup 35 cm kalınlığındadır (Sev, 2001). Yapının taşıyıcı sisteminde C35 dayanımlı beton kullanılmıştır (www.thbb.org).

Yapım Aşamaları

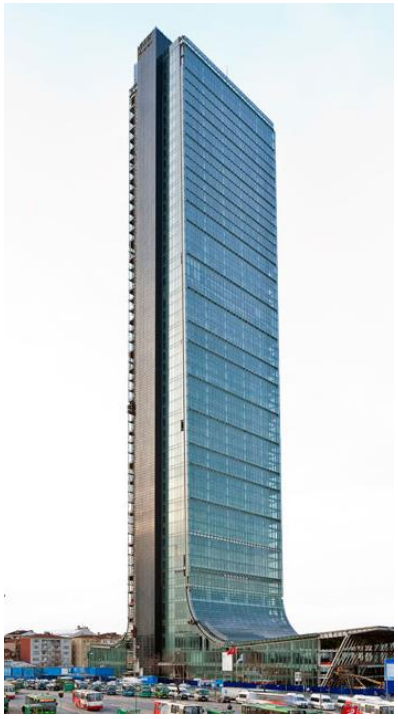
Kulelerin cephesi, Türkiye'de ilk defa uygulanan panel giydirme cephe sistemi ile kaplanmıştır. Her cephe panelinin boyu binaların tipik kat yüksekliği olan 3.7 m'dir. Panel genişlikleri ise bina cephesindeki kolon aralıklarına bağlı olarak, 2.0 m ile 3.5 m arasında değişmektedir. 44 adet panel yan yana tespit edildiğinde, bir katın cephesi tamamen giydirilmiş olmaktadır. Toplam 4250 adet olan bu paneller toz boya ile kaplanmış alüminyum profiller içine yerleştirilen camlardan oluşmaktadır (Sev, 2001).

Yapının radye temelinde C35 dayanımlı beton kullanılmıştır (www.thbb.org).

Her 3 kulenin en üst katlarındaki geri çekilmeleri sağlayan Virendel kirişleri, özel bir kalıp sistemi geliştirilerek inşa edilmişlerdir. B blok betonarme çekirdek yapımında hidrolik tırmanır kalıp kullanılarak 4-5 günde 1 katın tamamlanması sağlanmıştır.

4.2.2. Sapphire Tower, 2010, İstanbul

Çizelge 4.14. Sapphire Tower hakkında genel bilgiler.

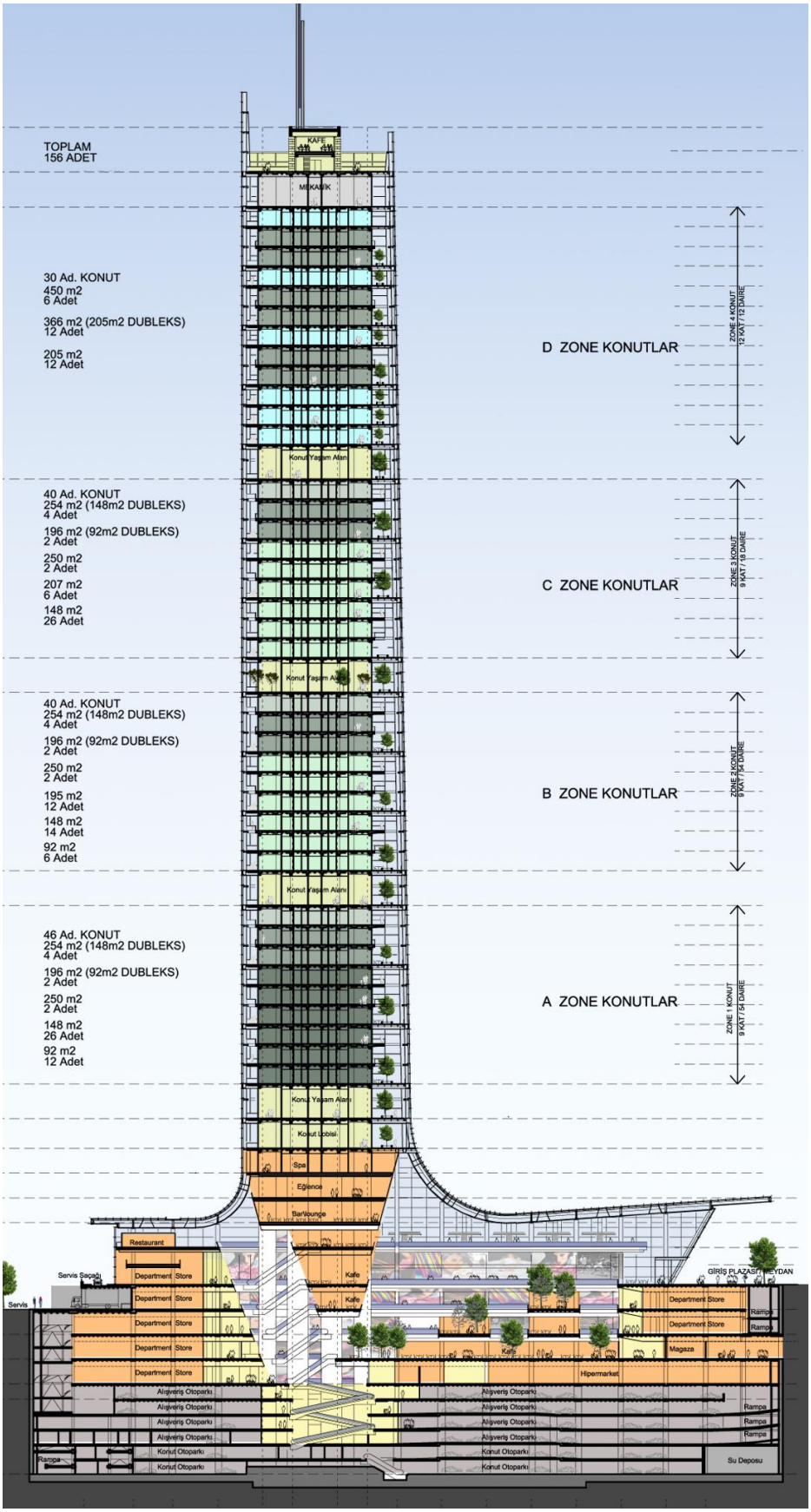


Başlangıç Tarihi	2006
Bitiş Tarihi	2010
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	Tabanlıoğlu Mimarlık
Strüktürel Tasarım	Balkar Mühendislik
Strüktür Türü	Perde duvarlı
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Lüks Konut ve Alışveriş Merkezi
Kat Adedi	55
Yükseklik	261
Cephe Sistemi	Yarı panel giydirme cephe ve çift cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

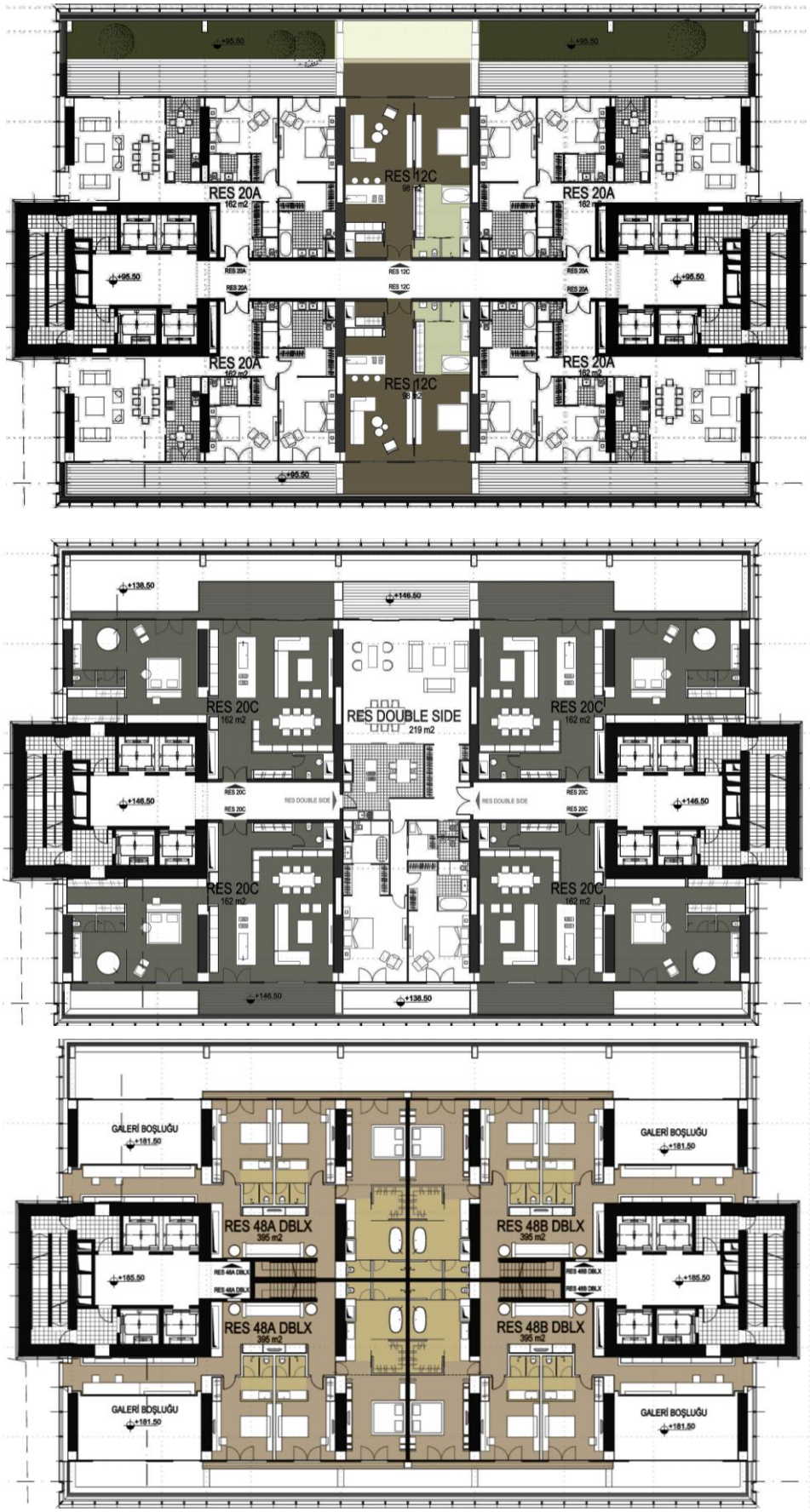
Mimari Özellikler

Toplam 165.169 m² inşaat alanına sahip binada 10 katı zemin altı olmak üzere toplam 66 kat bulunmaktadır. 30 metre anten ile yüksekliği 261 metreye erişmektedir. Binanın ana fonksiyonları olarak kamuya açık bir alışveriş merkezi ve otoparka ek olarak lüks konut kulesi yer almaktadır. Otoparklar zemin altındaki 6 katta, alışveriş merkezi ise zemin altındaki 4 katta ve zeminde yer almaktadır.

Binanın konut kısımlarında 120 m² den 1.100 m²' ye kadar değişen, birbirinden farklı büyüklükte 177 adet lüks konut birimi yer almaktadır. Lüks konut kısmında 4 konut alanı bulunmakta ve bu alanlar da kendi içerisinde her 3 katta bir gökyüzü bahçesi oluşturmaktadır. Alanlar arasında konumlanan katlarda konut kullanıcıları için çeşitli rekreasyon alanları düşünülmüştür (Şekil 4.72), (Şekil 4.73).



Şekil 4.72. Sapphire Tower kesiti (Tabanlıoğlu).

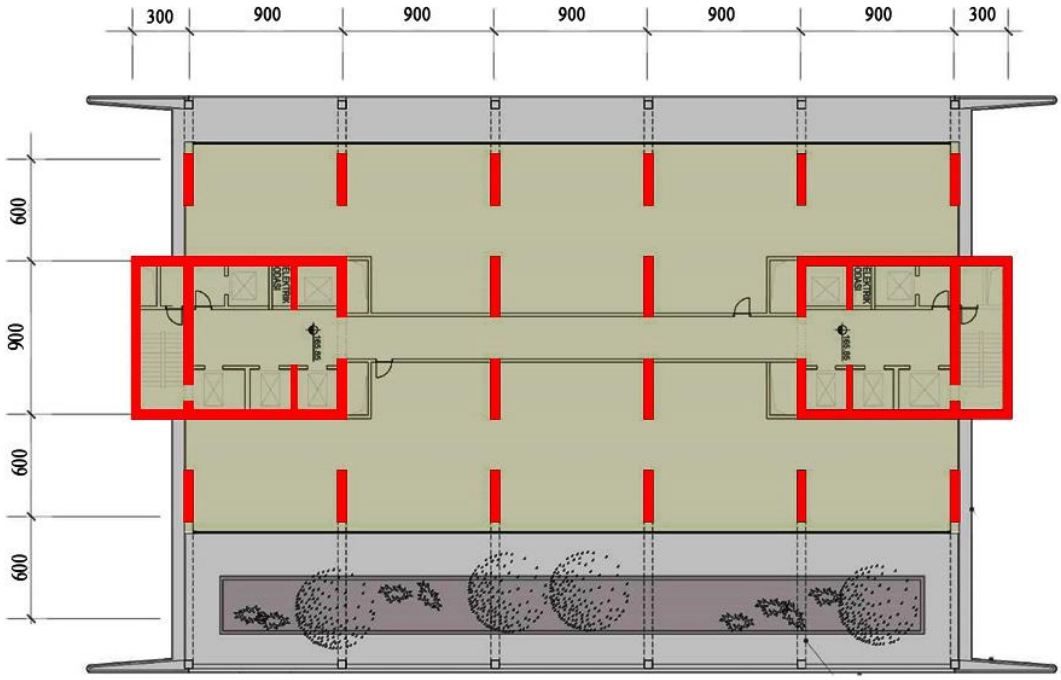


Şekil 4.73. Sapphire Tower kat planları (Tabanlıoğlu).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Dikdörtgen planlı yapı kısa kenarlarında iki adet dikdörtgen 9x12 metre aks ölçülerinde betonarme çekirdek, içte 60 santimetre kalınlığında 3,85 metre uzunluğunda perde duvarlar tarafından taşınmaktadır. (Şekil 4.74).

Yapı cephesinin uzun kenarında perde duvarların aks aralığı 9 metre, kısa kenarında orta aks 9 metre ve yan akslar 6 metredir. Boşluklu betonarme döşeme kalınlığı 40 santimetre olup kirişlerin kalınlığı 85 santimetredir.



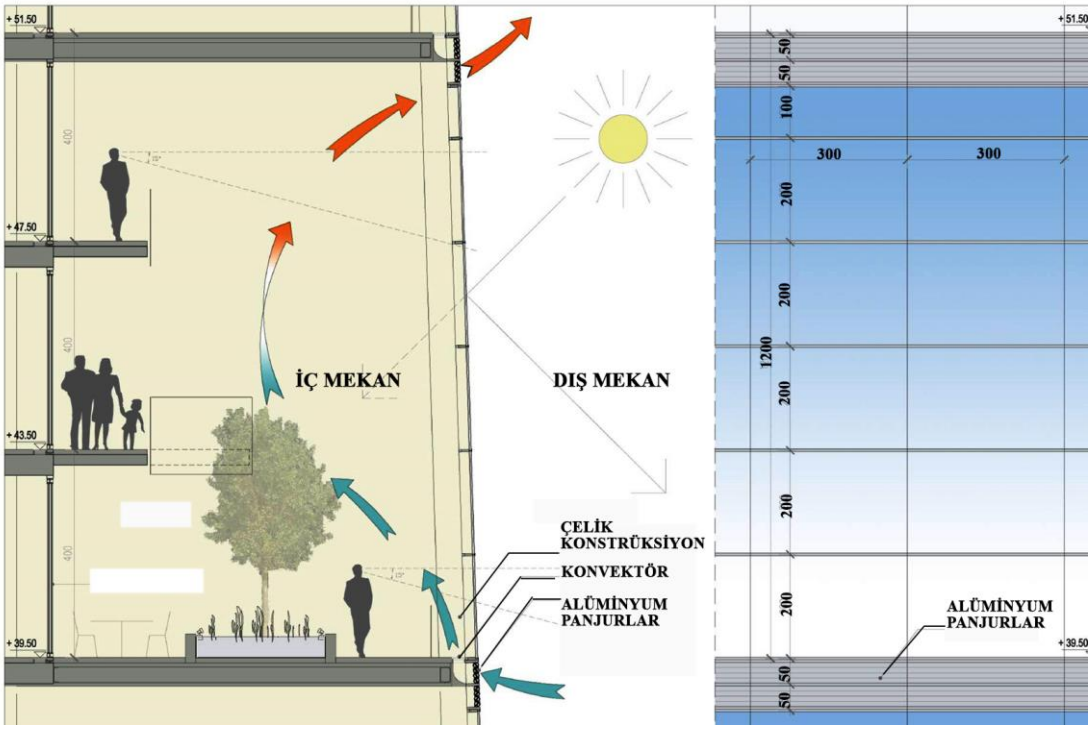
Şekil 4.74. Sapphire Tower taşıyıcı plan (Tabanlıoğlu).

Yapım Aşaması

Dış cephe ve devamı niteliğindeki alışveriş merkezi çatı örtüsü çelik konstrüksiyonludur. İçinde yaşayanları kötü hava koşullarından ve gürültü kirliliğinden korumak amacı ile iki bağımsız kabuktan oluşturulan cephesi ile daha düşük enerji tüketimine imkan veren doğal kaynakları optimum olarak kullanan, Türkiye'deki ilk çevre dostu yapılarından biridir. Dıştaki cephe bir güvenlik kalkanı görevi üstlenerek iç mekânı olumsuz meteorolojik koşullardan ve gürültüden korumaktadır. Projenin en belirleyici özelliklerinden olan "dikey bahçeleri" oluşturmak ve burada yaşam konforunu sağlamak için iç cepheyi dış etkenlerden koruyacak sabit bir dış cephe tasarlanmıştır.

Bahçeler için talep edilen doğal hava, dış cephede konumlandırılan hareketli menfezlerle sağlanmıştır. Üç katlık bölümün alt kısmında yer alan menfezlerden temiz hava içeri alınmakta ve üst kısmında yer alan menfezlerden ise kirli hava çıkartılmaktadır (Şekil 4.75).

Dış kabukta panel sistem kullanılmasının başka bir önemli sebebi ise, iskele kurulmasına gerek kalmadan önüretimli panellerin hızlı bir şekilde vinç yardımıyla binaya monte edilebilmesidir.



Şekil 4.75. Sapphire Tower Cephe sistem detayı (Tabanlıoğlu).

Sapphire İstanbul'un yer altında kalan 10 katının bina dış cidarlarında tek taraflı döküm payanda sistemi ile perde kalıp sistemi birlikte kullanılmıştır. Yapının çekirdeklerinde vinçle kaldırılan tırmanır kalıp sistemi ve 3 metreden 20 metreye kadar farklı yüksekliklerde kullanılabilen taşıyıcı iskele sistemi kullanılmıştır (peri.com.tr).

Sapphire projesinde, kulenin altına gelen bölümde yüksek dayanımlı C60 betonu kullanılarak 3,1 metre kalınlığında radye temel sistemi uygulanmıştır. (Tabanlıoğlu,2013).

4.2.3. Anthill Residence, 2010, İstanbul

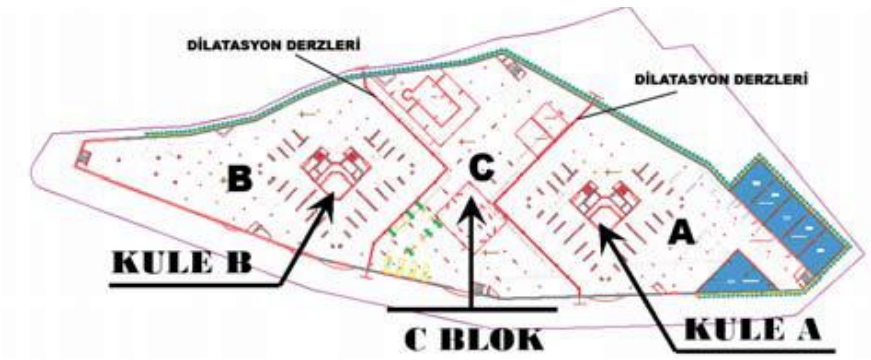
Çizelge 4.15. Anthill Residence hakkında genel bilgiler.

	Başlangıç Tarihi	2008
	Bitiş Tarihi	2010
	Yeri	İstanbul
	Mimari Tasarım	Dome Architects; Murat Yilmaz
	Strüktürel Tasarım	Thornton Tomasetti; Tuncel Engineering
	Strüktür Türü	Çerçeve+ Perde Beton
	Strüktür Malzemesi	Betonarme
	Fonksiyonu	Lüks konut/Otel
	Kat Adedi	54
	Yükseklik	194,5
	Cephe Sistemi	Giydirme cephe
	Temel Sistemi	Radye temel
	Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Mimari Özellikler

Yapımına 2008 yılında başlanan ve 2010 yılında tamamlanan 194.5 metre yüksekliğindeki Anthill Projesi, 54 katlı 2 kuleden oluşmaktadır (Şekil 4.76).

Toplamda kullanım alanı 250.000 m² olan projede 804 adet daire bulunmaktadır. Dairelerin büyüklükleri 86 m² 'den 407 m² 'ye kadar değişkenlik göstermektedir. Lüks konut bölümü 40. kata kadar olan kulelerin her katında 9 adet daire bulunmaktadır. 40. kat üzerinde ise otel bölümü yer almaktadır (URL-61), (Şekil 4.77).



Şekil 4.76. Anthill Residence vaziyet planı.



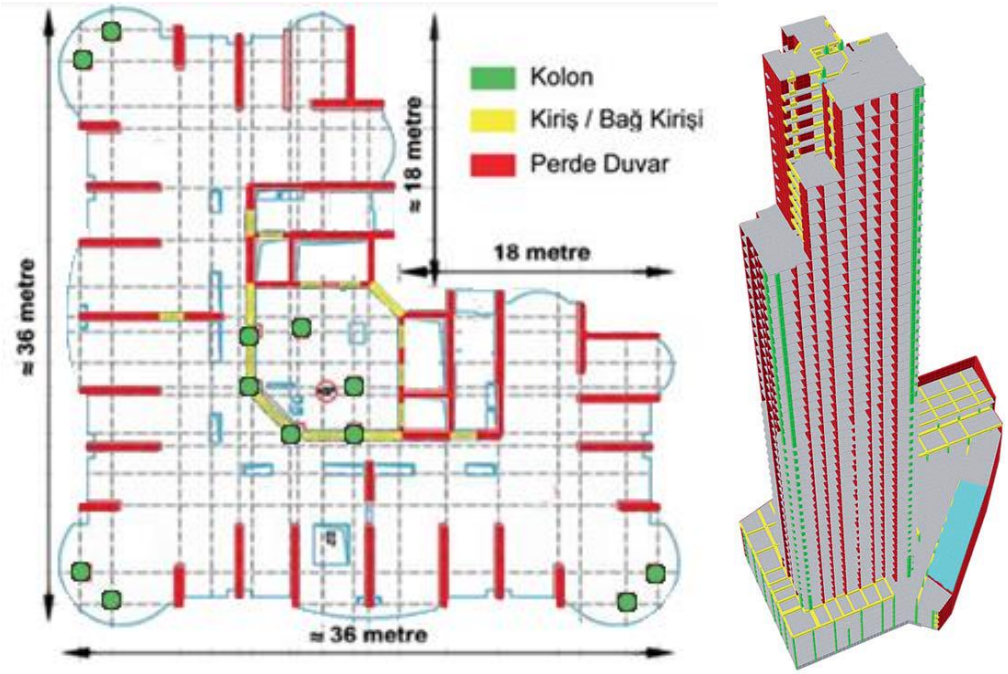
Şekil 4.77. Anthill Residence kat planları (URL-61).

Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Üstyapıya ait taşıyıcı sistem için betonarme perde, kolon ve kirişsiz döşemelerden oluşan bir sistem düşünülmüştür. Temelde C30, üstyapıda ise C40 sınıfı beton kullanılmıştır. Kat döşemeleri, 30 cm kalınlığındaki kirişsiz döşemelerle oluşturulmuştur. Bu döşeme seçiminde, mimari açıdan gerekli net kat yükseklikleri önemli rol oynamıştır. Kirişli döşeme sadece, peyzaj düzenlemesiyle ortaya çıkan 60 cm'lik toprak yükünün taşınacağı zemin katta kullanılmıştır. Kuleye ait yapının yatay yüklere karşı olan rijitliğini artırmak amacı ile perde duvarlar arasında bağ kirişleri oluşturulmuştur.

A ve B kulelerinde düşey taşıyıcı sistem elemanı olarak perde duvarlar ve kolonlar kullanılmıştır. Kalınlıkları 40 cm'ye varan perde duvarlar bina cephesine dik yönde yerleştirilmiştir. Ebatları 80 cm x 80cm ve 100cm x 65cm olan iki tür kolon ise Şekil 4.78'de verildiği gibi konumlandırılmıştır.

Sosyal tesis ve otopark katlarında farklı boyutlara sahip perdeler ve kolonlar kullanılmıştır. Bu katlardaki tipik kolon aks aralıkları ise 7,5 m civarındadır. Bodrum katlarda kullanılan dış perdelere ait kalınlıklar ise 30 cm ila 50 cm arasında değişmektedir (Şekil 4.78), (Tunç, Yurtsever, Özuygur, Tanfener 2012).

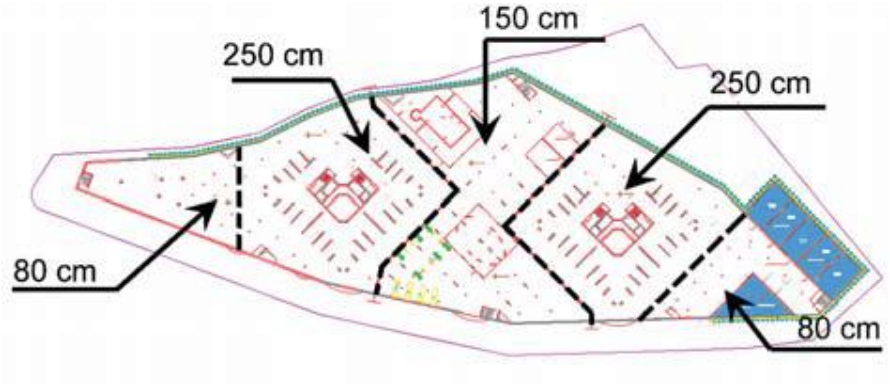


Şekil 4.78. Anthill Residence taşıyıcı sistemi.

Yapım Aşaması

Yapının oturduğu zemin Trakya formasyonundan olup az ayrışmış ve sık eklemli, orta dayanımlı kumtaşı-kiltaşı karışımı ile yüksek yapı inşaatını mümkün kılan, görece iyi bir zemindir. Zemin kazıldığı zaman düşeye yakın bir şev açısında kendini tutabilen yapıda olup, özellikleri acısından Z1 cinsi yerel zemin sınıfında yer almaktadır.

Zeminin nispeten sağlam oluşu temel tasarımını kolaylaştırmış olsa da, yapının ağırlığı radye temel kullanımını zorunlu kılmıştır. Zemin etüdü geoteknik raporunda aksini belirtir bir ibare yer almadığı için temelin altındaki her noktada zemin yatak katsayısı eşit kabul edilmiştir. Radye temel kalınlıkları A ve B kulelerinin altında 250 cm, çarşı bölümlerinin altında 80 cm ve C bloğunun altında ise 150 cm olarak hesaplanmıştır (Tunç, Yurtsever, Özuygur, Tanfener 2009), (Şekil 4.79).



Şekil 4.79. Anthill Residence temel sistemi.

Anthill Projesinin cephesinde cam elyaf, çimento ve kum karışımından oluşan hazır beton cephe elemanları kullanılmıştır (Şekil 4.80).



Şekil 4.80. Anthill Residence cephe sistemi.

Anthill projesinin yapımında farklı katlarda farklı daire tipleri olduğu için tünel kalıp yerine daha esnek kalıp türü olan konvansiyonel kalıp sistemleri kullanılmıştır.

4.2.4. Trump Tower, 2011, İstanbul

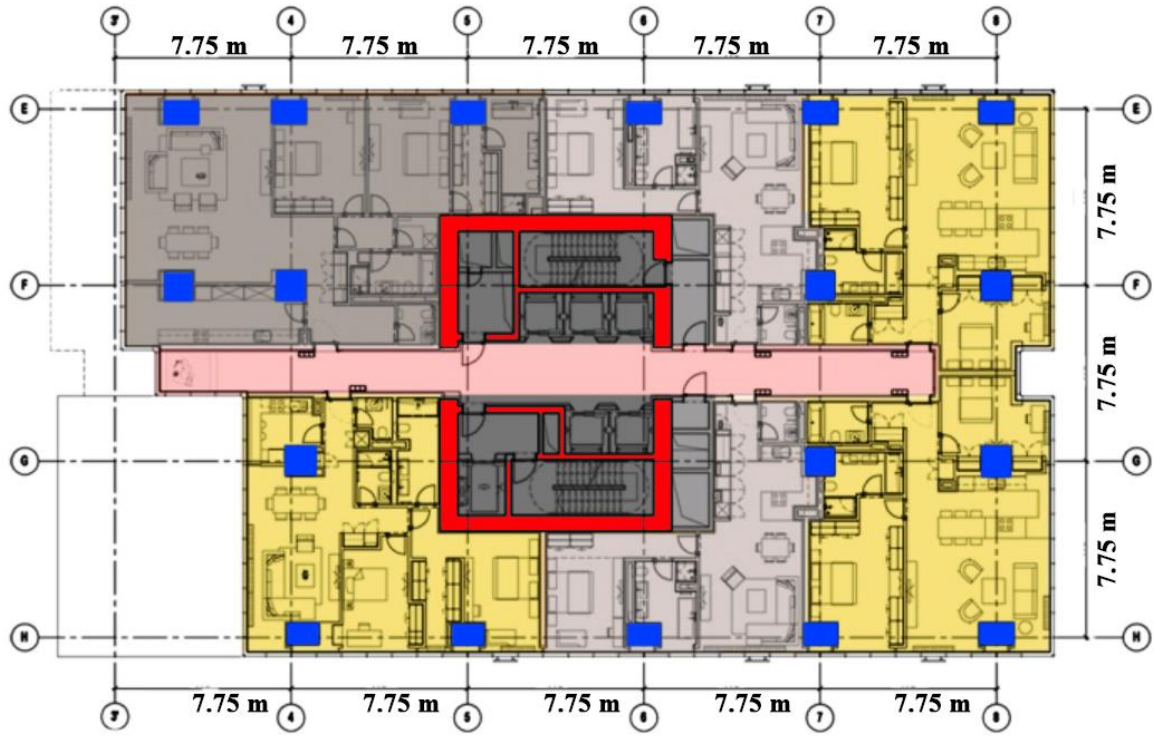
Çizelge 4.16. Trump Tower hakkında genel bilgiler.



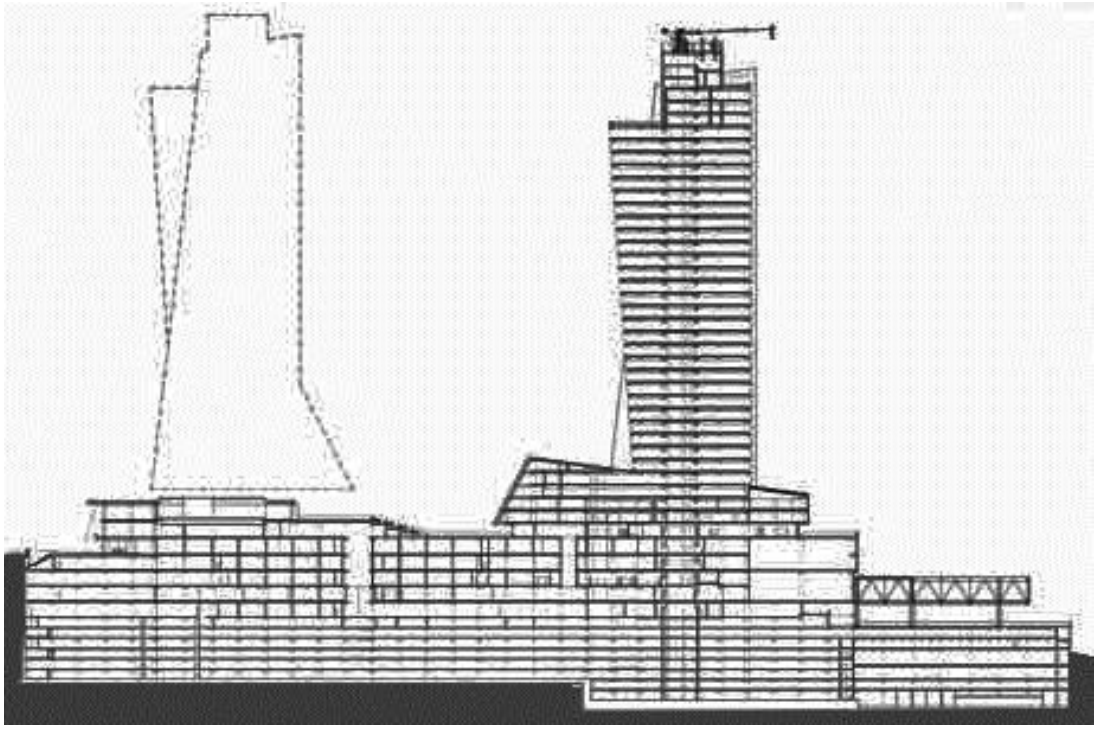
Başlangıç Tarihi	2007
Bitiş Tarihi	2011
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	Brigitte Weber Architects
Strüktürel Tasarım	Altıneller Mühendislik ve Taahhüt
Strüktür Türü	Çerçeve ve çekirdek
Strüktür	Betonarme
Fonksiyonu	Lüks konut/Ofis
Kat Adedi	39
Yükseklik	156,3
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Mimari Özellikler

Trump Towers, 5 Bloktan oluşan konut-ofis -alışveriş merkezi ve otopark birimlerini içermektedir. Yapıların toplam alanı 260,000 m² 'dir. Bunun 250,000 m² 'si betonarme iskelet, 10,000 m² 'si de çelik iskelet olarak tasarlanmıştır. Bu bloklardan 2'si, 50'şer katlı yüksek yapıdır. Birincisi, ön cepheye yakın olan konut bloku arkadaki ikincisi ise ofis bloku olarak planlanmıştır. B blok, Kule-1 olarak isimlendirilen konut yapısının 10 adet bodrum katı bulunmaktadır. Yukarıdan aşağıya ilk 4 bodrum katı çarşı olarak, daha alttaki 6 bodrum kat ise otopark olarak tasarlanmıştır. Zemin kat çarşının bir parçası olarak düzenlenmiştir. 1.kat ve 2.kat sosyal alanlar olarak düzenlenmiş olup 1. katta bir yüzme havuzu mevcuttur. 3. kat ise mekanik alan olarak ayrılmış olup üst katlar konut olarak düzenlenmiştir. D blok, Kule-2 olarak isimlendirilen ofis yapısının 12 adet bodrum katı bulunmaktadır. Yine Kule-1´e benzer olarak ilk 4 adet bodrum kat çarşı olarak planlanmıştır. 1. kat tesisat katı olarak bırakılmış 2.kattan yukarıya doğru üst katlar ofis alanları olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.81), (Şekil 4.82), ((URL-62).



Şekil 4.81. Trump Towers konut kat planı (URL-63).



Şekil 4.82.Trump Towers ofis katları kesiti (URL-63).

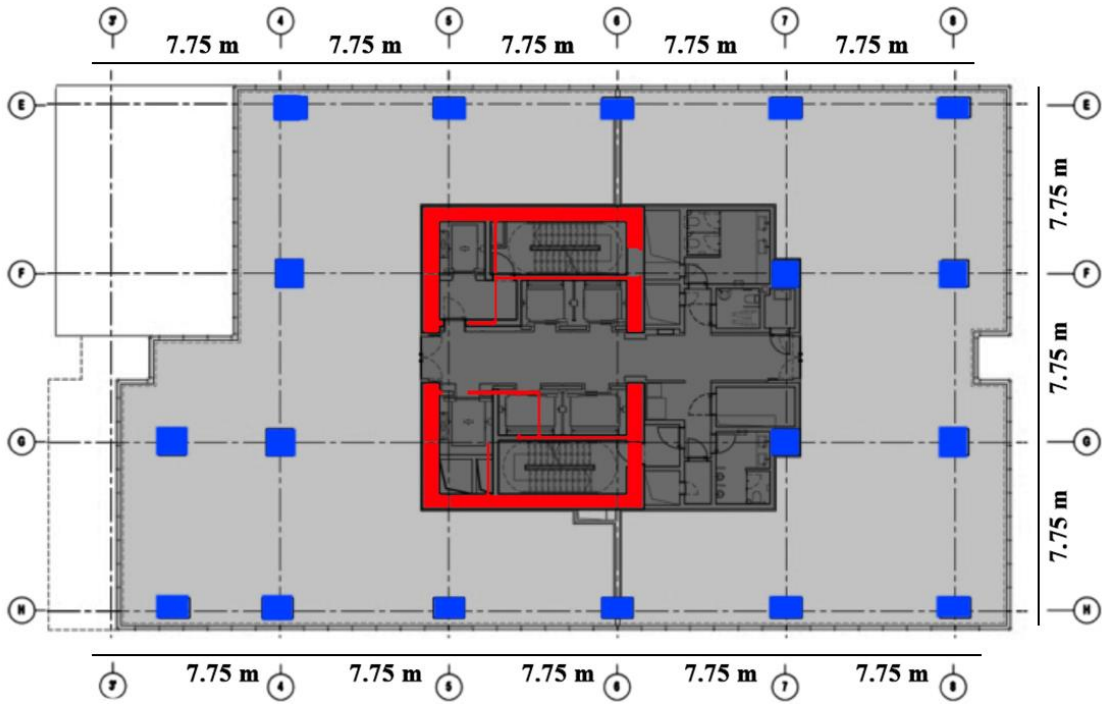
Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yapı taşıyıcı sisteminde çekirdek ve çerçeve birlikte kullanılmıştır. Aks araları genel olarak her iki yönde de 7.75 m olarak düzenlenmiştir. Kat yükseklikleri konut katlarında ise 3.70 m olarak düzenlenmiştir.

Yapı boyutları bodrum katta bir yönde 8x7.75=62 m, diğer yönde de 8x7.75=62 m olup kat alanı ~3900 m² 'dir. Kulenin üst katlarında ise boyutlar bir yönde 5x7.75=38.75 m, diğer yönde 3x7.75=23.25 m olup kat alanı ~930 m² 'dir.

Yapı orta bölgesinde güçlü bir çekirdek mevcuttur. Çekirdek birbirine yüz yüze bakan U şeklinde iki perdeden oluşmaktadır. Bu iki U perde birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanmıştır. Her bir U perdenin sırtı 10.2 m, kolları ise 5.80 m'dir. Bağ kirişlerinin genişlikleri perde kalınlıklarında, yükseklikleri ise 120 cm'dir.

Lüks konut kulesi katları 15. kattan başlayıp 45. kata kadar devam etmektedir. Çekirdek perdelerinin kalınlıkları, en alt bodrumdan yukarıya doğru 14 katta, sırt 70 cm, kollar 90 cm, 15.kat ve sonraki üst katlarda ise sırt 70 cm, kollar ise 80 cm olarak boyutlandırılmıştır. Üst yapıda ise kulelerde C50 kalitesinde beton kullanılmıştır (Şekil 4.83), (http://www.insaatdunyasi.com.tr/).



Şekil 4.83. Trump Towers ofis katları taşıyıcı sistem planı (URL-63).

Döşeme sistemi kirişli plak olup, döşeme kalınlıkları alt katlarda 20 cm, konut katlarında ise 18 cm olarak seçilmiştir. Yapıda çekirdek ile birlikte her iki yönde kolon ve kirişlerin birlikte oluşturduğu güçlü çerçeveler kullanılmıştır. Yapının kule kısmında kiriş yükseklikleri genel olarak 60 cm'dir. Yapının farklı bir özelliği de dört adet kolonunun eğik olarak tasarlanmasıdır. Eğik kolonlar yapının ön cephesindedir. Bu kolonlardan E ve F aksındakiler, en alt konut katından başlayarak sapan halini almaktadır. Çatallaşan kolonun dış parçası her katta 26 cm yapıdan dışarıya doğru açılmaktadır. Eğimin fazla olması, yapının bu bölgesini çok rijitleştireceği ve yapı davranışını bozacağı düşüncesi ile bu kolonlar ters çelik payandalar haline getirilmiş olup altta mafsallı, üstte de kayıcı olarak mesnetlendirilmiştir. Ters çelik payandalar ile 8 aksı arasında kalan döşemelerin kirişleri de çelik olarak tasarlanmıştır (URL-62).

Yapım Aşaması

Zemin özellikleri ve temel çukurunun hazırlanması Yapının oturacağı alanın ana kayasını Trakya Formasyonu oluşturmaktadır. Zemin kiltaşı, silttaşı ara bantlı kumtaşından oluşmaktadır. Bu yapıların temel çukurunun hazırlanması özel bir çalışma gerektirmiştir. Temel çukurunun plandaki izi ön cepheye paralel 70 m, diğer doğrultuda ise 310 m´dir. Bu çukurun hazırlanmasına D=65 cm çapında gergili fore kazıklar kullanılmıştır. Gerekli olan durumlarda kazıklar iki sıra halinde çakılmış, kazık dizileri arasında kısa palyeler bırakılmıştır. Malzeme tüm yapı temellerinde beton sınıfı C40 olarak seçilmiştir.

Temel sisteminde düz radye temel kullanılmıştır. Kule-1'in yüksek kısmının altında temel kalınlığı 3.0 m, alçak kısmının altında ise 1.30 m-1.90 m arasında değişmektedir. Yüksek kısmın altındaki kalın temel, kule dış kolon akslarından yapı dışına doğru, yerine göre 3-4 m daha devam ettirilmiş daha sonra inceltilmiştir (Şekil 4.84), (URL-62).



Şekil 4.84. Trump Towers temel sistemi (URL-63).

Dış cephe, panel sistemle giydirilmiştir. Paneller fabrikada hazırlanarak vinçle cephedeki ankrajların üzerine kurulmuş ve bir günde yaklaşık 300-400 metrekare cephe yüzeyi tamamlanmıştır. Almanya'dan alınan ve içeriğinde kurşun bulunmayan camlar yerel bir firma tarafından panel cephe üretiminde kullanılmıştır. Enerji kaybını en aza indirebilmek için ısıcamlar arasında argon gazı ve temperli camların arasında güneş ışınlarını yansıtan özel film tabakası kullanılmıştır (Şekil 4.85), (URL-63).



Şekil 4.85. Trump Towers cephe sistemi (URL-63).

Trump Towers çekirdeklerinde vinçle kaldırılan tırmanır kalıp sistemi, çalışma ve iş güvenliği platformları ve ahşap döşeme kalıp sistemleri kullanılmıştır.

4.2.5. Varyap Meridian A Blok, 2012, İstanbul

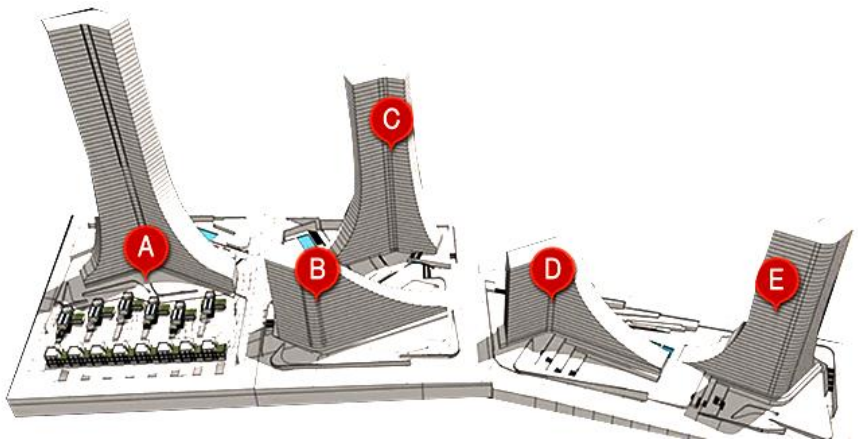
Çizelge 4.17. Varyap Meridian A Blok hakkında genel bilgiler.



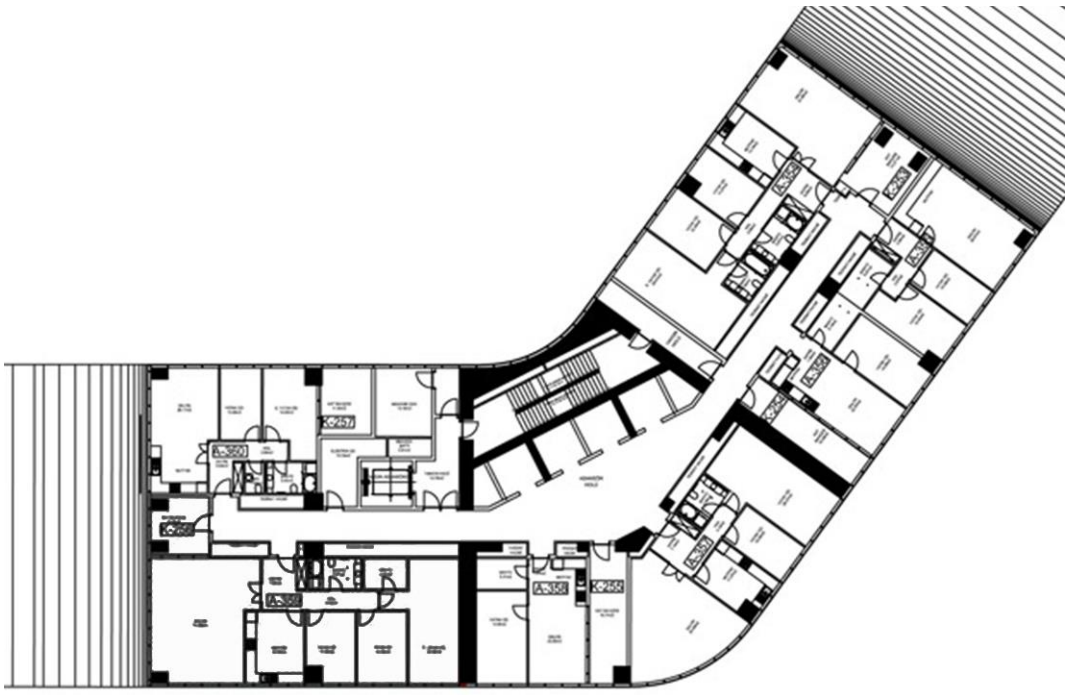
Başlangıç Tarihi	2009
Bitiş Tarihi	2012
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	RMJM
Strüktürel Tasarım	Buro Happold; Teknik Yapi
Strüktür Türü	Perde Çekirdek+Çerçeveli
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Lüks konut
Kat Adedi	52
Yükseklik	188,4
Cephe Sistemi	Yarı panel giydirme cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Varyap Meridian projesinde 1.500 konut, beş yıldızlı otel ve iş merkezi olup toplam 13.000 m² alana sahiptir (Şekil 4.86). A Blok, toplam188,4 metre yüksekliğinde, 61 katlı ve stüdyodan 4+1'e kadar farklı tipte dairelerden oluşmaktadır (Şekil 4.87).

Varyap Meridian'de tüm blokların çatı katında blok başı 15 kw elektrik enerjisi sağlayacak güneş panelleri ve ayrıca yine her blok için kurulan 15 kw elektrik üreten 7 adet rüzgar türbini bulunmaktadır.



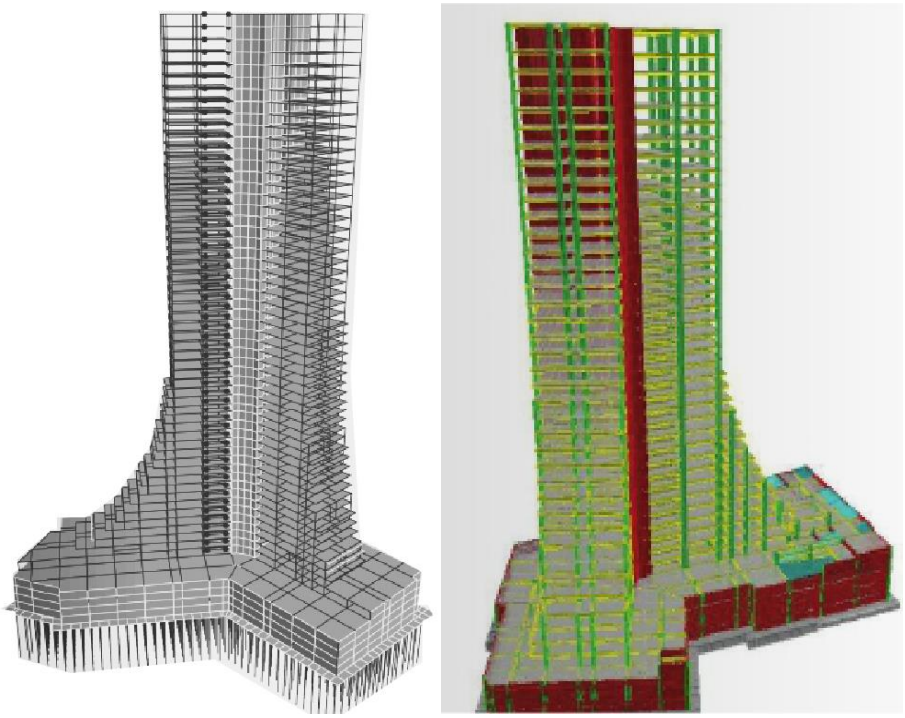
Şekil 4.86. Varyap Meridian vaziyet planı.



Şekil 4.87. Varyap Meridian kat planı.

Taşıyıcı Sistemi

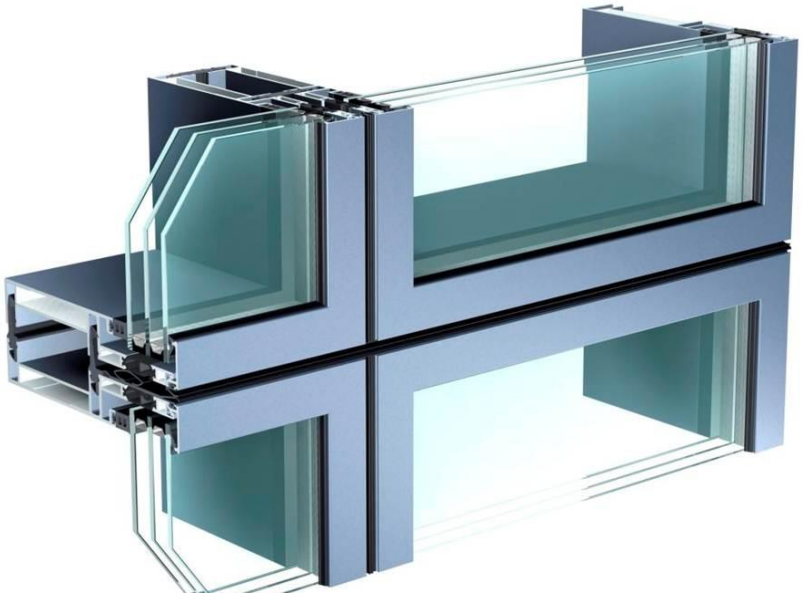
Yapının taşıyıcı sistemi, betonarme çerçeve sistem ve merkezi V planlı C 60 dayanımında betonarme çekirdekten ve kirişli düz döşemelerden oluşmaktadır (Şekil 4.88).



Şekil 4.88. Varyap Meridian taşıyıcı perspektifi.

Yapım Aşaması

Yapıda temeller yükseklikleri 30 – 15 m arasında değişen kazıklardan oluşan, kazıklar üzerine C 60 dayanımında beton radye temel sistemi ile çözülmüştür. Altı bodrum kat yüksekliğindeki temel kazısının iksa sisteminde mini kazık, püskürtme beton, zemin çivisi kullanılmıştır. Yapımda çekirdek yapımında tırmanır kalıp sistemi, dikmeli sistem döşeme kalıbı kullanılmıştır (URL-64). Yapının cephesinde panel cephe sistemi kullanılmıştır (Şekil 4.89). Varyap Meridian projesinin cephelerinde, kompozit parapet panellerinde topraktan gökyüzüne uzanan renk harmonisi seçilmiştir (Şekil 4.90), (URL-65).



Şekil 4.89. Varyap Meridian cephe sistemi (URL-65).



Şekil 4.90.Varyap Meridian cephe sistemi (URL-65).

4.2.6. Çiftçi Kuleleri, 2014, İstanbul

Çizelge 4.18. Çiftçi Kuleleri hakkında genel bilgiler.

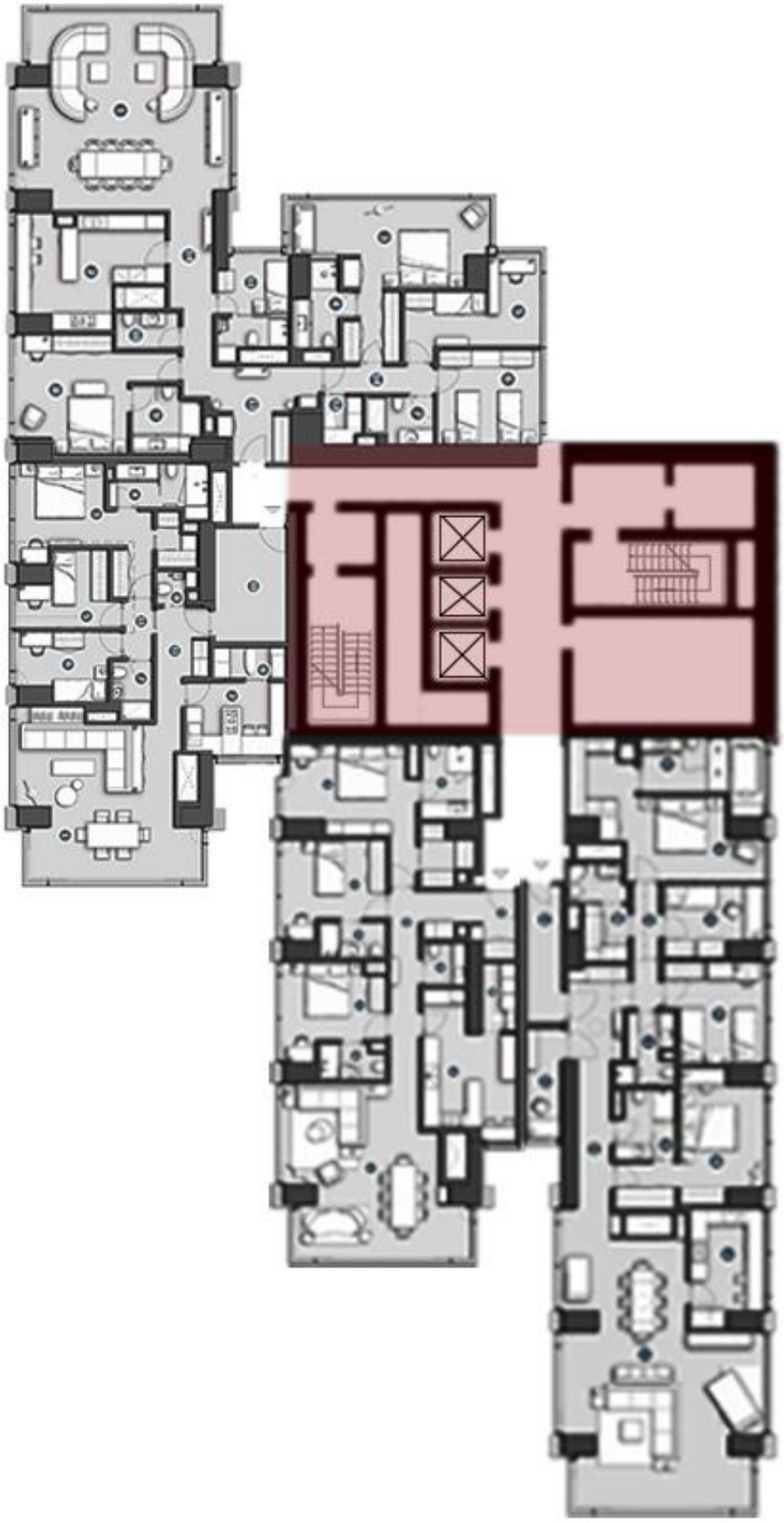


Başlangıç Tarihi	2012
Bitiş Tarihi	2014
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	John Mc Aslan
Strüktürel	Arup
Strüktür Türü	Çerçeve+ Çekirdek
Strüktür	Kompozit
Fonksiyonu	Lüks Konut
Kat Adedi	45
Yükseklik	180
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Mimari Özellikler

İstanbul'da 2014 te yapımı tamamlanacak olan, 10 bodrum kat ve zemin üstünde, 45'er katlı iki kuleden oluşan, 180 metre yüksekliğindeki Çiftçi Kuleleri, 5 farklı tipte ve 221 ile 567 m² arasında değişen alanları olan 288 adet lüks konuta sahiptir. Projede yaklaşık 2 bin 500 araçlık otopark, 84 bin metrekare lüks konut, 10 bin metrekare ofis, 68 bin metrekare AVM, depo ve teknik kat alanları bulunmaktadır (Şekil 4.91).

Çiftçi Towers'ta en düşük metrekareli 2 oda 1 salon konutun brüt alanı 221 m², net alanı 160 m², en büyük 6 oda 1 salon konutun brüt alanı 578 m² net alanı ise 420 m² 'dir (Şekil 4.92).



Şekil 4.91. Çiftçi Kuleleri planı.

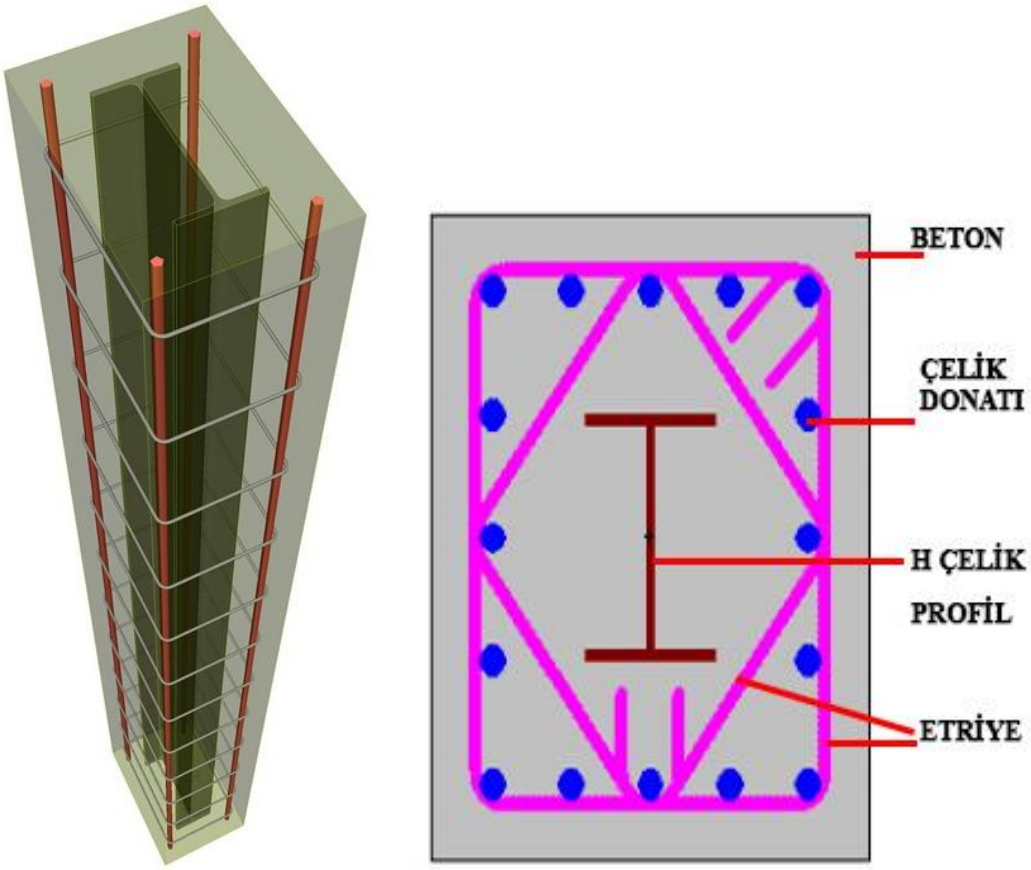


Şekil 4.92. Çiftçi Kuleleri görünümü.

Taşıyıcı Sistemi

Yapının taşıyıcı sistemi, yaklaşık 90x160 cm ebadındaki kompozit kolonlar (betonarme kaplanmış H profiller) ile oluşturulmuş çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı C50 ve C60 dayanımlı betonarme çekirdekten oluşmaktadır (Şekil 4.93). Kompozit kolonlar yangın dayanımına ve düşey yüklerin aktarılmasına da ek katkıda bulunarak yapının dayanımını arttırmakta ve gerekli kolon kesit ve sayısını büyük ölçüde azaltmaktadır. Çok katlı yüksek yapılardaki kolonların rijitliği ve yangına karsı dayanıklılığı, çelik veya beton çekirdekli taşıyıcıların kaynaklı saplamalar ile bire bir kesintisiz kaynatılması ile artırılmıştır. Böylece beton ile çeliğin bir bütün olarak deprem etkisi altında beraber hareket etmesi sağlanarak, binadaki kopma ya da çatlama etkisinin azaltılması sağlanmaktadır (Şekil 4.94).

Yapının formunun düzensiz olması ve çekirdeğin merkezde bulunmaması deprem etkisinin artmasına neden olmaktadır.



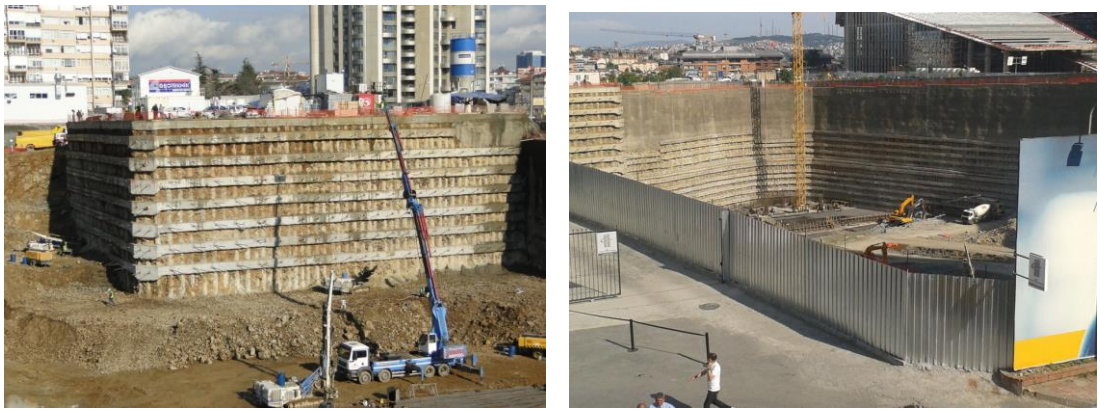
Şekil 4.93. Çiftçi Kuleleri kompozit kolon detayı.



Şekil 4.94. Çiftçi Kuleleri taşıyıcı sistem görünüşü.

Yapım Aşaması

Yapının temelinde radye temel kullanılmıştır.10 bodrum kat yüksekliğindeki temel kazısının iksa sisteminde mini kazık, püskürtme beton, zemin çivisi kullanılmıştır (Şekil 4.95). Çiftçi Towers ın giydirme cephesinde alüminyum ve terracotta panel sistem seçilmiştir (Şekil 4.96).



Şekil 4.95. Çiftçi Kuleleri temel sistem görünüşü.



Şekil 4.96. Çiftçi Kuleleri cephe sistemi görünüşü.

Yapının betonarme çekirdeğinin yapımında tırmanır kalıp sistemi kullanılmaktadır.

4.2.7. Spine Tower, 2014, İstanbul

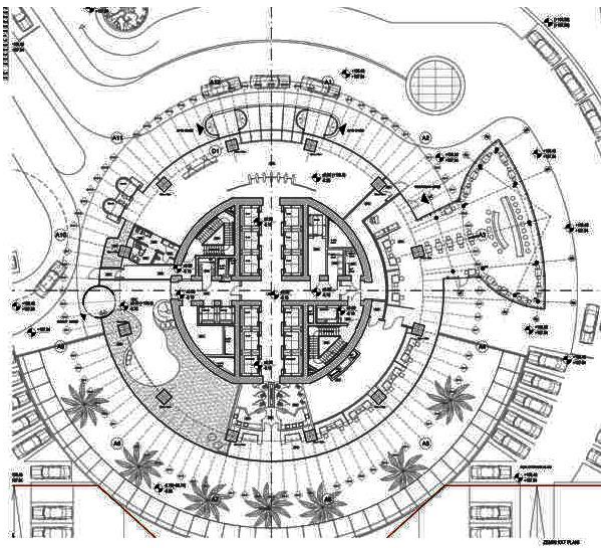
Çizelge 4.19. Spine Tower hakkında genel bilgiler.

	Başlangıç Tarihi	2010
	Bitiş Tarihi	2014
	Yeri	İstanbul
	Mimari Tasarım	2 Design Group
	Strüktürel Tasarım	Erdemli Mühendislik
	Strüktür Türü	Çerçeve+ Çekirdek
	Strüktür Malzemesi	Betonarme
	Fonksiyonu	Lüks konut/Ofis
	Kat Adedi	46
	Yükseklik	191
	Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
	Temel Sistemi	Radye temel
	Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

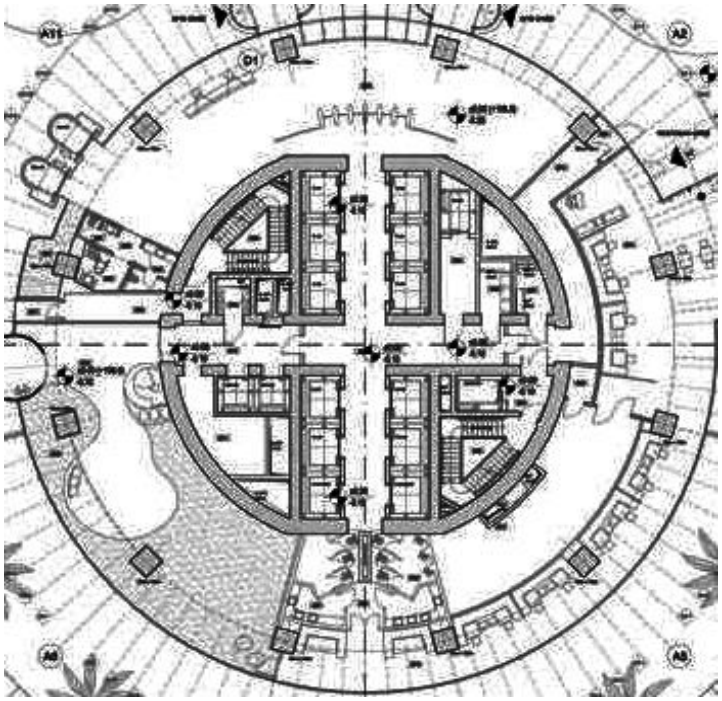
Mimari Özellikler

Maslak'ta 2014 yılında yapımının tamamlanması planlanan Spine Tower,46 katlı, 191 metre yüksekliğinde ofis projesidir (Şekil 4.97), (Şekil 4.98), (Şekil 4.99).

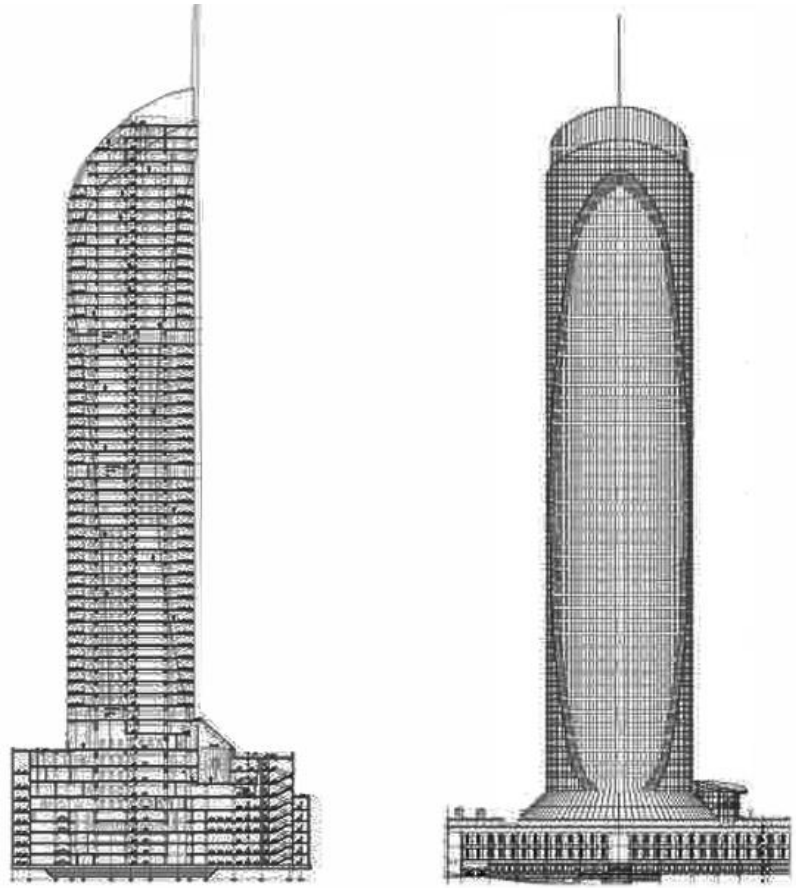
Rüzgar test değerleri uzmanı Prof. Ruscheweyh'in, Spine Tower için rüzgar optimasyonu sağlaması projenin bir özelliğidir.



Şekil 4.97. Spine Tower vaziyet planı.



Şekil 4.98. Spine Tower zemin kat planı.

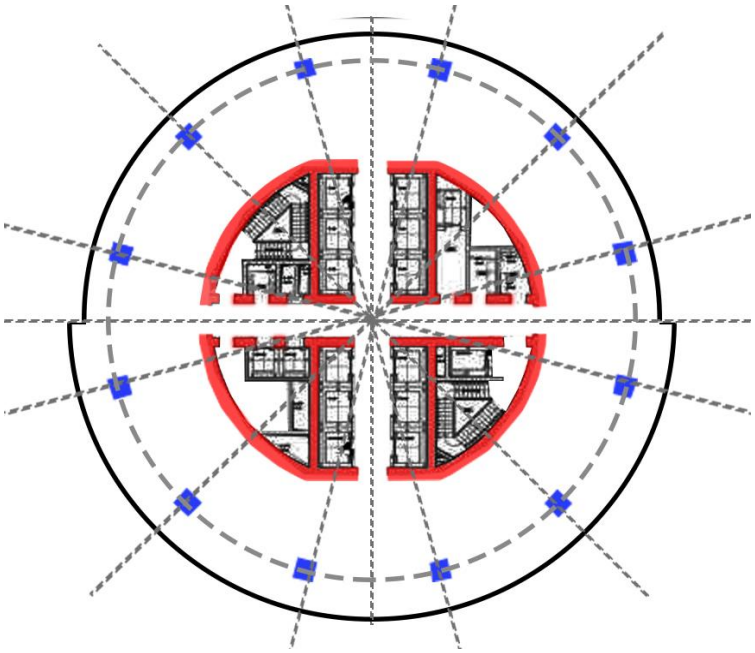


Şekil 4.99. Spine Tower kesit ve görünüş.

Taşıyıcı Sistemi

Yapının taşıyıcı sistemi, betonarme çerçeve sistem ve dairesel planlı betonarme perde duvarlı çekirdekten oluşmaktadır (Şekil 4.100).

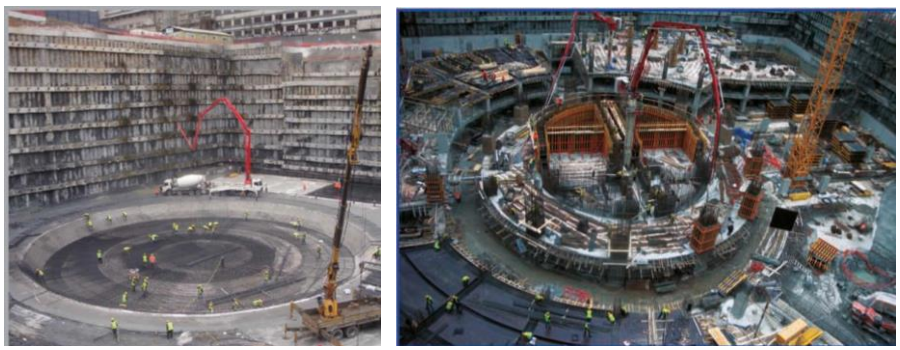
İstanbul'un deprem gerçeği göz önünde bulundurularak tasarlanan projede, C80 sınıfı yüksek dayanımlı beton kullanılmıştır. Yüksek nitelikli C80 sınıfı betonun yük taşıma kapasitesinin yanı sıra su geçirmezliği ve dona karşı dayanıklılığı da normal betona göre tercih edilmesinde etkili olmuştur (URL-66).



Şekil 4.100. Spine Tower taşıyıcı sistem planı.

Yapım Aşaması

Dış cephe sistemi, giydirme cephe panel sistemidir (URL-67). Radye temel kalınlığı 3,6 metredir (URL-68), (Şekil 4.101).



Şekil 4.101. Spine Tower temel sistem görünümleri.

4.2.8. Folkart, 2014, İstanbul

Çizelge 4.20. Folkart hakkında genel bilgiler.



Başlangıç Tarihi	2011
Bitiş Tarihi	2014
Yeri	İzmir
Mimari Tasarım	Yağcıoğlu Mimarlık
Strüktürel Tasarım	Emir Mühendislk
Strüktür Türü	Çerçeve+ Çekirdek
Strüktür	Betonarme
Fonksiyonu	Lüks konut/ofis
Kat Adedi	40
Yükseklik	200
Cephe Sistemi	Yarı panel giydirme cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

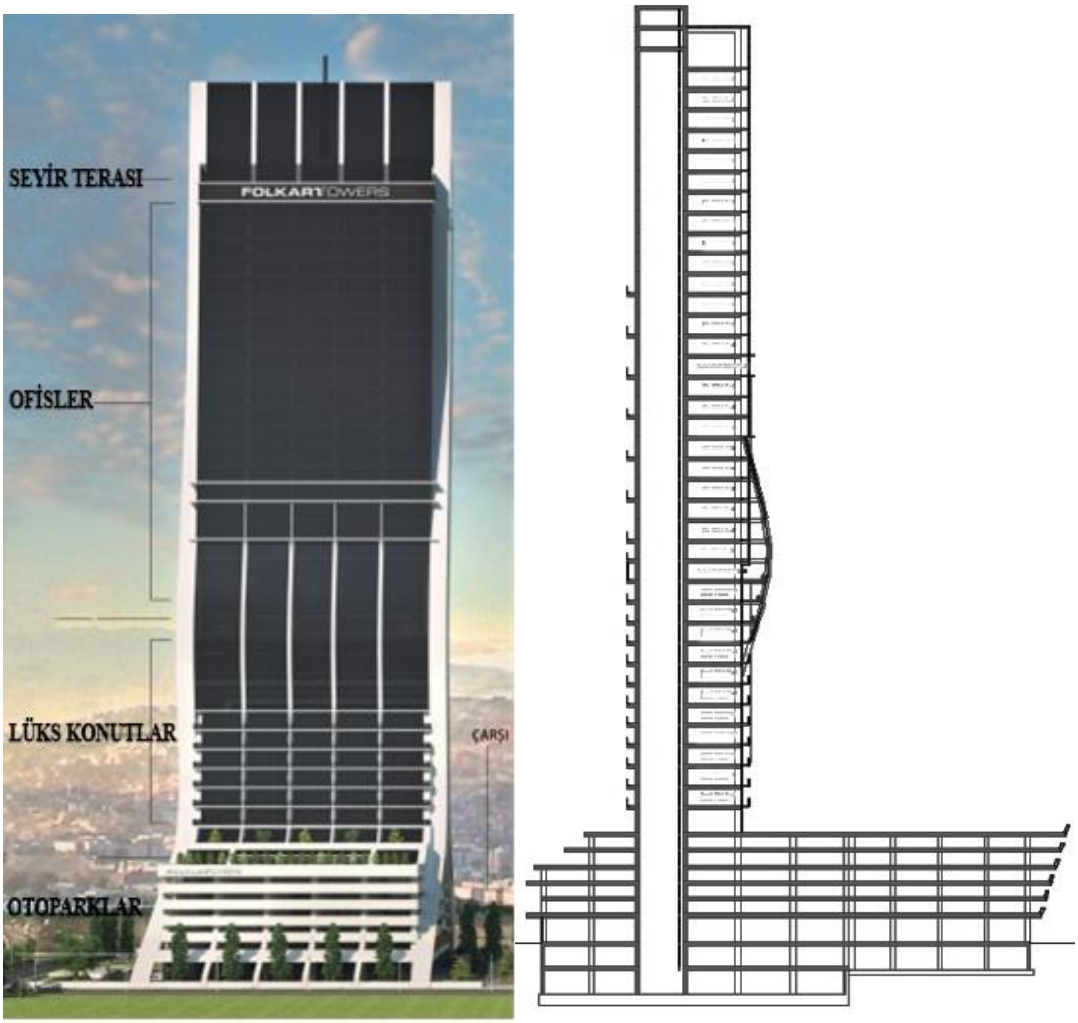
Folkart Towers, her biri 197 m yüksekliğinde olan 40'ar katlı iki kuleden oluşan betonarme bir yapıdır (Şekil 4.102). Farklı mimarisiyle dikkat çeken yapı yaklaşık 27.000 m² arsa üzerine kuruludur. Her biri 40 kattan oluşan kulelerde, lüks konut, alışveriş alanları, spor kompleksleri, ofis katları bulunmaktadır (Şekil 4.103), (Şekil 4.104).



Şekil 4.102. Folkart Towers lüks konut planı.



Şekil 4.103. Folkart Towers ofis kat planı.



Şekil 4.104. Folkart Towers görünüş ve kesiti.

Taşıyıcı Sistemi

Yapının taşıyıcı sistemi, betonarme çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı betonarme perde duvarlı çekirdekten oluşmaktadır (Şekil 4.105). Çekirdek binanın dış kenarının ortasında planlamıştır. Deprem bölgelerinde yapılan yüksek yapıların formunun düzenli olması ve çekirdeğin merkezi konumda planlanması deprem etkilerini azaltmaktadır.

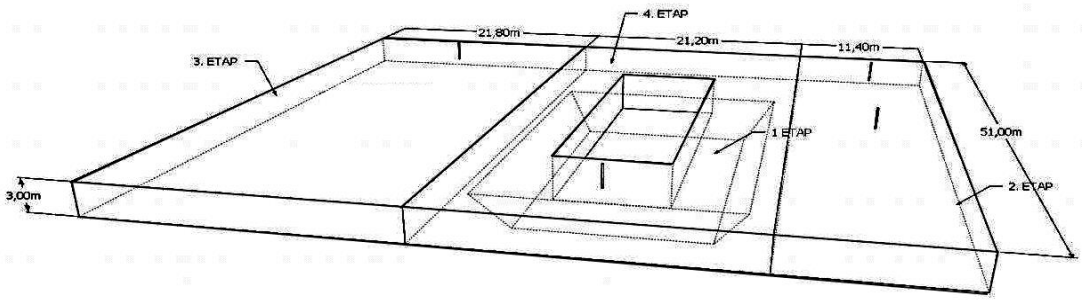
Taşıyıcı yapının statik projeleri dünyadaki son dönem yüksek kulelerinin tamamına yakınının tasarımında da kullanılan Time History Analysis (Zaman Tanım Aralığı) metodu ile betonarme yapı olarak tasarlanmaktadır.



Şekil 4.105. Folkart Towers taşıyıcı sistem planı.

Yapım Aşaması

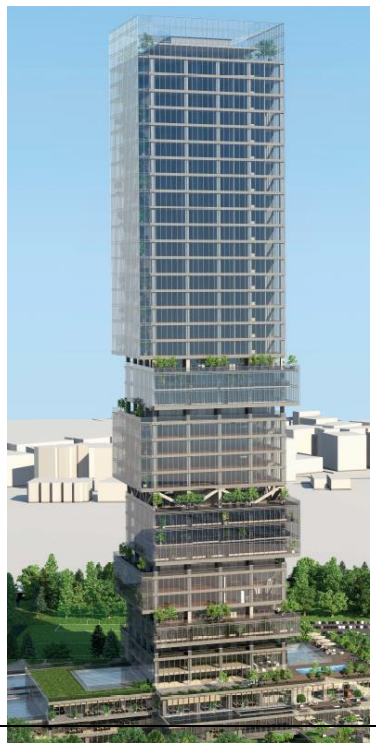
Folkart Towers kulelerinin temelleri her biri aynı boyutta olmak üzere, oturma alanı 54.40m x 51,00m ve derinliği 3-4 m olan radye tipi temel olarak projelendirilmiştir. Radye temellerin projede öngörülen dayanım sınıfı C 40/50 ‘dir (Şekil 4.106).



Şekil 4.106. Folkart Towers temel sistemi perspektifi.

4.2.9. İstanbloom, 2014, İstanbul

Çizelge 4.21. İstanbloom hakkında genel bilgiler.



Başlangıç Tarihi	2011
Bitiş Tarihi	2014
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	Bünyamin Derman
Strüktürel Tasarım	Balkar İnşaat Mühendisliği ve Müşavirlik Ltd. Şti
Strüktür Türü	Çekirdek+Çerçeve
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Lüks konut
Kat Adedi	46
Yükseklik	150
Cephe Sistemi	Çift kabuklu cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

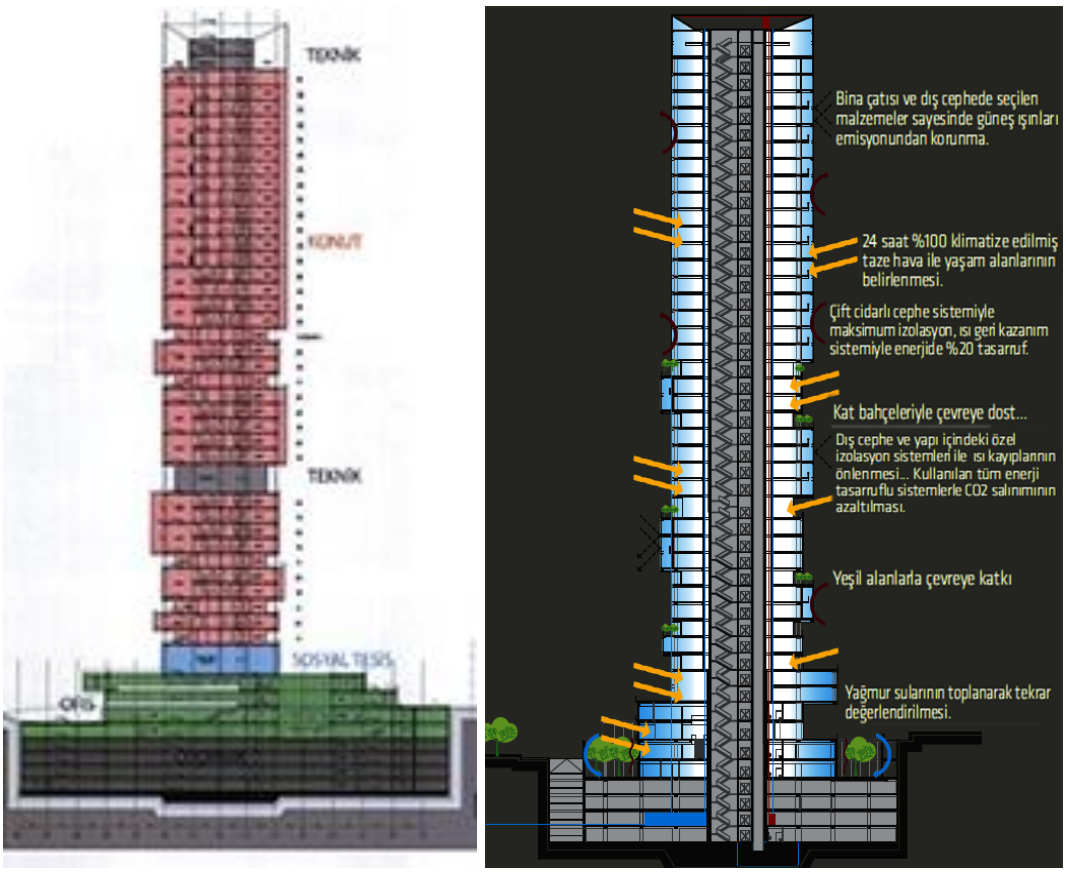
İstanbloom projesi, 37'ü lüks konut, 3'ü ofis katı, 2 teknik ve sosyal kat, 4 otopark katı olmak üzere, toplam 46 kattan ve toplam 79.571 m2 alandan oluşmaktadır (Şekil 4.107), (Şekil 4.108), (Şekil 4.109).



Şekil 4.107. İstanbloom vaziyet planı.



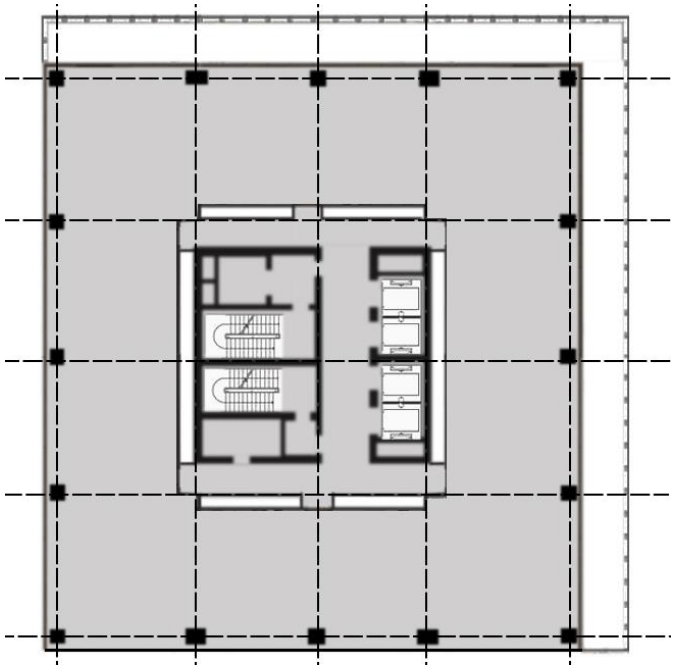
Şekil 4.108. İstanbloom lüks konut kat planı.



Şekil 4.109. İstanbloom kesitleri.

Taşıyıcı Sistemi

Yapının taşıyıcı sistemi, betonarme çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı betonarme perde duvarlı çekirdekten ve kirişli döşemeden oluşmaktadır (Şekil 4.110).



Şekil 4.110. İstanbloom taşıyıcı sistem planı.

Yapım Aşaması

Yapıda radye temel kullanılmıştır. Altı bodrum kat yüksekliğindeki temel kazısının iksa sisteminde Mini kazık, püskürtme beton, zemin çivisi uygulanmıştır. Yapıda çekirdek yapımında tırmanır kalıp sistemi kullanılmıştır.

Yapının cephesinde çift kabuklu cephe sistemi seçilmiştir (Şekil 4.111).



Şekil 4.111. İstanbloom cephe sistem detayı.

4.2.10. Rönesans Tower, 2014, İstanbul

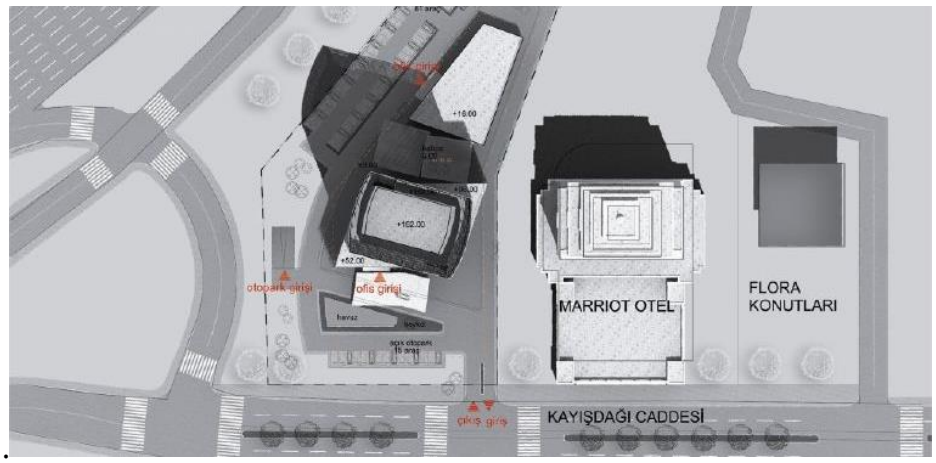
Çizelge 4.22. Rönesans Tower hakkında genel bilgiler.



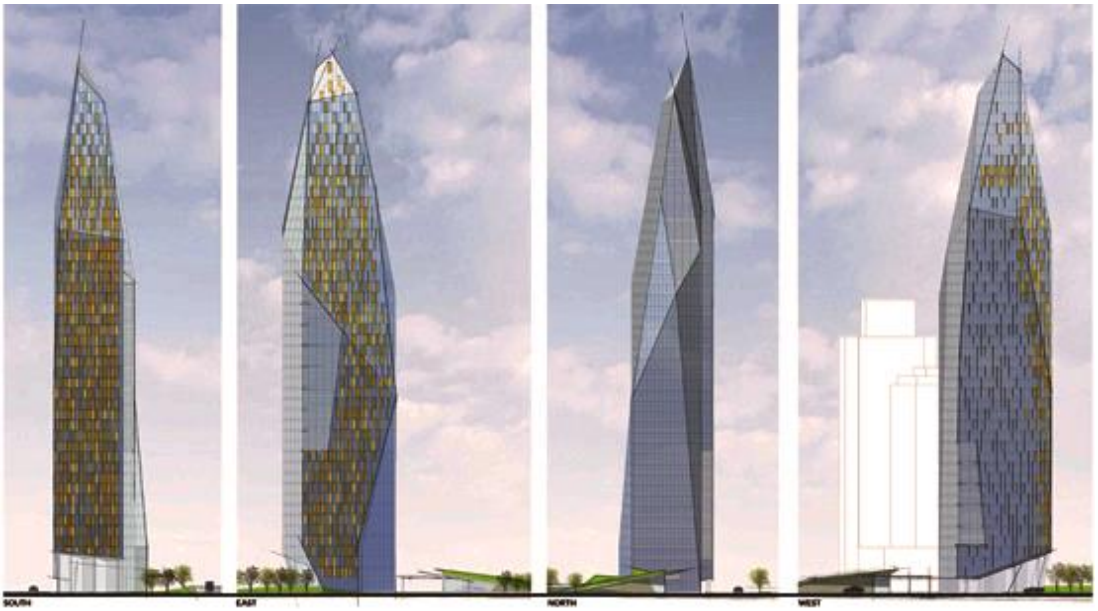
Başlangıç Tarihi	2012
Bitiş Tarihi	2014
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	FXFOWLE
Strüktürel Tasarım	DeSimone Consulting
Strüktür Türü	Çerçeve+ çekirdek
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Ofis
Kat Adedi	40
Yükseklik	186
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

İstanbul'un Anadolu yakasında Kozyatağı/Ataşehir bölgesinde inşa edilen Rönesans Tower projesi, 40 katlı ve 186 metre yüksekliğinde ve 86.200 m² inşaat alanı olan yüksek katlı ofis projesidir (Şekil 4.112), (Şekil 4.113), (Şekil 4.114).

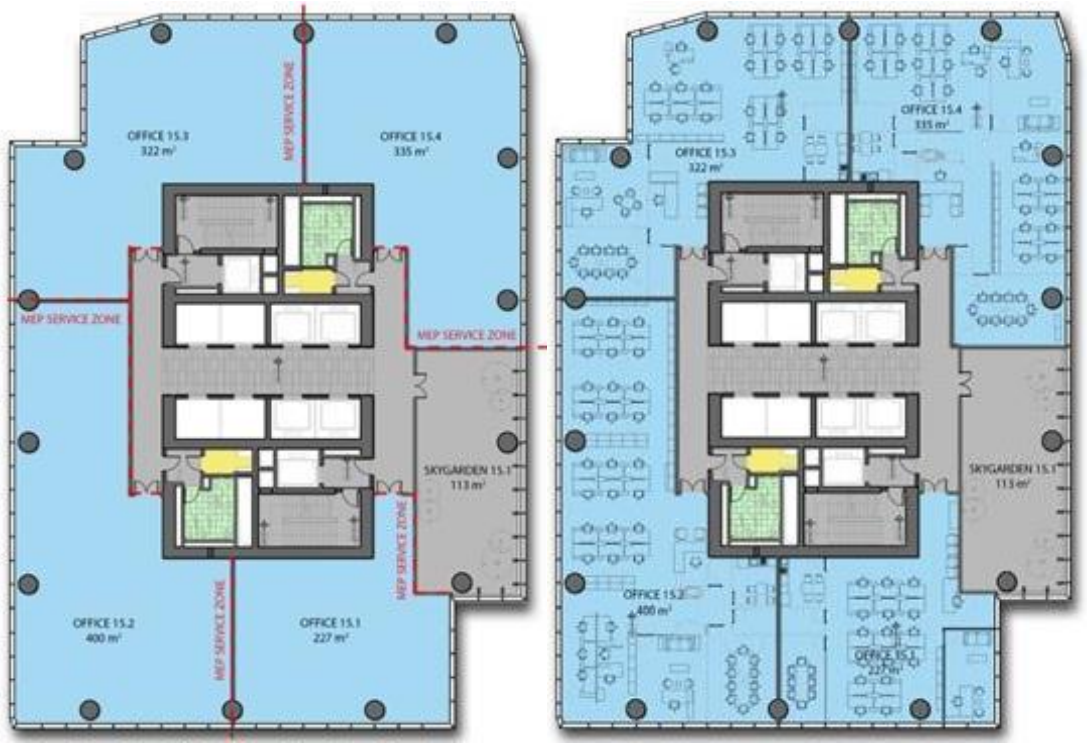
Rönesans Tower LEED gold sertifikasına uygun olacak şekilde tasarlandı. Üç grup halindeki "gökyüzü bahçeleri" kritik alanlara yerleştirilmiştir. İki katlı bahçeler iç ve dış mekanlar arasında termal bir tampon görevi üstlenerek ofis çalışanlarının temiz hava almasını sağlamaktadır (Şekil 4.115).



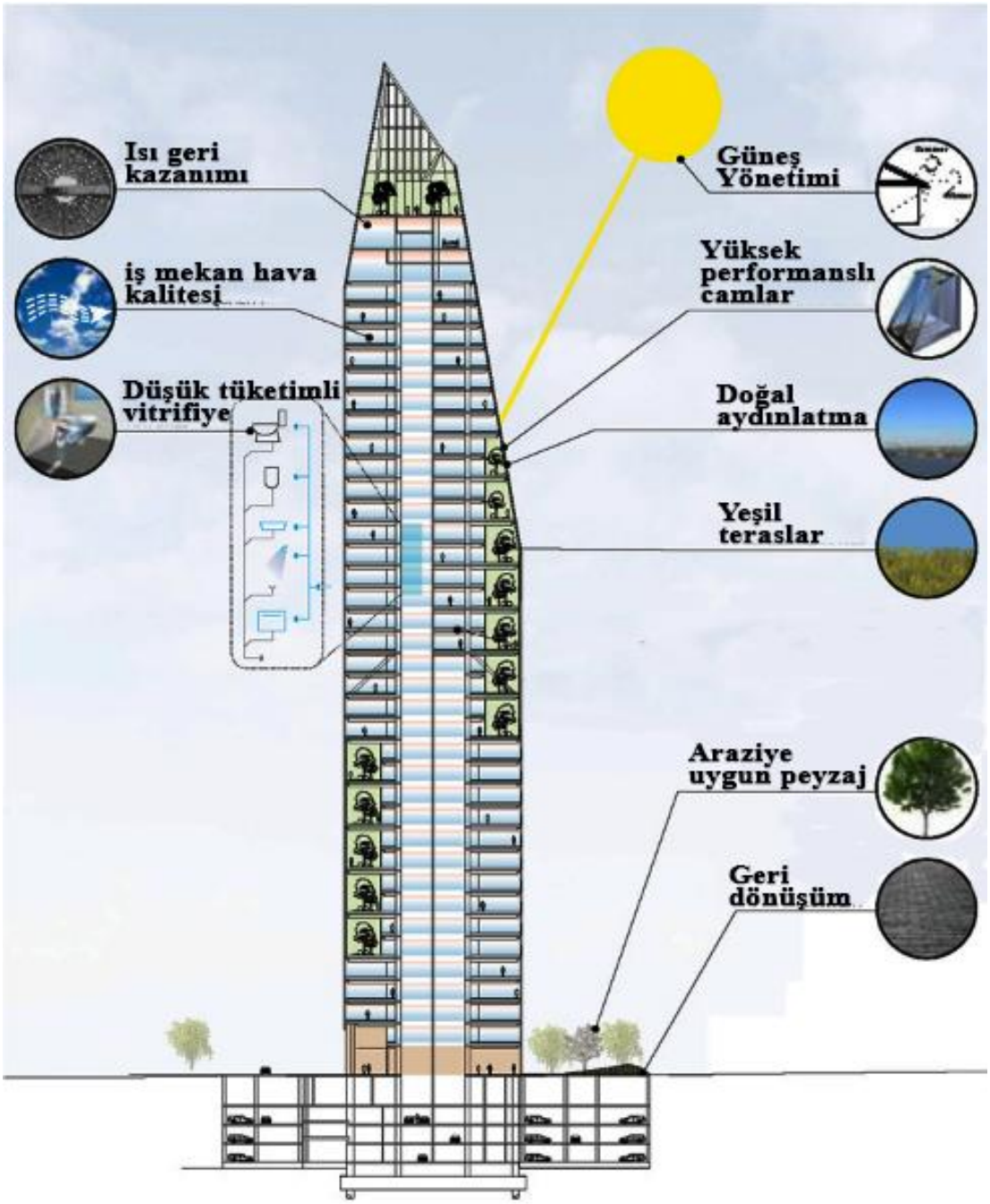
Şekil 4.112. Rönesans Tower vaziyet planı.



Şekil 4.113. Rönesans Tower görünüşleri.



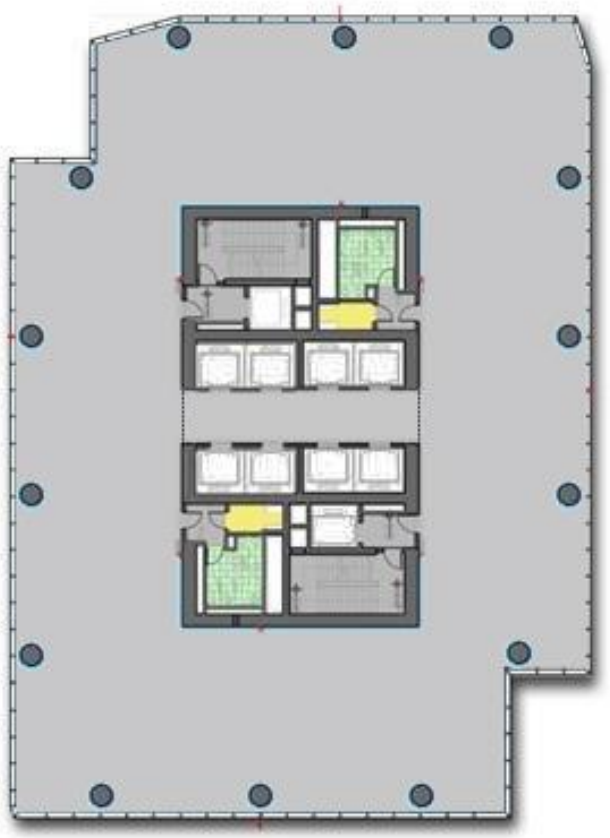
Şekil 4.114. Rönesans Tower ofis kat planları.



Şekil 4.115. Rönesans Tower kesiti.

Taşıyıcı Sistemi

Yapının taşıyıcı sistemi, dairesel kolonlar ile oluşturulan betonarme çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı betonarme çekirdekten ve kirişli döşemeden oluşmaktadır (Şekil 4.116).

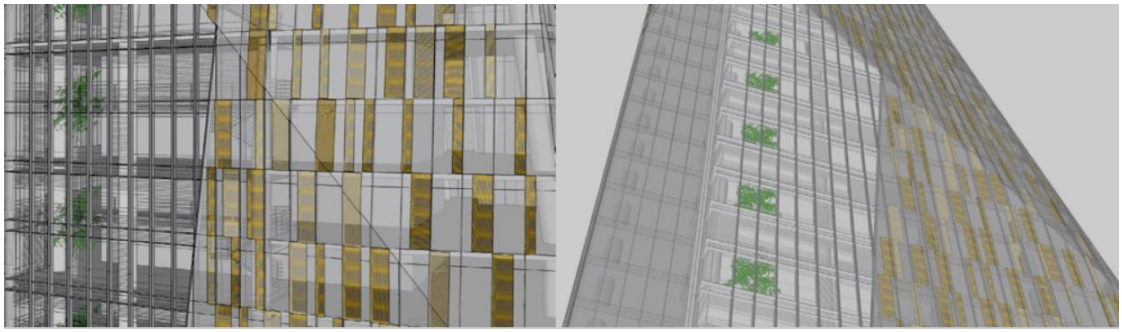


Şekil 4.116. Rönesans Tower taşıyıcı sistem planı.

Yapım Aşaması

Yapının temeli radye temel olarak çözülmüştür. 4 bodrum kat yüksekliğindeki temel kazısının iksa sisteminde mini kazık, püskürtme beton, zemin çivisi kullanılmıştır.

Yapıda çekirdek yapımında tırmanır kalıp sistemi, dikmeli sistem döşeme kalıbı seçilmiştir. Yapının cephesinde yarı panel cephe sistemi kullanılmıştır (Şekil 4.117).



Şekil 4.117. Rönesans Tower cephe sistemi (URL-69).

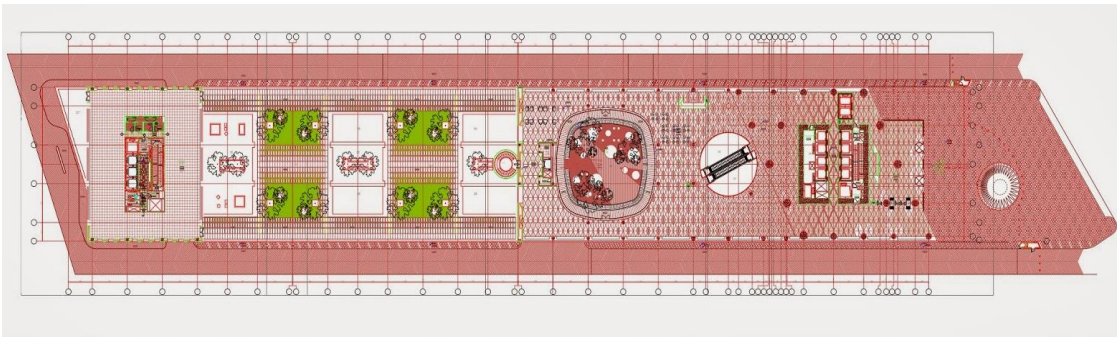
4.2.11. Soyak Plaza, 2014, İstanbul

Çizelge 4.23. Soyak Plaza hakkında genel bilgiler.

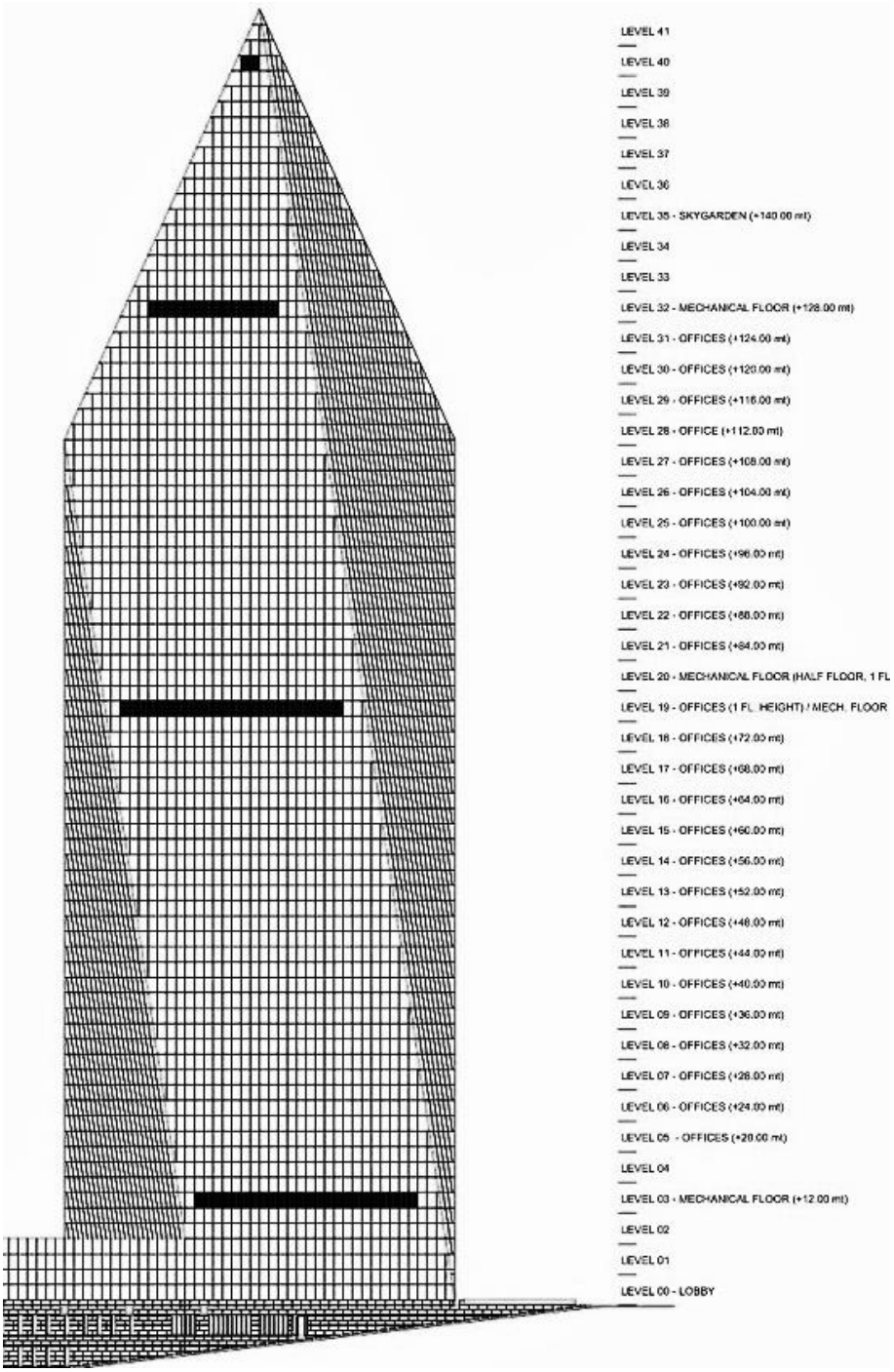


Başlangıç Tarihi	2011
Bitiş Tarihi	2014
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	HAS Architects; Pei Cobb Freed & Partners
Strüktürel Tasarım	Thornton Tomasetti, Inc., New York-Balkar Mühendislik
Strüktür Türü	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek
Strüktür	Betonarme
Fonksiyonu	Ofis
Kat Adedi	37
Yükseklik	168
Cephe Sistemi	Yarı panel giydirme cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Proje 55.000 metrekare inşaat alanına sahip 41 katlı olup 35 katına kadar ofisler yer almaktadır ve 160 metre yüksekliğe sahiptir. Kule West Tower, Podium ve East Tower olmak üzere 3 ana bloktan oluşmaktadır (Şekil 4.118). Bina bu bloklarda 4 bölgeye ayrılmıştır ve bu bölgeler 8 ayrı çekirdekle çözümlenmiştir. Farklı kolon ve cephe yapısına sahip kule asimetrik eğimli yüzeylerden oluşmaktadır. Proje içerisindeki düşey kolonların yanı sıra çok sayıda eğik kolon ile yapıya kristal şekli verilmiştir (Şekil 4.119), (Şekil 4.120).

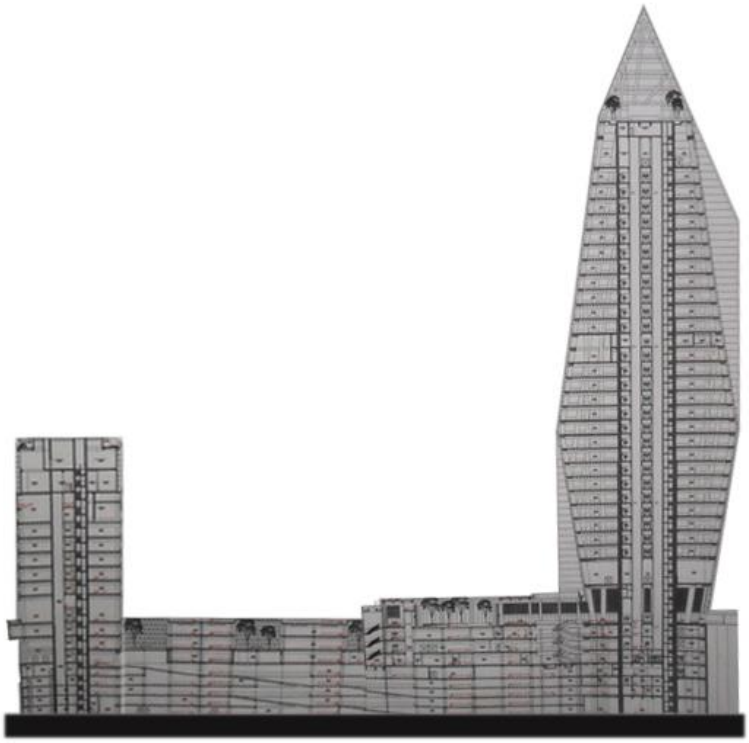


Şekil 4.118. Soyak Plaza zemin kat planı.



Şekil 4.119. Soyak Plaza zemin görünüşü.

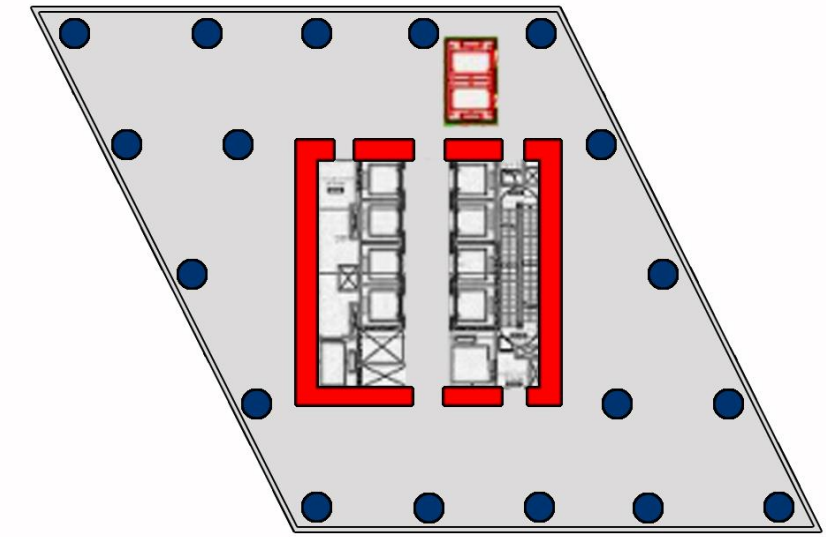
A blok ofis binası olarak kullanılmayı amaçlıyor, 35. Kattan itibaren skygarden'a dönüşüyor. Bina bu kata kadar betonarme taşıyıcılarla oluşturulmuşken, buradan sonra çelik sistemle taşınıyor Skygarden'da 3 ara kat bulunmaktadır.



Şekil 4.120. Soyak Plaza kesit.

Taşıyıcı Sistemi

Yapının taşıyıcı sistemi, dairesel kolonlar ile oluşturulan betonarme çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı betonarme çekirdekten ve kirişli döşemeden oluşmaktadır. Betonarme çekirdek kalınlığı 110 cm, en üst katta 50 cm e düşüyor. Dairesel betonarme kolon çapı 64 santimetredir (Şekil 4.121), (Şekil 4.122).



Şekil 4.121. Soyak Plaza taşıyıcı sistem planı.



Şekil 4.122. Soyak Plaza taşıyıcı sistem görünüşleri.

Dış cephe kaplamalarının hepsi İtalya'da bir fabrikada üretilmiştir. Bu paneller hazır olarak montajları yapılmış halde fabrikadan gelmekteolup, bu paneller kodlanarak hangi kata ve nereye geleceği önceden planlanmıştır.

Cephelerin montajını yapmak için ikincil bir çelik sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. İkincil çelik konstrüksiyonu yaparken kolonların içine çelik ankraj plaka tespiti yapılmakta ve ankrajlar da bunun üzerine gelmektedir. Ayrıca çelikte galvaniz koruma yapılarak paslanması engellenmekte, çelik kirişler bu ankrajlara monte edilerek cephe panelleri takılmaktadır.

Panellerin cam kısmı özel olarak üretilmiştir. Bu camların, gün ışığının bir kısmını içeriye alırken bir kısmını da yansıtmasının avantajı ofis gibi soğutma isteyen binalarda enerji tasarrufu sağlamasıdır. Camların panellerden bağımsız olmasının avantajı cam kırıldığı zaman kolaylıkla değiştirilebilmesidir. Eğer taşıyıcıya veya tesisat kanallarına denk gelen bir kısım varsa bunun için spandrel adı verilen arkası boyalı camlar kullanılmaktadır.

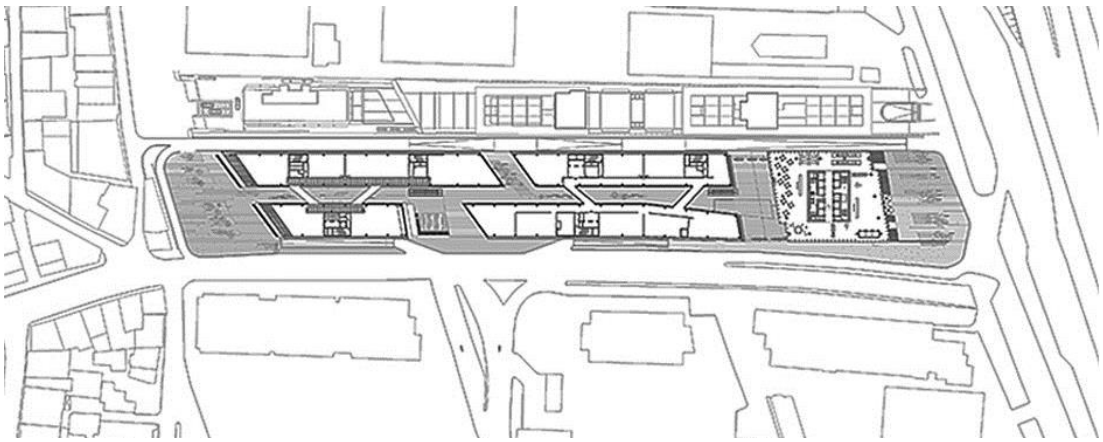
4.2.12. Zorlu Levent Tower, 2014, İstanbul

Çizelge 4.24. Zorlu Levent Tower hakkında genel bilgiler.

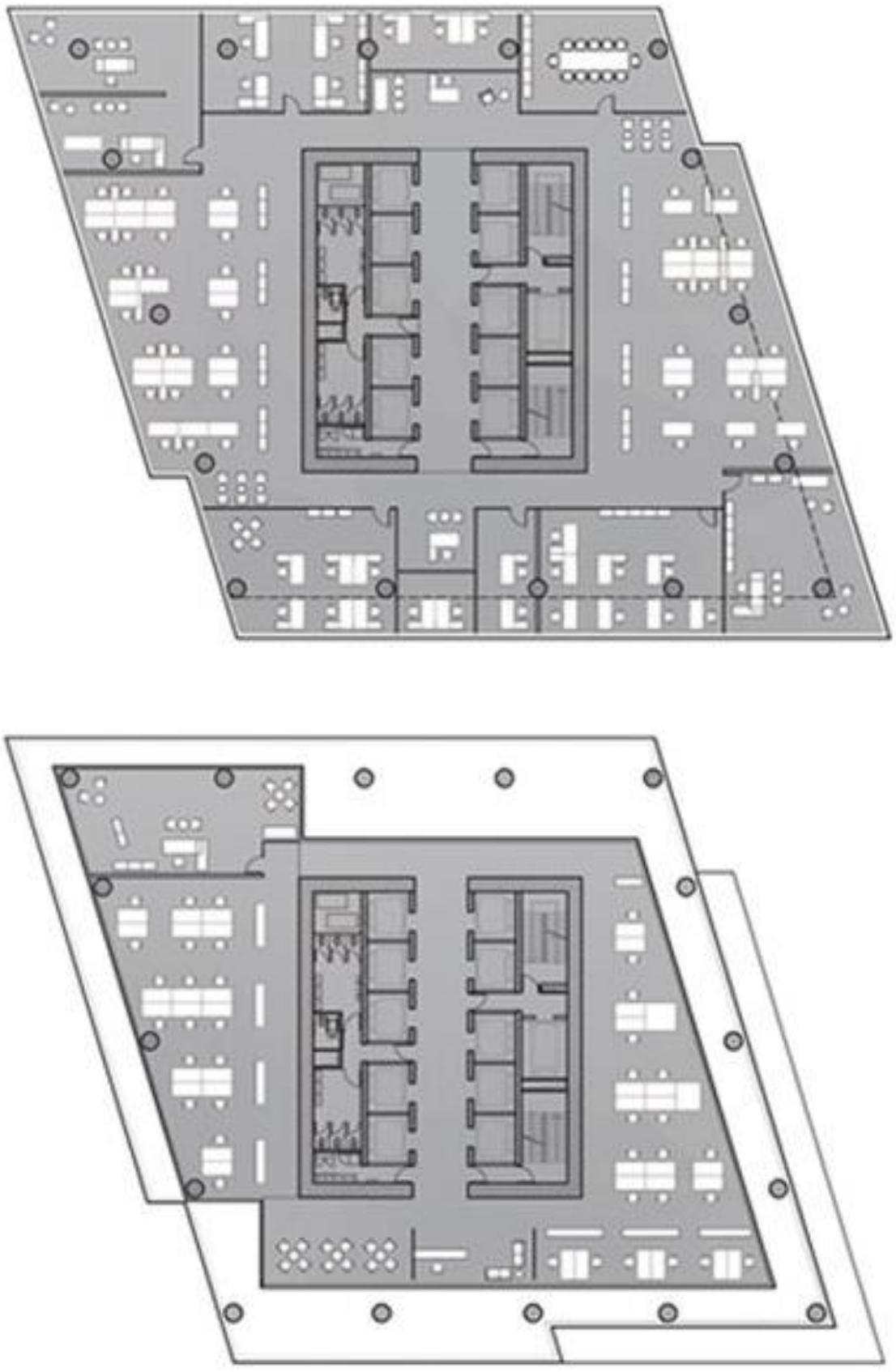


Başlangıç Tarihi	2011
Bitiş Tarihi	2014
Yeri	İstanbul
Mimari Tasarım	Tabanlıoğlu Mimarlık
Strüktürel Tasarım	Emir Mühendislik
Strüktür Türü	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek
Strüktür Malzemesi	Betonarme
Fonksiyonu	Ofis
Kat Adedi	42
Yükseklik	170
Cephe Sistemi	Giydirme panel cephe
Temel Sistemi	Radye temel
Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

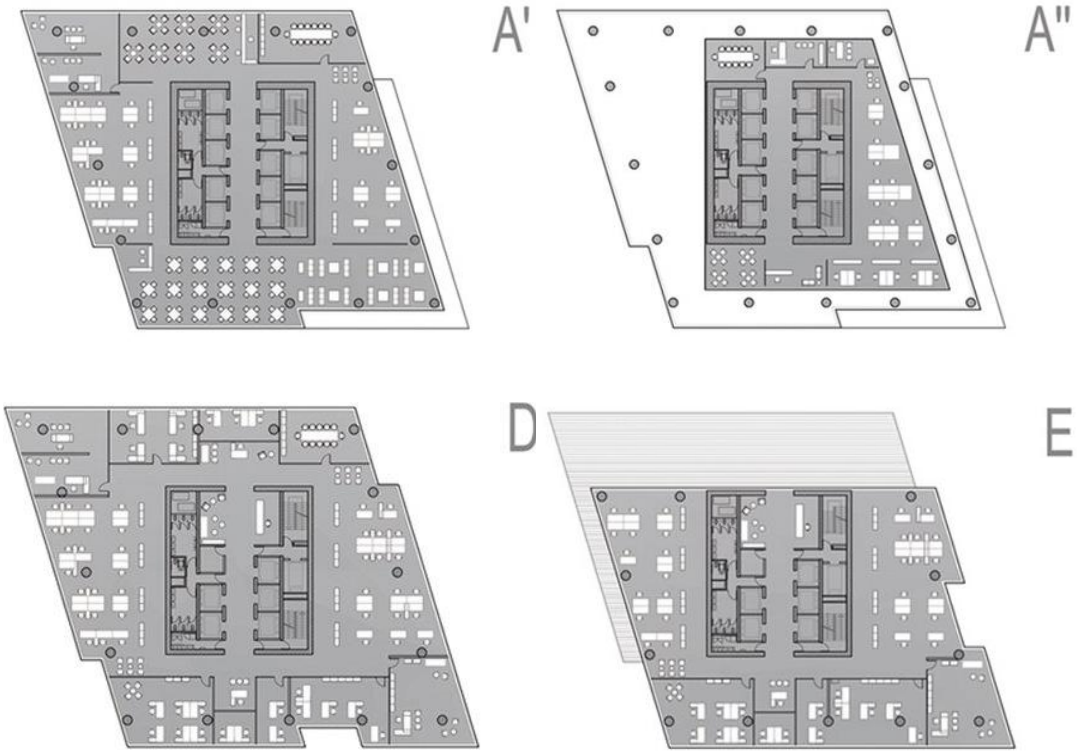
Proje alçak kütleleri 7 bodrum+Zemin+2 normal kat, Kule kısmı ise 7 bodrum+zemin+43 kattan oluşmaktadır (Şekil 4.123), (Şekil 4.124). Alt bölümde alışveriş merkezi, sosyal ve kültürel alanları bulunan proje, yeşil alan ihtiyacına getirdiği çözümlerin yanında 10,000 m²'lik peyzaj alanına sahiptir (Şekil 4.125), (Şekil 4.126). Proje için Leed Gold Yeşil Bina Sertifikası alınması hedeflenmektedir.



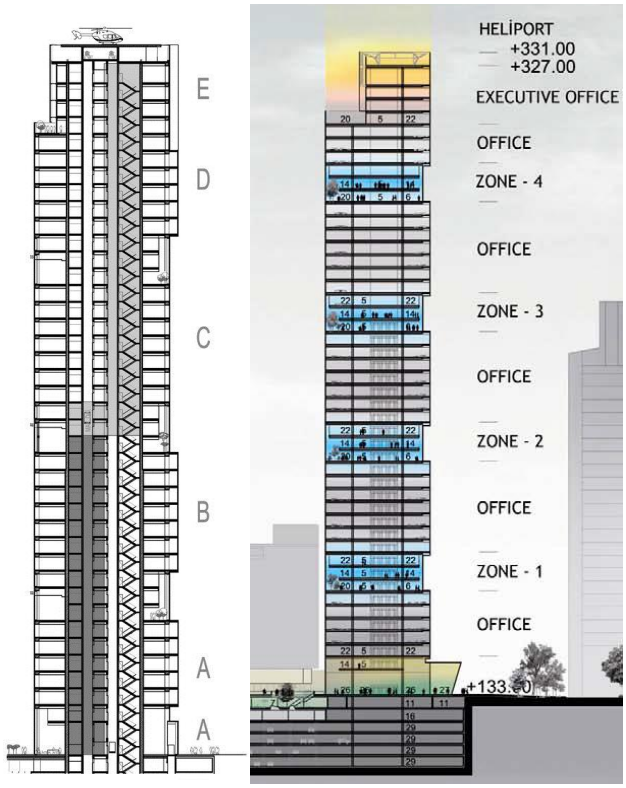
Şekil 4.123. Zorlu Levent Tower vaziyet planı.



Şekil 4.124. Zorlu Levent Tower kat planları.



Şekil 4.125. Zorlu Levent Tower kat planları.

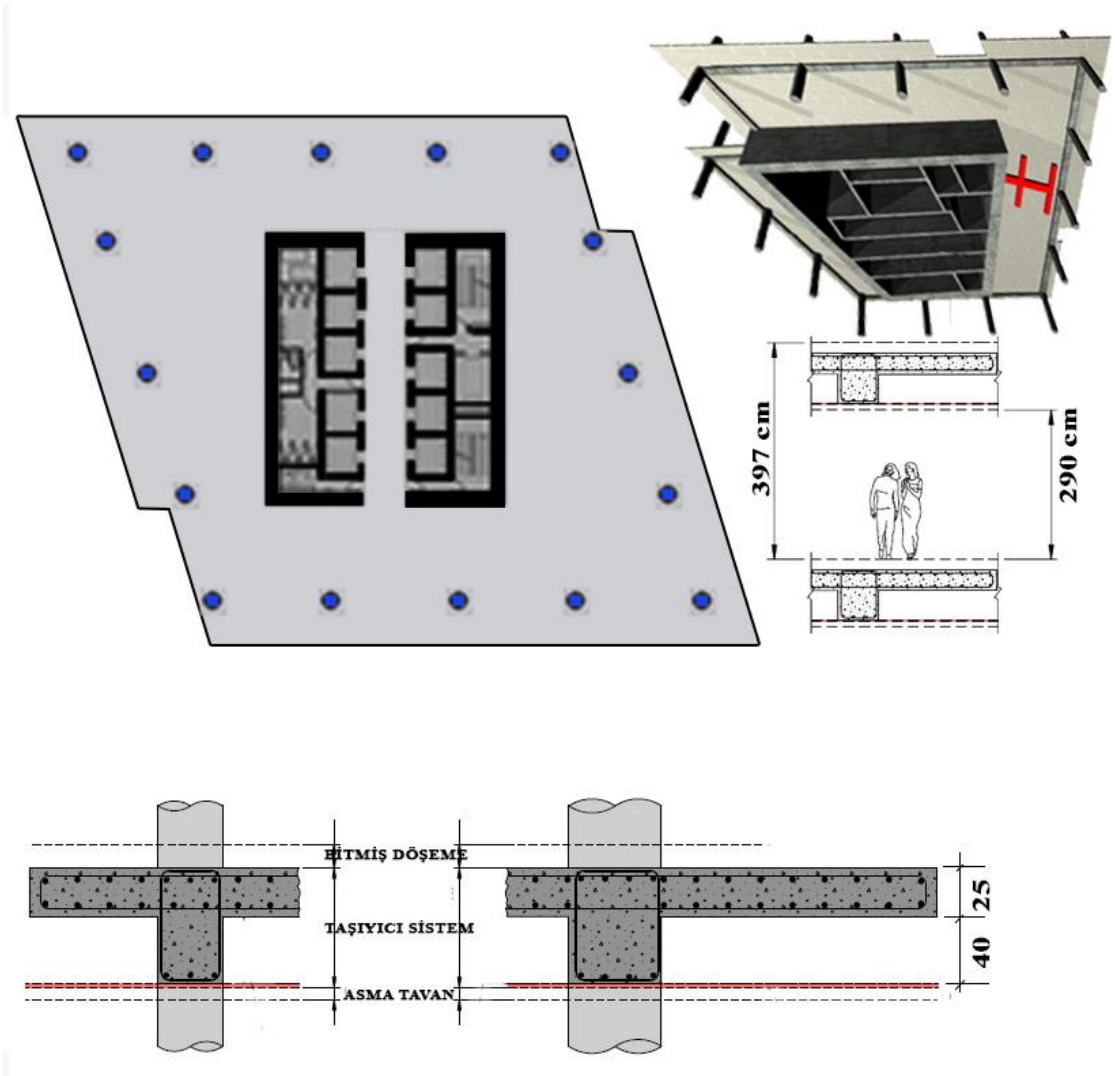


Şekil 4.126. Zorlu Levent Tower kesitleri.

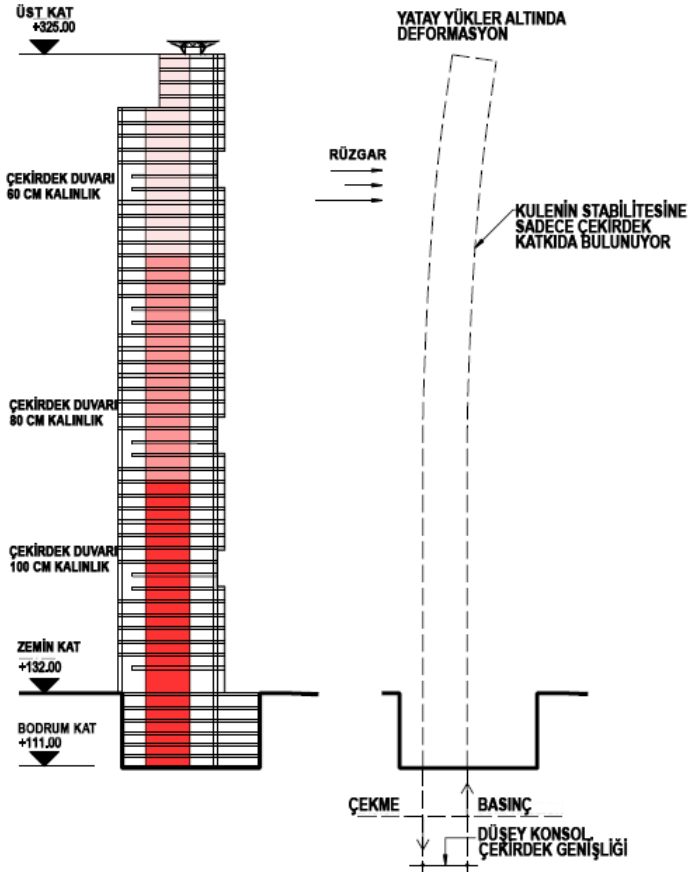
Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yapının taşıyıcı sistemi, kompozit kolonlar (betonarme kaplanmış H profiller) ile oluşturulmuş çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı betonarme çekirdekten oluşmaktadır (Şekil 4.127), (Şekil 4.128).

Dış çerçeve dairesel kolonları kompozit malzemeli olarak tasarlanmıştır. Dairesel kolonlar, merkezine H profil yerleştirilip, etrafı çelik demirlerle donatılarak ve beton dökülmek suretiyle yapılmışlardır. Toplamda her yedi kattan sonra 3 kat yüksekliğinde dört adet kat bahçesi tasarlanmıştır. Bu nedenle bahçe katlarındaki kolonlar üç kat yüksekliğinde kiriş ve döşeme bağlantısı olmaksızın devam ettirilmiştir.



Şekil 4.127. Zorlu Levent Tower taşıyıcı sistem planı.



Şekil 4.128. Zorlu Levent Tower taşıyıcı sistem kesiti.

Yapım Aşamaları

Temel iksa sisteminde mini kazık, püskürtme beton, zemin çivisi kullanılmıştır.

Yapının cephe sisteminde çift kabuklu cephe seçilmiştir. Dış kabuk yarı panel cephe sistemi ve iç cephe giydirme cam cephe sistemine sahiptir (Şekil 4.130).



Şekil 4.129. Zorlu Levent Tower taşıyıcı sistem kesiti.

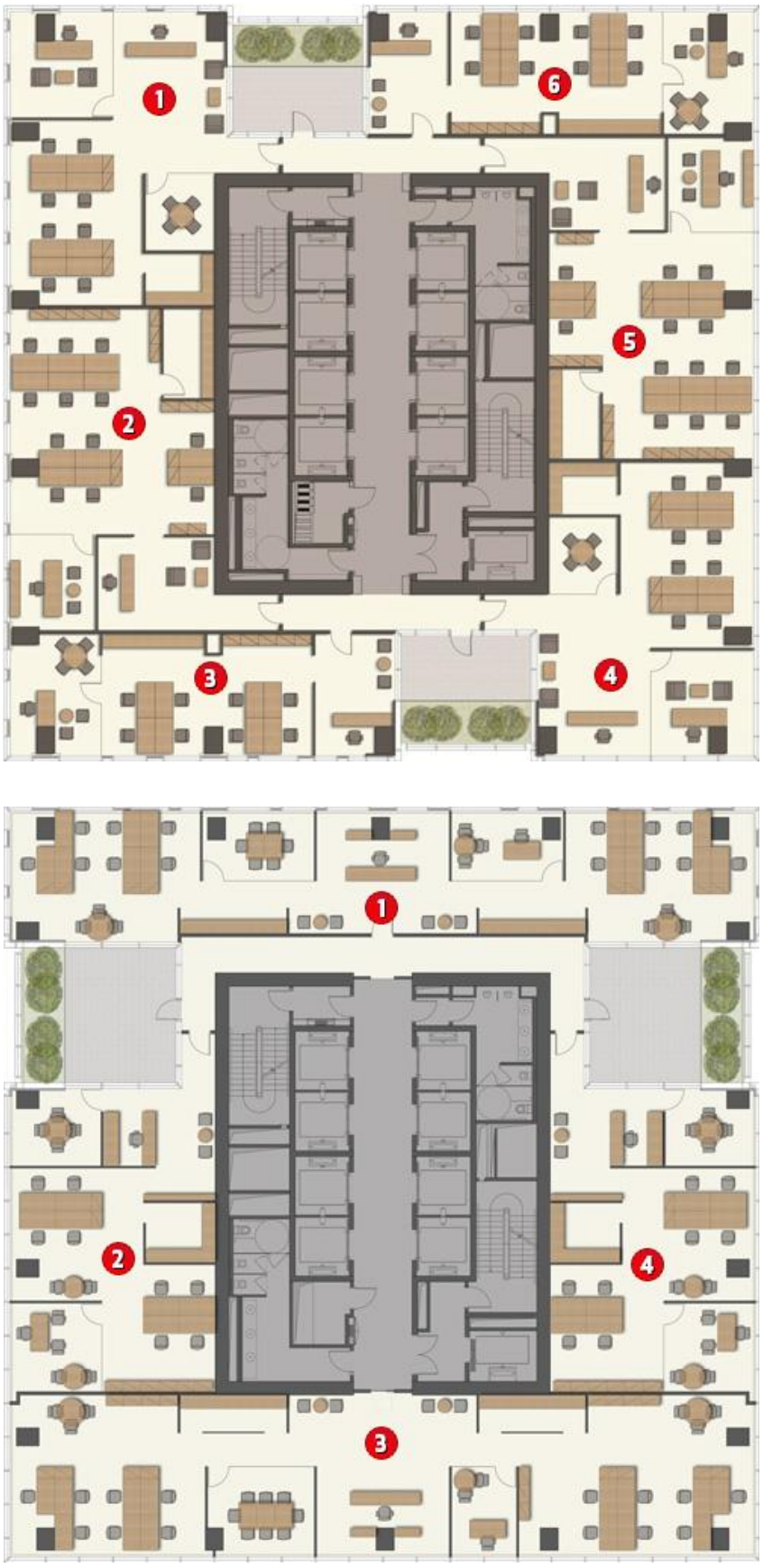
4.2.13. Palladium Tower, 2014, İstanbul

Çizelge 4.25. Palladium Tower hakkında genel bilgiler.

	Başlangıç Tarihi	2012
	Bitiş Tarihi	2014
	Yeri	İstanbul
	Mimari Tasarım	Swanke Hayden Connell Architects
	Strüktürel Tasarım	Emir Mühendislik
	Strüktür Türü	Çerçeve+Çekirdek
	Strüktür Malzemesi	Betonarme
	Fonksiyonu	Ofis
	Kat Adedi	43
	Yükseklik	180
	Cephe Sistemi	Giydirme yarı panel cephe
	Temel Sistemi	Radye temel
	Kalıp Sistemi	Tırmanır Kalıp

Yapımına 2012 yılında başlanan ve 2014 yılında tamamlanması planlanan, Ataşehir'de bulunan Palladium Tower projesinde toplam ofis alanı 100.000 m² olup,178 m² ile 1147 m² arası değişen 200 adet ofis bulunmaktadır (Şekil 4.130). 43 katlı A-sınıfı ofis binasına Leed Gold Sertifikası alınması için başvuruda bulunulmuştur.

Zemin üstünde yaklaşık 49,500m² ofis alanından oluşan bina, 900 m² ve 1.100 m²'lik kat planları ile esnek kullanıma uygundur. Her katta doğal havalandırmaya sahip kat bahçeleri yer almaktadır (Şekil 4.131).



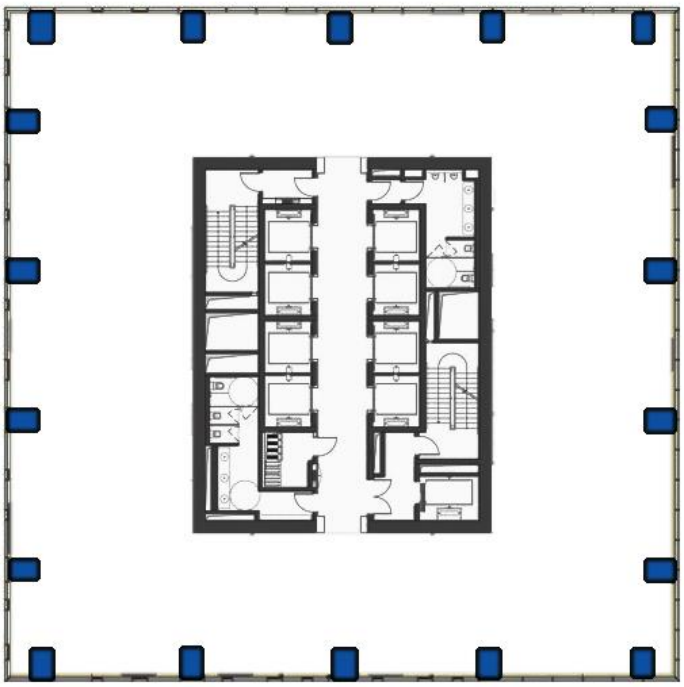
Şekil 4.130. Palladium Tower kat planları.



Şekil 4.131. Palladium Tower görünüm.

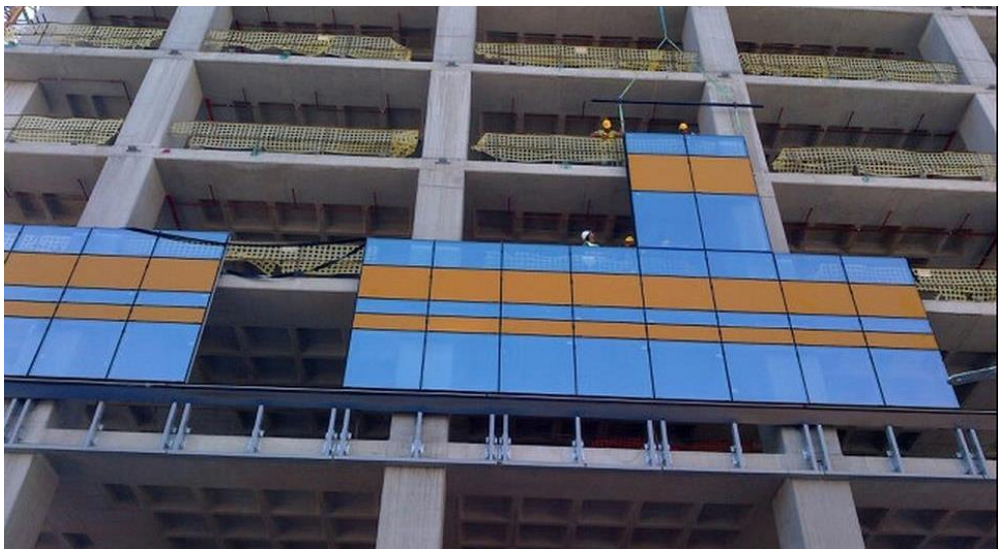
Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yapının taşıyıcı sistemi, betonarme kolonlar ile oluşturulmuş çerçeve sistem ve dikdörtgen planlı betonarme merkezi çekirdekten oluşmaktadır (Şekil 4.132).



Şekil 4.132. Palladium Tower taşıyıcı sistem planı.

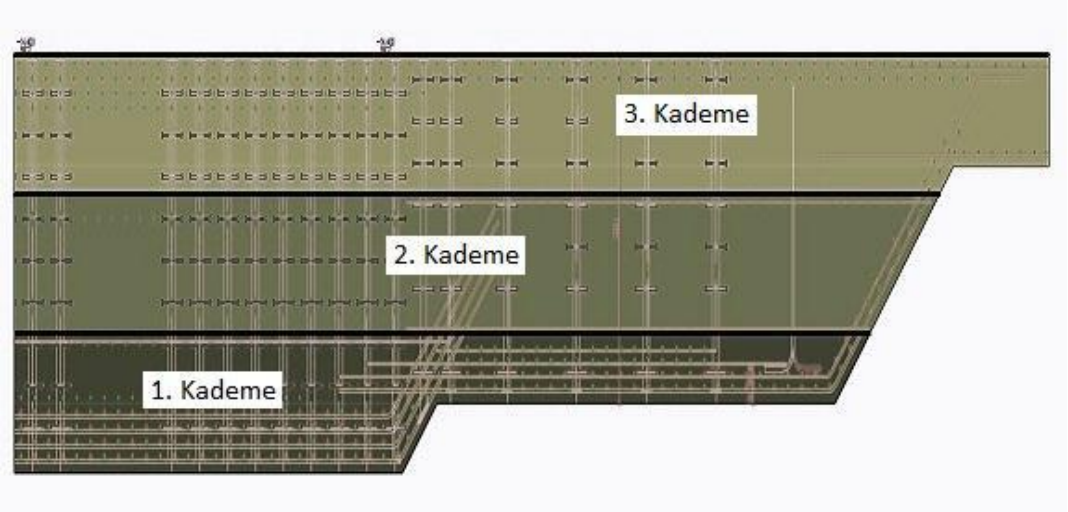
Projenin yarı panel cephesi, ısı yalıtımlı alüminyum doğrama, kompozit ve taş kaplama uygulamalarını içermektedir. Cephe iç mekanlarda maksimum gün ışığından faydalanılacak şekilde tasarlanmıştır. (Şekil 4.133).



Şekil 4.133. Palladium Tower yarı panel cephe görünümü.

Binanın temelinde C40 sınıfı, üst yapısında ise C50 sınıfı beton kullanılmaktadır. Şekil 4.134'de kulenin temel kesiti ve döküm kademeleri gösterilmektedir.

Palladium Tower Projesi'nin 3 m'lik derin temeli her biri 1 m olacak biçimde üç kademede dökülmüştür (Taşdemir M.A. Elmaskaya A. 2013).



Şekil 4.134. Palladium Tower temel sisteminin kesiti.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Karşılaştırma ve Analizler

Çizelge 5.1. 2000 yılından sonra yapılmış veya yapımına devam eden dünyadan 12 adet, Türkiye'den 13 adet toplam 25 adet yüksek bina karşılaştırma tablosu.

Sıra No	Bina Adı	Kat Sayısı	Yükseklik (metre)	Yer	Ülke	Yapım Yılı	Kullanım	Cephe Sistemi	Taşıyıcı Sistem						Çekirdek Şekli	Çekirdek Konumu
									Strüktür Türü	Kolon Malzemesi	Döşeme Malzemesi	Perde Duvar Malzemesi	Temel Sistemi	Temel Kalınlığı (metre)		
1	Turning Torso	57	190	Malmö	İsveç	2005	Lüks konut	Giydirme panel cephe	Betonarme çekirdek ve konsol döşemeler + çelik dış omurga	Çelik Betonarme	Betonarme	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	7	Dairesel	Merkez
2	Trump Internatonal Hotel & Tower	98	423,2	Chicago	A.B.D	2009	Lüks Konut/Otel	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Keson üzeri radye temel	3	Dikdörtgen	Merkez
3	Marina Bay Sands	57	207	Singapur	Singapur	2010	Otel	Giydirme cephe	Perde duvarlı sistem	Çelik Betonarme	Betonarme	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Uzun kenar ortası
4	Burj Khalifa	163	828	Dubai	Birleşik Arap Emirlikleri	2010	Ofis/Lüks konut/ Otel	Giydirme panel cephe	Betonarme payandalı çekirdek ve perde duvarları	Betonarme/ Çelik (150.kat üstü)	Betonarme/ Komp. (150.kat	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	3,7	Altıgen	Merkez
5	Al Hamra Tower	80	413	Kuveyt	Kuveyt	2011	Ofis	Giydirme yarı panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	4	Dikdörtgen	Merkez
6	Kingkey 100	100	441,8	Shenzen	Çin	2011	Otel/Ofis	Giydirme panel cephe	Çekirdek +mega çerçeve	Çelik/Betonarme	Kompozit	Betonarme	Keson üzeri radye temel	6	Dikdörtgen	Merkez
7	Shangai Tower	128	632	Shangai	Çin	2014	Ofis/Otel	Çift kabuklu cephe	Mega kolonlu çerçeve ve çekirdek	Çelik/Betonarme	Betonarme	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
8	Sky City	202	838	Changsha	Çin	2014	Otel/Ofis/Hastane/ Eğitim/Lüks	Giydirme panel cephe	Panel döşeme ve kolonlu sistem	Çelik	Çelik	Çelik	Önüretimli kazık üzeri radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
9	Dream Dubai Marina	101	432	Dubai	Birleşik Arap Emirlikleri	2014	Lüks Konut/Otel	Giydirme cephe	Tübüler sistem	Çelik/Betonarme	Çelik Betonarme	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
10	Ping An Finance Center	115	660	Shenzen	Çin	2016	Ofis	Giydirme panel cephe	Mega kolonlu çerçeve ve çekirdek	Kompozit	Kompozit	Kompozit	Keson üzeri radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
11	Wuhan Greenland Center	125	636	Wuhan	Çin	2017	Ofis/Lüks konut/ Otel	Giydirme panel cephe	Mega çerçeve ve payandalı çekirdek.	Kompozit	Kompozit	Kompozit	Keson üzeri radye temel	Bilgi Edinilemedi	Y planlı	Merkez
12	Kingdom Tower	167	1000	Cidde	Suudi Arabistan	2019	Ofis/Lüks konut/ Otel	Giydirme cephe	Betonarme payandalı çekirdek ve perde duvarları	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	2,5	Üçgen	Merkez
13	İş Bankası Kuleleri	52	172,3	İstanbul	Türkiye	2000	Ofis	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	Bilgi Edinilemedi	Köşeleri pahlı dikdörtgen	Merkez
14	Sapphire Tower	55	261	İstanbul	Türkiye	2010	Lüks Konut ve Alışveriş	Çift kabuklu cephe	Perde duvarlı sistem	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	3,1	Dikdörtgen	Kısa kenar ortası/2 adet
15	Anthill Residence	54	194,5	İstanbul	Türkiye	2010	Otel/Lüks konut	Giydirme cephe (Fiber beton)	Çerçeve ve perde duvarlı	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	2,5	Dikdörtgen	Merkezde birbirine dik/ 2 adet
16	Trump Tower	39	156,3	İstanbul	Türkiye	2011	Ofis/Lüks konut	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	3	Dikdörtgen	Merkez
17	Varyap Meridian A Blok	52	188,4	İstanbul	Türkiye	2012	Lüks konut	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Dökme kazık üzeri radye temel	Bilgi Edinilemedi	V planlı	Merkez
18	Çiftçi Kuleleri	45	180	İstanbul	Türkiye	2014	Lüks konut	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Kompozit	Betonarme	Betonarme	Radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	2 blok bağlantı noktası
19	Spine Tower	46	191	İstanbul	Türkiye	2014	Ofis/Lüks konut	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	3,6	Dairesel	Merkez
20	Folkart	40	200	İzmir	Türkiye	2014	Ofis/Lüks konut	Yarı panel giydirme cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	4	Dikdörtgen	Uzun kenar ortası
21	İstanbloom	46	150	İstanbul	Türkiye	2014	Lüks konut	Çift kabuklu cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
22	Rönesans Tower	40	186	İstanbul	Türkiye	2014	Ofis	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
23	Soyak Plaza	37	168	İstanbul	Türkiye	2014	Ofis	Yarı panel giydirme cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
24	Zorlu Levent Tower	42	170	İstanbul	Türkiye	2014	Ofis	Giydirme panel cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Kompozit	Betonarme	Betonarme	Radye temel	Bilgi Edinilemedi	Dikdörtgen	Merkez
25	Palladium Tower	43	180	İstanbul	Türkiye	2014	Ofis	Yarı panel giydirme cephe	Çerçeve ve perde duvarlı çekirdek	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Radye temel	3	Dikdörtgen	Merkez

5.2. Sonuç ve Öneriler

Tez kapsamında son 13 (2000 yılından itibaren) yılda yapılmakta olan ve dünya çapında tanınarak, literatürde yer etmiş 25 adet yüksek yapı incelenmiş ve bu incelemeden elde edilen bulguların analizi sonucunda yüksek yapıların fonksiyonu, yükseklikleri, taşıyıcı sistemleri, taşıyıcı sistem malzemeleri, temel sistemleri, cephe sistemleri ve kalıp sistemlerine ilişkin zaman içinde yaşanan değişimler konusunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Kentiçi Konumu:

Dünya'daki yüksek yapıların kent içindeki konumları incelendiğinde tarihi dokusu olan kentlerde bu yapıların tarihi alanlardan ayrı bir bölgede planlandığını ve yönetmeliklerin bu sınırlamayı sağlayacak şekilde hazırlandığı görülmektedir. Örneğin Paris'te, yüksek yapıların yapımına tarihi kent dokusunun dışında sonradan oluşturulan La Defense bölgesinde izin verilmiştir. Londra'da ise, yapılacak binaları denetlemek için bir konsey oluşturulmuştur. London City Council isimli bu konsey, Londra'da yapılacak yüksek yapılar için ilkeler koymakta ve bu ilkelere uyulup uyulmadığını denetlemektedir.

Ülkemizde ise özellikle İstanbul'da yapılan yüksek yapılar için herhangi bir düzenleme olmadan ve plansız yapıldıkları için tarihi yarımada ve Boğaziçi bölgelerinin silueti geri dönülemez bir şekilde olumsuz olarak etkilenmiştir. Dahası İstanbul'un topoğrafyası ve alt yapısı dikkate alınmadan yüksek yapılar kentin yüksek noktalarına yapılmışlardır.

İstanbul dünyanın en önemli ve tarihi şehirlerinden biri olması nedeniyle hiç olmazsa bundan sonra imar planlarında yüksek binalar için şehrin dokusuna, siluetine, bitki örtüsüne, iklimine ve altyapısına uygun bölgelerin planlaması yapılmalı ve buna uygun yönetmelikler oluşturulmalı ve denetlenmelidir.

Yüksek yapıların fonksiyonunda zaman içinde gelişen eğilimler:

- 1930 ile 2000 yılları arasında yapılan yüksek yapıların ortalama % 88'i ofis ve kalanı diğer fonksiyonlu olarak yapılmışlardır.

2000 yılından sonra karma kullanımlı yapıların oranı gerek uzun süreli ekonomik kazanımlar gerekse de yapıların gece ve gündüz kullanılmasının yerel yönetimler tarafından teşvik edilmesiyle artmaya başlamıştır. 2012 yılında yapılan yüksek yapılarda karma kullanımlı yapıların oranı %27'ye kadar çıkmıştır.

- Günümüzde yapımı devam eden ve proje aşamasında olan yüksek yapıların büyük çoğunluğu karma kullanımlı olarak planlanmakta ve yapılmaktadır..

- Türkiye'deki ilk karma kullanımlı yüksek yapı Akmerkez binasıdır. 2014 yılında veya sonrasında yapımı tamamlanacak olan yapıların yaklaşık %50'si karma kullanımlı olarak planlanmıştır. Karma kullanımlı yapılar genellikle otel, ofis ve lüks konut fonksiyonlarından oluşmaktadır.

- Türkiye ve dünyada yapılacak olan yüksek yapılarda karma kullanım oranının giderek artacağı düşünülmektedir.

Yüksekliklerdeki değişimler:

- 1960'ta 200 metre üzeri yüksek yapı adedi 1 iken,1972-1974 yılları arasında yılda ortalama 7 adet,1975-1982 yılları arasında yılda ortama 3 adet,1989-1999 yılları arasında yılda ortama 10 adet yapılırken, 2000li yıllardan sonra yüksekliklerde çok hızlı bir artış olmuştur. 2013 yılında 200 metre ve üzeri yüksek yapılarda yapımı tamamlanan ve yapımı devam eden bina sayısı 95 adet olmuştur.

- 1969'da 300 metre üzeri süper yüksek yapı adedi 1, 1997-2006 yılları arasında yılda ortalama 1, 2007-2009 yılları arasında yılda ortama 3 iken, 2010 yılından sonra bu sayı 3 katına çıkarak yıllık ortalama 9 adet olmuştur. 2013 yılında 300 metre ve üzeri yüksek yapılarda yapımı tamamlanan ve yapımı devam eden bina sayısı 20 adet olmuştur.

- 600 metre üzeri yapımı tamamlanan mega yüksek yapı adedi 2010'yılında 1 (Burj Khalifa,828m.) ve 2012 yılında da 1 adettir (Makkah Royal Clock Tower Hotel, 601m.). 2014'te yapımı tamamlanacak olan (Sky City, 838 m.) mega yüksek yapı adedi de 1'dir.

600 metre üzeri yapımına başlanan ve 2014 sonrası yapımı tamamlanacak olan 4 adet yüksek yapı bulunmaktadır (Kingdom Tower, 1.000 m.), (Ping An Finance Center, 660 m.), (Wuhan Greenland Center, 636 m.), (Shangai Tower, 632 m.) . Ayrıca proje aşamasında olan 4 adet mega yüksek yapı projesi bulunmaktadır (Suzhou Zhongnan Center,700 m), (Burj 2020, 660 m), (Signature Tower Jakarta, 638 m), (Lanco Hills Signature Tower, 604 m).

- Türkiye'de 200 metre ve üzeri ilk yapı 2010 yılında tamamlanan Sapphire Tower binasıdır. Türkiye'de yapımına başlanan ve 2014 sonrası tamamlanacak olan 200 metre üzeri 11 adet bina bulunmaktadır. Türkiye'de henüz 300 metre ve üzeri süper yüksek yapı bulunmamaktadır.

- Dünyadaki yüksek yapılar, ilk olarak prestij amacının yanında, büyük şehirlerin merkezi iş ve ticaret bölgelerinde, yapı alanlarının giderek daha yoğun biçimde kullanılması ve buralara olan talebin artması, yapılaşma için gerekli alanların sınırlı olması nedeniyle yapılmıştır. İnşaat yapım teknolojisinin, taşıyıcı sistem malzemelerinin ve mekanik sistemlerinin gelişmesi sonucu yapıların yüksekliği hızla artmıştır. Günümüzde ise özellikle mega yüksek yapılar ihtiyaçlardan daha çok güç ve prestij amacıyla yapılmaktadır.

- Günümüzde yapılan yüksek yapılarda en çok tercih edilen 300 metre üzeri süper yüksek yapılardır.

Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistemlerindeki Eğilimler:

- Dünya'daki yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri incelendiğinde ilk dönemlerde rijit çerçeve ve çapraz/perde duvarlı sistemler ve tübüler sistemin kullanıldığı, inşaat yapım teknolojisinin, taşıyıcı sistem malzemelerinin ve mekanik sistemlerin gelişmesiyle yapıların yüksekliklerinin hızla artması ile beraber günümüzde yatay kafesli mega çerçeveli sistemler ve betonarme çekirdek ve perde duvarlı sistemlerin tercih edildiği görülmektedir.

- Yapı yüksekliği arttıkça (özellikle 600 metre ve üzeri yapılar) rüzgar ve deprem gibi yanal yüklerin taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri daha da artmaktadır. Bu nedenle taşıyıcı sistem çözümünde yapı formu ve aerodinamik tasarım önem kazanmaktadır. Genellikle Y şekilli ve nokta planlı planlar veya dönel cephe formları tercih edilerek özellikle rüzgar yüklerinin getirdiği olumsuz etkileri en aza indirmek amaçlanmaktadır. Özellikle dönel cephe formlarının yanal stabilite açısından yapıya avantaj kazandırdığı, yurt dışında yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda da ispatlanmıştır.

- Türkiye'de yapımı tamamlanan veya yapımı devam eden yüksek yapılarda betonarmenin yaygın olarak kullanılması nedeniyle çerçeve ve çekirdek sistemlerin ve tüplerin tercih edildiği gözlenmektedir.

- Türkiye'deki yüksek yapıların büyük çoğunluğunun dikdörtgen formlu ve merkezi çekirdek planlı olarak yapıldığı gözlenmektedir.

- Ülkemiz gibi deprem bölgelerinde yapılacak yüksek yapılar, düzenli formlu olarak tasarlanmalı, çekirdekler merkezi konumda planlanmalı, yapıda zayıf bölgeler oluşturulmamalıdır (2 kat veya daha yüksek kolonlar, düzensiz boşluklar v.b). Yapıların depreme karşı mukavemetini arttırmak için yapıların dış cephelerinde perde duvar kulanılmalıdır.

- Deprem bölgelerinde yapılacak yüksek yapılarda devrilme tahkikinin mutlaka yaptırılması gerekmektedir.

- Dünyadaki yüksek yapılar daha çok merkezi çekirdekli ve nokta (kare, daire) planlı yapılmaktadır.

Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistem Malzemelerindeki Değişimler;

- 1930 ve 1960 yılları arasında dünyanın en yüksek 100 yapısının taşıyıcı sistemlerine bakıldığında 95 adedinde çelik, 5 adedinde betonarme kullanılırken, 2012'de yapımı tamamlanmış en yüksek 100 yapının 15'inde çelik, 44 'ünde betonarme ve 35'inde kompozit malzeme tercih edilmiştir.

- Dünyada yapımı tamamlanmış taşıyıcı sistem malzemesi betonarme olan en yüksek yapı, 828 metre yüksekliğindeki Burj Khalifa'dır. Ancak yapının üst katlarının çelik yapıldığı ve bu uygulamanın dünyada bu yükseklik dolayları için bir ilk olduğu bilinmektedir.

- Dünyada yapımı 2014'te tamamlanması planlanan ve taşıyıcı sistem malzemesi çelik olan en yüksek yapı, 838 metre yüksekliğindeki Sky City'dir.

- Dünyada yapımı 2015'te tamamlanacak olan ve taşıyıcı sistem malzemesi kompozit olacak en yüksek yapı, 660 metre yüksekliğindeki Ping An Finance Center'dır.

- 600 metre ve üzerindeki yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak tek başına çeliğin yanal yüklere karşı yetersiz kaldığı için kullanılmayacağı ve kompozit sistemlerin tercih edileceği görülmektedir.

- Türkiye'de geçmişten günümüze kadar yapılan yüksek yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak betonarmenin kullanıldığı, çelik endüstrisi ve iş gücünün gelişmemesi nedeniyle betonarmenin taşıyıcı sistem malzemesi olarak tercih edildiği görülmektedir. Betonarmenin ekonomik olması, yüksek mukavemetli beton ve kendiliğinden yerleşen betondaki teknolojik gelişmelerden dolayı tercih edilmektedir.

- Türkiye'de kompozit taşıyıcı sistem malzemesi olarak ilk kez yapımı 2014'te tamamlanacak olan iki projede geliştirilmiştir. Çiftçiler Tower ve Zorlu Levent Ofis projelerinin kolonları çelik ve beton kullanılarak yapılmaktadır.

- Ülkemizde betonarme yerine çelik ve betonarmenin birlikte kullanılması ile yapının taşıyıcı sistem ağırlığının azaltılarak taşıyıcı sistem elemanlarının daha küçük kesitlerde olması ve böylece kullanım alanlarının artması sağlanır. Özellikle kompozit döşemelerin kullanılması ile döşeme kalınlıkları ve kat yükseklikleri azaltılabilir. Çekirdek yapımında betonarme kullanımı yangına ve yanal yüklere dayanımı nedeniyle tercih edilmelidir.

Temel sistemlerindeki eğilimler;

- Dünyada geçmişten günümüze gelişen temel sistemleri ve arazi ıslah teknolojileri ile birlikte betondaki teknolojik gelişmeler sayesinde yüksek yapılar her çeşit zeminde yapılabilmektedir.

- Zemin dayanımı düşük olan bölgelerde kullanılan keson temeller, enjeksiyonlu temeller, yerinde dökülen veya önüretimli kazık sistemleri sayesinde istenen dayanımda temeller yapılabilmektedir.

- Dünyadaki yüksek yapıların çoğunluğunun temel sisteminde, yerinde döküm kazıklar üzerine düz radye başlık sistemi kullanılmaktadır. Radye temel kalınlığı arazinin dayanımına ve yapının yüksekliğine bağlı olarak 2,5 metre ile 7 metre arasında değişmektedir.

- Türkiye'de yapılan yüksek yapılarda zemin dayanımına göre yerinde döküm kazıklar üzerine düz radye temel sistemi kullanılmaktadır. Levent Bölgesinde yapılan yüksek binalarda arazinin kayalık olması nedeniyle 3 metre ile 4 metre arasındaki kalınlıklarda düz radye temel sistemi kullanılmaktadır.

Cephe Sistemlerindeki Eğilimler:

- Dünyada yüksek yapıların cephe sistemleri taşıyıcı sistemlerin gelişmesine paralel bir gelişim göstermiştir. İlk örneklerde taşıyıcı sistemin bir parçası olarak düzenlenen cephe sistemi, daha sonra taşıyıcı sistemi dışarıdan giydiren, bağımsız bir sisteme dönüşmüştür. Ardından tekrar taşıyıcı sistemin bir parçası olduğu görülmektedir. Örneğin. tübüler taşıyıcı sistemle yapılan yapılarda strüktürel cephe sistemleri kullanılmıştır.

- Günümüzde yüksek yapıların cephelerinde giydirme cephe sistemleri kullanılmaktadır. En çok kullanılan giydirme cephe sistemi, önüretimli panel cephe sistemleridir. Yapıların yüksekliği arttıkça iklim şartları ve rüzgarın etkisi de arttığı için yüksek binalar planlama aşamasında rüzgar testleri yapılarak cephe sistemleri oluşturulmakta ve uygulanmaktadır. Bu yoldan önüretim olarak üretilmesi ve testlerden geçmesi nedeniyle sonradan oluşabilecek ve telafisi zor olan deformasyonlar en aza indirilmektedir.

- Panel cephe sistemlerinin montajının hızlı ve hassas yapılabilmesi ve insan işçiliğine dayanan hataları en aza indirebilmek için bilgisayar kontrollü ve robotik montaj yöntemleri geliştirilmektedir.

- Türkiye'de yapımı devam eden yüksek yapıların çoğunluğunda panel cephe sistemi kullanılmaya başlanmıştır.

- Ülkemizde yapılan yüksek yapıların bazılarının cephesinde tuğla kullanıldığı görülmektedir. Yüksek binalarda tuğla v.b benzeri malzeme kullanımı gerek cephe bakımında getireceği zorluklar ve maliyetler gerekse yapı ağırlığını arttırması nedeni ile tercih edilmemelidir.

- Giydirme cephe sistemlerinde, genelde enerji etkin camlar kullanılmaktadır. Türkiye'de Sapphire Tower Projesinde ilk kez çift kabuklu cephe sistemi kullanılmıştır. Yapımı 2014 te tamamlanacak olan İstanbloom Projesinde çift kabuklu cephe sistemi tercih edilmiştir.

Kalıp Sistemlerindeki Değişimler:

- Yüksek yapıların tarihsel gelişiminde kalıp sistemlerinin gelişimi önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde yapılan yüksek yapılarda tırmanır kalıp sistemleri, masa kalıp ve vinçle kaldırılan önüretimli döşeme ve kolon kalıp sistemleri kullanılmaktadır.

- Yüksek yapının taşıyıcı sistemi ve şekline göre projeye özel kalıp sistemleri üretilebilmektedir. Kalıp sistemlerindeki teknolojik gelişmeler, pompalanabilir beton teknolojisindeki gelişmeler sonucu yüksek katlara beton dayanımında kayıp olmadan 4-7 gün arasında kat betonları dökülebilmekte ve bu sayede yapım hızı arttırılarak yapım maliyetine büyük katkı sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Ali, M. M and Armstrong P. J., 1995. Architecture of Tall Buildings, Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee 30, McGraw-Hill, Inc., New York.

Alkaya, D., Çobanoğlu, İ., 2013. Derin Kazılar ve Destekleme Yapıları, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli.

Altan, M., 1992. Betonarme elemanlarda kalıp (1. baskı).İstanbul, İT.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Altun S., 2010**.** Zemin İyileştirme Yöntemleri, Derin Temeller ve Uygulama Örnekleri, Ege Üniversitesi, Geoteknik Ana Bilim Dalı, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir.

Angel A., 1987. Mimarlar Odası Dergisi, Sayı,222.

Ardıç, H., 1993. Betonarme Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistemlerinin İncelenmesi ve Tüp Taşıyıcı Sistemli Yüksek Yapıların Dinamik Hesabı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Arslan, M., 2008. Yapı Teknolojileri 1, Kazılar ve Dayanma Yapıları, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Arthur P., vd., 2009. Trump International Hotel & Tower, Structure Magazin, www.structuremag.com.

Aytıs S., 1996. Yüksek Binaların Yapım Kriterleri ve Bu Kriterlerin İstanbul'dan Dört Örnek Üzerinde Analizi, *Doktora Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ata, M., 2013. İş Makinaları Mühendisleri Birliği Dergisi, Mayıs 2013, s.42,say. 55.

Atalay, B., 2006. Alüminyum Giydirme Cephe Sistem Seçiminde Uygulama Öncesi Süreç Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Beedle, L. S., 1984. The Role of Tall Buildings, *Proceedings of Tall Buildings in Urban Context,* College of Environmental Design University of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia, (Ed) Ackerknect, D. and Asaf, S., November 24-28, pp. 45-56.

Beedle, L.S. Rice, D.B., 1995. Structural Systems for Tall Buildings, Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee 3, NY:McGraw-Hill, Inc., New York.

Benli, N., 2005. Çok Katlı Yüksek Yapılarda Kullanılan Kalıp Sistemlerinin İrdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Beyazoglu,T., 1997. Türkiye'deki Bazı yüksek Yapı Örnekleri, MSÜ, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Programı, Araştırma Ödevi, 1997.

Canbek, F., 1996. Tünel Kalıp Teknolojilerinde Tasarım Kısıtları, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Chew Yet Lin, M., 2012. Construction Technology for Tall Buildings, 4.th Edition, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.

Dalgıç S vd.,2009. İstanbul'un Avrupa Yakasındaki Zemin ve Kaya Koşullarının Bina Temellerine Etkisi, Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:2, Sayfa: 64

Dizayn Konstrüksiyon Dergisi., 2006. Burj Dubai, "Dubai Kulesi", 2006 Ekim, Sayı: 250, Sayfa: 86-89.

Elbeltagi, E. and Hegazy, T., 2001, A Hybrid AI-Based System for Site Layout Planning in Construction, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering.

Friblick, F., Tommelein, I.D., Mueller, E., Falk, J.H., 2012. Development of An Integrated Facade System to İmprove The Hıgh-Rıse Buıldıng Process, Brunkeberg IGLC Development of an Integrated Facade System.

Gensler, 2010. Shangai Tower, Gensler Design Update, URL: http://www.gensler.com /uploads/documents/Shanghai_Tower_12_22_2010.pdf

Goldberger, P., 1988. Architecture and Society, *Second Century of The Skyscrapers,* Proceedings of the Third International Conference in Chicago, (Ed) Beedle, L. S., Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp. 101-115.

Gürer. C., 2007. Yapı teknolojileri-1 Dersi, Konu-2, Temel Zeminleri, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitim Bölümü, Afyonkarahisar.

He, K.Y, Wu I.C., 2012. Dynamic Simulation and Visualization for Site Layout Planning, Department of Civil Engineering, National Kaohsiung University of Applied Sciences, Kaohsiung, Taiwan

Ilgın, Günel.,2008. Ege Mimarlık dergisi Ekim, 2008 Ne Zamana Kadar En Yüksek?

Irizarry, J., Karan, E., 2012. Optimizing Location of Tower Cranes on Construction Sites Through Gis and Bim Integration, *Journal of Information Technology in Construction*, School of Building Construction, Institute of Technology, Georgia**.**

Iyengar, H., 1972. Preliminary Design and Optimization of Steel Building Systems, *State of Art Report No. 3,* Technical Committee No. 14: Elastic Design, ASCE-International Association for Bridge and Structural Engineering Committee on Tall Buildings, New York

Iyengar, H., 1973.Structural Systems for Two Ultra High-Rise Structures, *Australian and New Zeland Conference on Planning and Design of Tall Buildings,* Sydney, August.

Iyengar, R., 1986. Structural and Steel Systems, *Techniques and Aesthetics in the Design of Tall Buildings,* Fazlur Khan Memorial Session, Institute for the Study of High-Rise Habitat, New York.

Keldi H.İ., 2005. Yüksek Yapıların Alternatif Sistemlerle Oluşturulması ve Maliyet Bakımından Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kepenek, Ö., 2013. İş Makinaları Mühendisleri Birliği Dergisi, Mayıs 2013, Sayı: 42, Sayfa: 17.

Khan, F.R., 1973. Newer Structural Systems and Their Effect on the Changing Scale of Cities, *Proceedings of the Conference on Tall Buildings*, Zurich, Switzerland, October; SIA-Fachgruppen für Brückenbau und Hochbau (FBH) und für Architektur (FGA). Zurich, Switzerland.

Kırkan, H.S., 2005. Çok Katlı Yüksek Yapıların Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İrdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Kumcu, E. M., 1997. Tünel Kalıp Kullanımının Bina Yüksekliği Üzerindeki Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi,* Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kürklü, G., Akbulut, H., 2004. Tüm yönleriyle beton ve betonarme kalıpları, 1. Baskı, Teknik Yayınevi, Ankara.

Levitt, R.E, Samelson, N.M., 1993. Construction Safety Management, 2nd Edition, John Wiley and Sons.

Megep., 2006. Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, İnşaat Teknolojisi Kalıp Öncesi Hazırlık.

Mucur, A., 1994. İstanbul'daki Yüksek Yapıların Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Özden, K., Kumbasar, N., ve Sarıakçalı, S., 1988. Betonarme Yüksek Yapılar, İTÜ İnşaat Fakültesi Yayını, İstanbul.

Özdemir İ., 2003. Yapı İşletmesi Ders Notları, Eskişehir.

Özdeş, G., 1992, Siluet ve Şehir İmajı Açısından Yüksek Binalar, Yüksek Binalar 2. Ulusal Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 4-6 Kasım, s. 2-8.

Özgen, A., 1989. Çok Katlı Yüksek Yapıların Tarihsel Gelişimi ve Son Aşama Tübüler Sistemler, Yapı Dergisi,Nisan.

Özgen, A. ve Sev, A., 1999. Depreme Dayanıklı Yüksek Yapılarda Cephe Sistemleri Tasarımı, *Cephe Sistemleri ve Cephe Kaplamaları Sempozyumu*, Yapı Endüstri Merkezi, İTO Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 11 Kasım, s. 11-25.

Özgen, A., Sev, A., 2000. Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Birsen Yayınevi.

Öztekin, E., Keklik, O., 2005. Yüksek Yapı İnşaatında Yüksek Kıvamlı, Yüksek Kıvam Korumalı, C 45 Sınıfı Beton Kullanımı, 6. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, 385 – 392 sayfa, İstanbul, 2005.

Öztürk, N., 1988. Hazır beton Teknolojisi ve Uygulamalarının İrdelenmesi, Mimar Sinan Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Rutes, W.A, Penner, R.H., 1985. *Hotel Planning and Design*, A Guide for Architects, İnterior Designers, and Hotel Executives. New York: Whitney Library of Design,

Samsunlu A., 1993. TMMOB, Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği, Aylık Teknik Süreli Yayın, Ağustos, 1993.

Sev, A., 2001. Türkiye ve Dünyadaki Yüksek Binaların Mimari Tasarım ve Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi, *Doktora Tezi*, MSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şahin, B., 1997. Tünel Kalıplı Teknolojilerin Getirdiği Olanak ve Kısıtlamaların Ataşehir Örneği Üzerinde İrdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Structuremag, 2009. 'http://www.structuremag.org/article.aspx?articleID=935'

Tabanlıoğlu, M., 2013. Tabanlıoğlu Mimarlık, Mimar Hacer Akgün Marino ile 05.12.2013 Tarihli Söyleşi, İstanbul.

Taranath, B.S., 1997. *Steel Concrete and Composite Design of Tall Buildings,* McGraw-Hill, Inc., New York.

Taşdemir, M.A., Elmaskaya, A., 2013. Palladium Tower Projesinin Derin Temel Betonunun Sıcaklık Kontrollü Dökümü ve Dayanım Gelişimi, www.thbb.org. *Makale,*

Tekeli, D., 1999. İş Bankası Kuleleri, *Arredemanto Mimarlık,* Sayı 5, Boyut Yayıncılık ve Tic. A.Ş, İstanbul, s. 62-67.

Tekin, Ç.Ç., 2006. Giydirme Cephe Sistemlerinde Test Metotları, İTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkışla, *4. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu,* İstanbul.

Thompson, S., (2002), *Mixed-use Buildings Revive Best Practices Of The Past*, Puget Sound Business Journal Commercial Real Estate Quarterly Publishing.

Tommelein, I.D. and Beeche, G., (2001). "De-coupling Exterior Cladding Installation from Interior Trades: A Case Study." *Proc. 9th Ann. Conf. of the International Group for Lean Construction (IGLC-9)*, 6-8 August, Singapore.

Tunç, G., Yurtsever, M., Özuygur, A., Tanfener, A., 2009. AntHill Bomonti Rezidans ve Çarşı / Sosyal Tesis Projesi, Türkiye Mühendislik Haberleri 453, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.

Wang, M. L., 1991. *Cladding,* Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee 12 A, McGraw-Hill, Inc., New York.

Yılmaz, F., 1998.Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Etkinliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zhang, P., Harris, F., Olomolaiye, P., Holt, G., 1999. Location optimization for a group of tower cranes, *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(2), 115-122.

URL-1 http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/TallestBuildingLists/

URL-2 https://www.ctbuh.org/Publications/Journal/InNumbers/TBINTowers/tabid/ 3340 /language/en-US/Default.aspx

URL-3 http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/HeightCalculator/

URL-4 http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/Criteria/

URL-5 http://www.ctbuh.org/Publications/Journal/InNumbers/

URL-6 http://ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=YRdgUNWFUk8%3d&tabid= 486 &language =en-US/

URL-7 http://ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=yWSAX64za3g%3d&tabid=486& language =en-US/

URL-8 http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=Fdx2awLbk%2fg%3d& tabid=4415& language=en-GB/

URL-9 http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/TallestBuildingLists/ tabid/1336/ language/en-US/Default.aspx s.51,54

URL-10 http://skylinearchitecture.wordpress.com/2013/03/26/sears-tower-the-tallest-building -in-western-hemisphere/

URL-11 http://nextbigfuture.com/2012/06/tallest-building-in-world-sky-city-to.html

URL-12 http://www4.kke.co.jp/stde/en/consulting/highrise_bldg.html

URL-13 http://academic.csuohio.edu/duffy_s/CVE_601_Struct_1.pdf

URL-14 http://www.skyscrapercenter.com/shanghai/shanghai-tower/

URL-15 http://toolbiru.web.fc2.com/topic/top-11.05.01.html

URL-16 http://www.zemarsondaj.com/fore-kazik-nasil-yapilir.html

URL-17 http://www.zetas.com.tr/index.php?dil=TR&id=120000

URL-18 http://www.zetas.com.tr/index.php?dil=TR&id=310000

URL-19 http://www.zetas.com.tr/index.php?dil=TR&id=340000

URL-20 http://www.zetas.com.tr/index.php?dil=TR&id=320000

URL-21 http://www.zetas.com.tr/index.php?dil=TR&id=350000

URL-22 http://www.brunkeberg.com/Documents/Brunkeberg%20IGLC%20 Development % 20of%20an%20Integrated%20Facade%20System.pdf s.

URL-23 http://www.brunkeberg.com/system.html

URL-24 http://personal.cityu.edu.hk/~bswmwong/pp/highrise.pdf

URL-25 http://www.manitowoccranes.com/en/cranes/potain/top-slewing/mct

URL-26 http://www.itcon.org/data/works/att/2012_23.content.06091.pdf

URL-27 http://www.teknovinc.com/detay/kule_vincler.html

URL-28 http://www.peri.com.tr/company/kalite_sistemi.cfm

URL-29 http://samsun.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d27ff412e5edabd_ek.pdf?tipi =2&turu = X&sube=23

URL-30 http://www.peri.com.tr/products.cfm/fuseaction/anwendungen/subaction/ anwendung/ id/2.cfm

URL-31 http://www.peri.com.tr/products.cfm/fuseaction/anwendungen/subaction/ anwendung/id/4.cfm

URL-32 http://www.peri.com.tr/products.cfm/fuseaction/anwendungen/subaction/ anwendung/id/6.cfm

URL-33 http://www.peri.com.tr/products.cfm/fuseaction/anwendungen/subaction /anwendung /id/5.cfm

URL-34 http://www.oyakbeton.com.tr/tr/urunler/hazir-beton

URL-35 http://www.vegvesen.no/_attachment/185984/binary/362130?fast_ title= Santiago+ Calatrava+outstanding+bridges+and+special+structures.pdf s.136-138

URL-36 http://www.peri.com/en/projects/projects/skyscrapers-towers/turning_ torso.cfm

URL-37 http://skyscrapercenter.com/chicago/trump-international-hotel-%26-tower/ 203/

URL-38 http://faculty.arch.tamu.edu/anichols/index_files/courses/arch631/case/ 2010/ trump towechicago.pdf

URL-39 http://skyscrapercenter.com/singapore/marina-bay-sands-hotel-1/

URL-40 http://www.arup.com/~/media/Files/PDF/Publications/Periodicals/Arup_ Journal_1_ 2012.ashx

URL-41 http://hexitecture.wordpress.com/#jp-carousel-997

URL-42 http://cesnitsblog.wordpress.com/2012/08/02/constructing-burj-khalifa/

URL-43 http://www.sefindia.org/?q=system/files/BURJ+KHALIFA-World's+Tallest+ Building. pdf

URL-44 http://forum.donanimhaber.com/m_65539935/tm.htm

URL-45 http://www.doka.com/web/references/index.en.php#513

URL-46 http://skyscrapercenter.com/kuwait-city/al-hamra-tower/208/

URL-47 http://ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=yWSAX64za3g%3d&tabid=486 &langua ge=en-US/

URL-48 http://faculty.arch.tamu.edu/anichols/index_files/courses/arch631/case/ 2012/Al HamraTower.pdf

URL-49 http://www.peri.com/en/projects/projects/skyscrapers-towers/al_hamra_tower.cfm

URL-50 http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=35I5xo9aHX0%3D&tabid =2921 &language=en-US

URL-51 http://ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=LtZIS2Me4xs%3d&tabid=112&l anguage =en-GB/s.160,161

URL-52http://nextbigfuture.com/2012/11/skycity-factory-mass-produced-skyscraper. html

URL-53 http://www.youtube.com/watch?v=3fx5AVyHuds

URL-54 http://www.udmz.ru/ishop/2/401

URL-55 http://www.doka.com/web/references/index.en.php?refid=505s.168

URL-56 http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=517647&page=194

URL-57 http://www.ctbuh.org_LinkClick.aspx_fileticket=FQrTKjF2gXo=&tabid= 112&lang ua ge=en-GB_

URL-58 http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=UssAbhLOXPQ%3D&tabi d =3963 &language=en-US

URL-59 http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=NVdsnaItwvY%3d&tabid =112& language=en-GB/

URL-60 http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=Fdx2awLbk%2fg%3d&tab id =4415 &language=en-GB/

URL-61 http://www.anthillresidence.com/tr/daire-planlari.html

URL-62 http://www.insaatdunyasi.com.tr/arsiv/yazi/trump-towers-ayrycalykly-rezidans - konseptis.195

URL-63 http://v2.arkiv.com.tr/p10898-trump-towers.html s.196-199

URL-64 http://www.intekkalip.com.tr/uygulamalar.aspx?name=varyap#/0/pages

URL-65http://www.sapagroup.com/tk/sapa-building-system-tr/referanslar/konut/varyap-meridian/

URL-66 http://www.insaatdergisi.com/insaat-c80sinifiyuksekdayanimlibeton turkiye8217 deilkkezspinetower8217dakullaniliyor-haberayrinti-25541-insaat malzemeleri.html

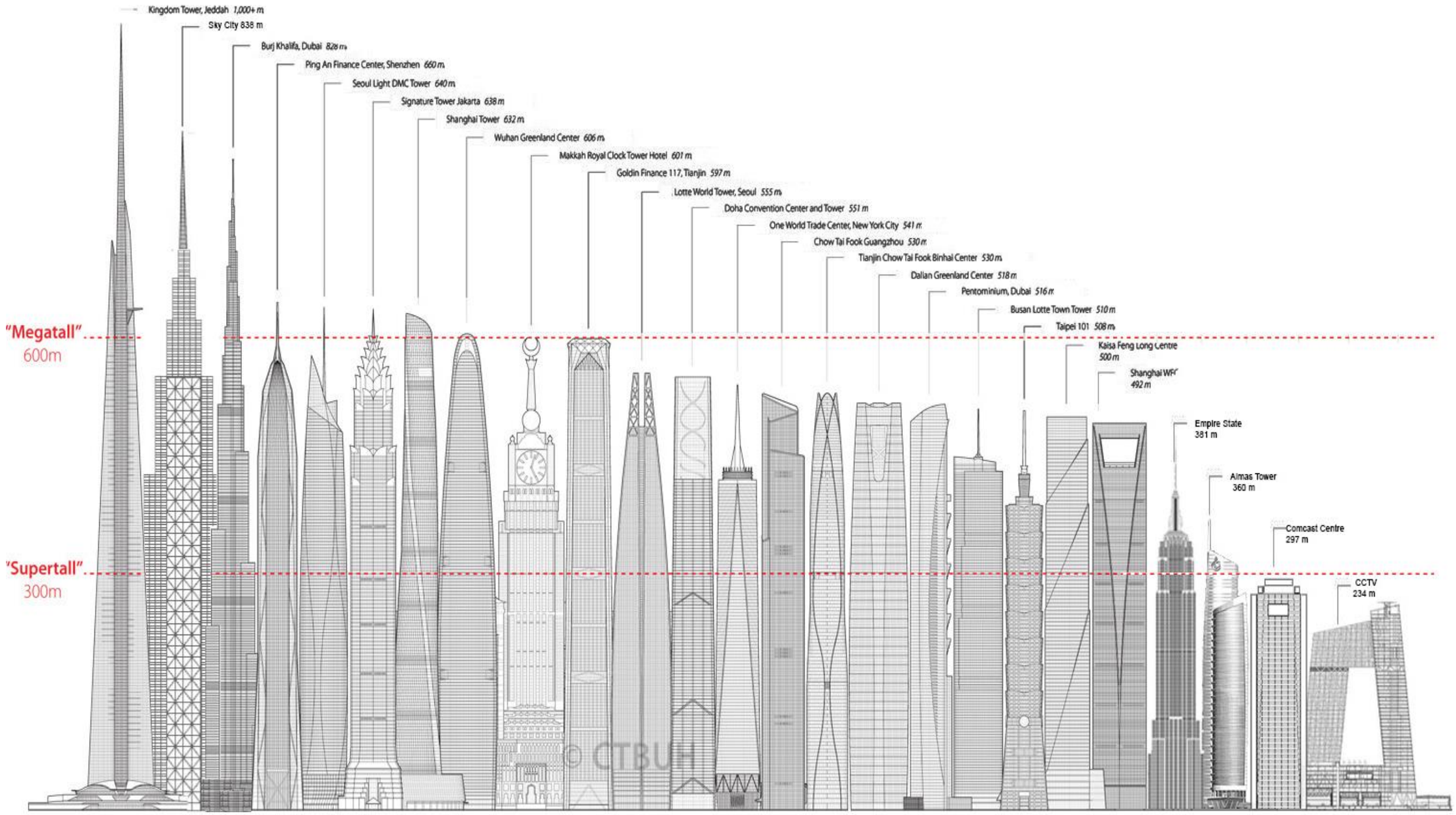
URL-67 http://www.aksoyaluminyum.com.tr/urunler/9/panel-cephe.aspx

URL-68 http://www.somainsaat.com/doc/soma_insaat_sunum.pdf

URL-69 http://www.facades.com.tr/renaissance-tower

EKLER

Ek 1. Kat sayılarına göre yüksek yapıların sınıflandırılması CTBUH.



Ek2: CTBUH'a göre tamamlanmış mimari tepe noktası yüksekliğine göre ilk 6yüksek yapı listesi.

No	Bina Resmi	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Adedi	Bitiş Tarihi	Malzeme	Fonksiyon
1		First Bank Tower	Toronto (CA)	298	72	1975	Çelik	Ofis
2		One Island East	Hong Kong (CN)	298	68	2008	Beton	Ofis
3		Eureka Tower	Melbourne (AU)	297	91	2006	Beton	Lüks konut
4		Comcast Center	Philadelphia (US)	297	57	2008	Kompozit	Ofis
5		Land-mark Tower	Yokohama (JP)	296	73	1993	Çelik	Otel/Ofis
6		Emirates Crown	Dubai (AE)	296	63	2008	Beton	Lüks konut

Ek 3: CTBUH'a göre tamamlanmış mimari tepe noktası yüksekliğine göre ilk 6 süper yüksek yapı listesi

No	Bina Resmi	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Adedi	Bitiş Tarihi	Malzeme	Fonksiyon
1		Taipei 101	Taipei (TW)	508	101	2004	Kompozit	Ofis
2		Shanghai World Financial Center	Shanghai (CN)	492	101	2008	Kompozit	Otel/Ofis
3		Inter-national Commerce Centre	Hong Kong (CN)	484	108	2010	Kompozit	Otel/Ofis
4		Petronas Tower	Kuala Lumpur (MY)	452	88	1988	Kompozit	Ofis
5		Zifeng Tower	Nanjing (CN)	450	66	2010	Kompozit	Ofis
6		Williss Tower	Chicago (US)	442	108	1974	Çelik	Otel/Ofis

Ek 4: CTBUH'a göre tamamlanmış veya devam eden mimari tepe noktası yüksekliğine göre mega yüksek yapı listesi.

No	Bina Resmi	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Adedi	Bitiş Tarihi	Malzeme	Fonksiyon
1		Kingdom Tower	Cidde (SA)	1000 **	167	2019	Beton	Lüks konut / Otel / Ofis
2		Sky City	Changsha (CN)	838	202	2014	Çelik	Otel / Lüks konut / Eğitim / Hastahane / Ofis
3		Burj Khalifa	Dubai (AE)	828	163	2010	Beton Çelik	Lüks konut / Otel / Ofis
4		Ping An Finance Center	Shenzhen (CN)	660	115	2016	Kompozit	Ofis
5		Wuhan Greenland Center	Wuhan (CN)	636	125	2017	Kompozit	Otel / Lüks konut / Ofis
6		Shanghai Tower	Shanghai (CN)	632	128	2014	Kompozit	Otel / Ofis

Ek 5: CTBUH'a göre dünyada yapımı tamamlanmış ilk 100 yüksek yapı.

Sıra No	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Sayısı	Bitiş Tarihi	Malzeme	Kullanım
1	Burj Khalifa	Dubai (AE)	828	163	2010	Çelik /	Otel / Lüks Konut / Ofis
2	Makkah Royal Clock Tower	Mecca (SA)	601	120	2012	Çelik /	Çok Amaçlı / Otel / Diğer
3	Taipei 101	Taipei (TW)	508	101	2004	Kompozit	Ofis
4	Shanghai World Financial	Shanghai (CN)	492	101	2008	Kompozit	Ofis / Otel
5	International Commerce	Hong Kong (CN)	484	108	2010	Kompozit	Ofis / Otel
6	Petronas Tower 2	Kuala Lumpur (MY)	452	88	1998	Kompozit	Ofis
7	Petronas Tower 1	Kuala Lumpur (MY)	452	88	1998	Kompozit	Ofis
8	Zifeng Tower	Nanjing (CN)	450	66	2010	Kompozit	Ofis / Otel
9	Willis Tower	Chicago (US)	442	108	1974	Çelik	Ofis
10	KK100	Shenzhen (CN)	442	100	2011	Kompozit	Ofis / Otel
11	Guangzhou International	Guangzhou (CN)	439	103	2010	Kompozit	Ofis / Otel
12	Trump International Hotel	Chicago (US)	423	98	2009	Betonarme	Otel / Lüks Konut
13	Jin Mao Tower	Shanghai (CN)	421	88	1999	Kompozit	Ofis / Otel
14	Princess Tower	Dubai (AE)	413	101	2012	Çelik /	Lüks Konut
15	Al Hamra Tower	Kuwait City (KW)	413	80	2011	Betonarme	Ofis
16	Two International Finance	Hong Kong (CN)	412	88	2003	Kompozit	Ofis
17	23 Marina	Dubai (AE)	393	90	2012	Betonarme	Lüks Konut
18	CITIC Plaza	Guangzhou (CN)	390	80	1996	Betonarme	Ofis
19	Shun Hing Square	Shenzhen (CN)	384	69	1996	Kompozit	Ofis
20	Empire State Building	New York City (US)	381	102	1931	Çelik	Ofis
21	Elite Residence	Dubai (AE)	380	87	2012	Betonarme	Lüks Konut
22	Central Plaza	Hong Kong (CN)	374	78	1992	Betonarme	Ofis
23	Bank of China Tower	Hong Kong (CN)	367	72	1990	Kompozit	Ofis
24	Bank of America Tower	New York City (US)	366	55	2009	Kompozit	Ofis
25	Almas Tower	Dubai (AE)	360	68	2008	Betonarme	Ofis
26	The Pinnacle	Guangzhou (CN)	360	60	2012	Betonarme	Ofis
27	JW Marriott Marquis Hotel	Dubai (AE)	355	82	2012	Betonarme	Otel
28	JW Marriott Marquis Hotel	Dubai (AE)	355	82	2013	Betonarme	Otel
29	Emirates Tower One	Dubai (AE)	355	54	2000	Kompozit	Ofis
30	Tuntex Sky Tower	Kaohsiung (TW)	348	85	1997	Kompozit	Ofis / Otel
31	Aon Center	Chicago (US)	346	83	1973	Çelik	Ofis
32	The Center	Hong Kong (CN)	346	73	1998	Çelik	Ofis
33	John Hancock Center	Chicago (US)	344	100	1969	Çelik	Ofis / Lüks Konut
34	Tianjin World Financial	Tianjin (CN)	337	75	2011	Kompozit	Ofis
35	The Torch	Dubai (AE)	337	79	2011	Betonarme	Lüks Konut
36	Keangnam Hanoi Landmark	Hanoi (VN)	336	72	2012	Betonarme	Ofis / Lüks Konut / Otel
37	Shimao International Plaza	Shanghai (CN)	333	60	2006	Betonarme	Ofis / Otel
38	Rose Rayhaan by Rotana	Dubai (AE)	333	71	2007	Kompozit	Otel
39	Modern Media Center	Changzhou (CN)	332	57	2013	Kompozit	Ofis
40	Minsheng Bank Building	Wuhan (CN)	331	68	2008	Çelik	Ofis
41	China World Tower	Beijing (CN)	330	74	2010	Kompozit	Ofis / Otel
42	Longxi International Hotel	Jiangyin (CN)	328	72	2011	Kompozit	Otel / Lüks Konut
43	Al Yaqoub Tower	Dubai (AE)	328	69	2013	Betonarme	Otel / Lüks Konut
44	The Index	Dubai (AE)	326	80	2010	Betonarme	Ofis / Lüks Konut
45	The Landmark	Abu Dhabi (AE)	324	72	2013	Betonarme	Ofis / Lüks Konut
46	Deji Plaza	Nanjing (CN)	324	62	2013	Kompozit	Ofis / Otel
47	Q1 Tower	Gold Coast (AU)	323	78	2005	Betonarme	Lüks Konut
48	Wenzhou Trade Center	Wenzhou (CN)	322	68	2011	Betonarme	Ofis / Otel
49	Burj Al Arab	Dubai (AE)	321	56	1999	Kompozit	Otel
50	Nina Tower	Hong Kong (CN)	320	80	2006	Betonarme	Ofis / Otel

Sıra No	Bina Adı	Şehir	Yükseklik (m)	Kat Sayısı	Bitiş Tarihi	Malzeme	Kullanım
50	Nina Tower	Hong Kong (CN)	320	80	2006	Betonarme	Ofis / Otel
51	Chrysler Building	New York City (US)	319	77	1930	Çelik	Ofis
52	New York Times Tower	New York City (US)	319	52	2007	Çelik	Ofis
53	HHHR Tower	Dubai (AE)	318	72	2010	Betonarme	Lüks Konut
54	Bank of America Plaza	Atlanta (US)	317	55	1993	Kompozit	Ofis
55	U.S. Bank Tower	Los Angeles (US)	310	73	1990	Çelik	Ofis
56	Ocean Heights	Dubai (AE)	310	83	2010	Betonarme	Lüks Konut
57	Menara Telekom	Kuala Lumpur (MY)	310	55	2001	Betonarme	Ofis
58	Pearl River Tower	Guangzhou (CN)	309	71	2012	Kompozit	Ofis
59	Emirates Tower Two	Dubai (AE)	309	56	2000	Betonarme	Otel
60	Cayan Tower	Dubai (AE)	307	73	2013	Betonarme	Lüks Konut
61	Franklin Center - North	Chicago (US)	307	60	1989	Kompozit	Ofis
62	The Shard	London (GB)	306	73	2013	Kompozit	Ofis / Otel / Lüks Konut
63	JPMorgan Chase Tower	Houston (US)	305	75	1982	Kompozit	Ofis
64	Etihad Towers T2	Abu Dhabi (AE)	305	80	2011	Betonarme	Lüks Konut
65	Northeast Asia Trade	Incheon (KR)	305	68	2011	Kompozit	Ofis / Otel / Lüks Konut
66	Baiyoke Tower II	Bangkok (TH)	304	85	1997	Betonarme	Otel
67	Two Prudential Plaza	Chicago (US)	303	64	1990	Betonarme	Ofis
68	Leatop Plaza	Guangzhou (CN)	303	64	2012	Kompozit	Ofis
69	Wells Fargo Plaza	Houston (US)	302	71	1983	Çelik	Ofis
70	Kingdom Centre	Riyadh (SA)	302	41	2002	Çelik /	Ofis / Otel / Lüks Konut
71	The Address	Dubai (AE)	302	63	2008	Betonarme	Otel / Lüks Konut
72	Capital City Moscow	Moscow (RU)	302	76	2010	Betonarme	Lüks Konut
73	Doosan Haeundae We've	Busan (KR)	300	80	2011	Betonarme	Lüks Konut
74	Arraya Tower	Kuwait City (KW)	300	60	2009	Betonarme	Ofis
75	Aspire Tower	Doha (QA)	300	36	2007	Kompozit	Ofis / Otel
76	First Bank Tower	Toronto (CA)	298	72	1975	Çelik	Ofis
77	One Island East	Hong Kong (CN)	298	68	2008	Betonarme	Ofis
78	Eureka Tower	Melbourne (AU)	297	91	2006	Betonarme	Lüks Konut
79	Comcast Center	Philadelphia (US)	297	57	2008	Kompozit	Ofis
80	Landmark Tower	Yokohama (JP)	296	73	1993	Çelik	Ofis / Otel
81	Emirates Crown	Dubai (AE)	296	63	2008	Betonarme	Lüks Konut
82	Khalid Al Attar Tower 2	Dubai (AE)	294	66	2011	Betonarme	Otel
83	311 South Wacker Drive	Chicago (US)	293	65	1990	Betonarme	Ofis
84	Sky Tower	Abu Dhabi (AE)	292	74	2010	Betonarme	Ofis / Lüks Konut
85	Haeundae I Park Marina	Busan (KR)	292	72	2011	Kompozit	Lüks Konut
86	SEG Plaza	Shenzhen (CN)	292	71	2000	Betonarme	Ofis / Otel
87	70 Pine Street	New York City (US)	290	67	1932	Çelik	Ofis
88	Key Tower	Cleveland (US)	289	57	1991	Kompozit	Ofis
89	Shaoxing Shimao Crown	Shaoxing (CN)	288	60	2012	Kompozit	Ofis / Otel
90	Plaza 66	Shanghai (CN)	288	66	2001	Betonarme	Ofis
91	One Liberty Place	Philadelphia (US)	288	61	1987	Çelik	Ofis
92	Yingli International Finance	Chongqing (CN)	288	58	2012	Betonarme	Ofis
93	Millennium Tower	Dubai (AE)	285	59	2006	Betonarme	Lüks Konut
94	Sulafa Tower	Dubai (AE)	285	75	2010	Betonarme	Lüks Konut
95	Tomorrow Square	Shanghai (CN)	285	60	2003	Kompozit	Ofis / Otel / Lüks Konut
96	Columbia Center	Seattle (US)	284	76	1984	Kompozit	Ofis
97	Trump Ocean Club	Panama City (PA)	284	70	2011	Betonarme	Otel / Lüks Konut
98	Three International Finance	Seoul (KR)	284	55	2012	Kompozit	Ofis
99	Chongqing World Trade	Chongqing (CN)	283	60	2005	Betonarme	Ofis
100	Cheung Kong Centre	Hong Kong (CN)	283	63	1999	Çelik	Ofis

Ek 6: CTBUH'a göre Türkiye'de yapımı tamamlanmış veya devam eden ilk 100 yüksek yapı

Sıra no	İsim	Şehir	Yükseklik (m)	Kat sayısı	Bitiş yılı	Malzeme	Kullanım
1	ATO Binası	Ankara	270	70	2016	Beton	Ofis
2	Diamond of Istanbul[6]	İstanbul	270	53	2015	Kompozit	Lüks konut/Ofis
3	Sapphire of Istanbul	İstanbul	261	55	2010	Beton	Lüks Konut/ Alışveriş
4	Sapphire Ankara	Ankara	260	60	2016	Beton	Lüks konut
5	Varyap Meridian Grand Tower 1	İstanbul	244	61	2011	Beton	Lüks konut
6	Mistral Tower Bayraklı 1	İzmir	220	45	2014	Beton	Lüks konut
7	Sinpaş The First	Ankara	201	49	2015	Beton	Lüks konut
8	Mistral Tower Bayraklı 2	İzmir	200	40	2014	Beton	Lüks konut/Ofis
9	Folkart Bayraklı Kulesi 1	İzmir	200	40	2014	Beton	Lüks konut/Ofis
10	Folkart Bayraklı Kulesi 2	İzmir	200	40	2014	Beton	Lüks konut/Ofis
11	Anthill Residence 1	İstanbul	195	54	2010	Beton	Lüks konut
12	Anthill Residence 2	İstanbul	195	54	2010	Beton	Lüks konut
13	Türk Telekom Tower	Ankara	192	33	2014	Beton	Ofis
14	Spine Tower	İstanbul	191	46	2014	Beton	Lüks konut/Ofis
15	Varyap Meridian Grand Tower A	İstanbul	188	52	2012	Beton	Lüks konut
16	Rönesans Tower	İstanbul	186	40	2014	Beton	Ofis
17	Ege Parle Bayraklı	İzmir	181	46	2015	Beton	Lüks konut
18	My Towerland	İstanbul	181	52	2013	Beton	Lüks konut
19	Varyap Meridian Grand Tower C	İstanbul	180	45	2012	Beton	Lüks konut
20	Çiftçi Kuleleri	İstanbul	180	45	2014	Kompozit	Lüks konut
21	Palladium Tower	İstanbul	180	43	2014	Beton	Ofis
22	IFC Bomonty Hotel	İstanbul	179	48	2013	Beton	Otel
23	Leopardus [Sarphan Finans Park]	İstanbul	178	48	2014	Beton	Karma
24	Mertim	Mersin	177	52	1987	Beton	Karma
25	Ak-Asya Shopping Center and Tower	İstanbul	173	40	2013	Beton	Karma
26	İş Kuleleri	İstanbul	172	52	2000	Beton	Ofis
27	Point Bornova AVM & Rezidans	İzmir	170	46	2015	Beton	Lüks konut
28	Zorlu Levent Tower	İstanbul	170	42	2014	Kompozit	Ofis
29	Şişli Plaza	İstanbul	170	46	2007	Beton	Lüks konut
30	Özdilek Plaza 1	İstanbul	170	38	2012	Beton	Ofis
31	Özdilek Plaza 2	İstanbul	170	47	2012	Beton	Ofis
32	Tekstilkent Plaza 1	İstanbul	168	44	2000	Beton	Karma
33	Tekstilkent Plaza 2	İstanbul	168	44	2000	Beton	Karma
34	Soyak Plaza	İstanbul	168	37	2014	Beton	Ofis
35	Selenium Twins 1	İstanbul	164	35	2009	Beton	Lüks konut
36	Selenium Twins 2	İstanbul	164	35	2009	Beton	Lüks konut
37	Varyap Meridian Grand Tower E	İstanbul	164	41	2012	Beton	Lüks konut
38	Selçuklu Kulesi	Konya	163	42	2006	Beton	Lüks konut
39	EXEN Plaza	İstanbul	160	44	2013	Beton	Lüks konut
40	Portakal Çiçeği Tower	Ankara	160	37	2009	Beton	Lüks konut
41	Sky Tower 1	İstanbul	160	42	2010	Beton	Lüks konut
42	Rixos Bomonti Residence	İstanbul	159	43	2010	Beton	Lüks konut
43	Akbank Tower	İstanbul	158	39	1993	Beton	Ofis
44	İstanbul Trump Tower 1	İstanbul	156	39	2011	Beton	Lüks konut/Ofis
45	Four Winds 1	İstanbul	156	49	2013	Beton	Lüks konut
46	Four Winds 2	İstanbul	156	49	2013	Beton	Lüks konut
47	Four Winds 3	İstanbul	156	49	2013	Beton	Lüks konut
48	Four Winds 4	İstanbul	156	49	2013	Beton	Lüks konut
49	Sinpaş Altın Oran 1	Ankara	155	40	2014	Beton	Lüks konut
50	Sinpaş Altın Oran 2	Ankara	155	40	2014	Beton	Lüks konut

Sıra no	İsim	Şehir	Yükseklik (m)	Kat sayısı	Bitiş yılı	Malzeme	Kullanım
51	Terrace Tema	İstanbul	155	40	2014	Beton	Lüks konut
52	Arkon Park Residence 1	İstanbul	155	39	2010	Beton	Lüks konut
53	Uprise Elite	İstanbul	154	42	2010	Beton	Lüks konut
54	Süzer Plaza Ritz-Carlton	İstanbul	154	34	1998	Beton	Otel
55	Polat Tower Residence	İstanbul	153	40	2001	Beton	Lüks konut
56	Mamak Euraisa Shopping Center 1	Ankara	151	41	2012	Beton	Ofis
57	Nata Vega Kuleleri 1	Ankara	151	46	2013	Beton	Lüks konut
58	Nata Vega Kuleleri 2	Ankara	151	46	2013	Beton	Lüks konut
59	İstanbloom	İstanbul	150	46	2014	Beton	Lüks konut/Ofis
60	Çamlica Twin Towers 1	İstanbul	150	40	2012	Beton	Lüks konut
61	Çamlica Twin Towers 2	İstanbul	150	40	2012	Beton	Lüks konut
62	Dumankaya İkon 1	İstanbul	149	41	2012	Beton	Lüks konut
63	Dumankaya İkon 2	İstanbul	149	41	2012	Beton	Lüks konut
64	Dumankaya İkon 3	İstanbul	149	40	2012	Beton	Lüks konut
65	42 Maslak Tower 1	İstanbul	148	42	2013	Beton	Karma
66	Sun Plaza	İstanbul	147	38	2005	Beton	Ofis
67	Istanbul Trump Tower 2	İstanbul	145	37	2010	Beton	Ofis
68	Venus Premium Erciyes İnşaat	Adana	143	36	2013	Beton	Lüks konut
69	Tat Twin Towers 1	İstanbul	143	34	2000	Beton	Karma
70	Tat Twin Towers 1	İstanbul	143	34	2000	Beton	Karma
71	Metrocity Millennium Towers 1	İstanbul	143	31	2000	Beton	Ofis
72	Metrocity Millennium Towers 2	İstanbul	143	35	2000	Beton	Ofis
73	Metrocity Millennium Towers 3	İstanbul	143	35	2000	Beton	Ofis
74	Sheraton Ankara	Ankara	143	29	1991	Beton	Otel
75	İzmir Hilton Oteli	İzmir	142	35	1986	Beton	Otel
76	Nurol Tower	İstanbul	142	32	2014	Beton	Karma
77	Royal Center 1	İstanbul	140	30	2012	Beton	Lüks konut
78	Mamak Euraisa Shopping Center 2	Ankara	140	38	2012	Beton	Ofis
79	Mamak Euraisa Shopping Center 3	Ankara	140	38	2012	Beton	Ofis
80	Mamak Euraisa Shopping Center 4	Ankara	140	38	2012	Beton	Ofis
81	Mamak Euraisa Shopping Center 5	Ankara	140	38	2012	Beton	Ofis
82	Mamak Euraisa Shopping Center 6	Ankara	140	38	2012	Beton	Ofis
83	Sabancı Merkezi	İstanbul	140	34	1993	Beton	Ofis
84	Sisli Elite Residence	İstanbul	140	35	2000	Beton	Lüks konut
85	Nida Kule	İstanbul	140	36	1996	Beton	Lüks konut
86	Dap Royal Center	İstanbul	140	30	2013	Beton	Lüks konut
87	Prestige Hotel	İstanbul	140	38	2007	Beton	Otel
88	TOBB Kuleleri 1. blok	Ankara	140	34	2001	Beton	Ofis
89	TOBB Kuleleri 2.blok	Ankara	140	34	2001	Beton	Ofis
90	Dikmen Valley Towers 1	Ankara	140	36	1996	Beton	Lüks konut
91	Dikmen Valley Towers 2	Ankara	140	36	1996	Beton	Lüks konut
92	Dikmen Valley Towers 3	Ankara	140	36	1996	Beton	Lüks konut
93	Dikmen Valley Towers 4	Ankara	140	36	1996	Beton	Lüks konut
94	Uphill Court 1	İstanbul	140	33	2008	Beton	Lüks konut
95	Uphill Court 2	İstanbul	140	33	2008	Beton	Lüks konut
96	Beybi Giz Plaza	İstanbul	136	34	1996	Beton	Ofis
97	Terrace Tema 1	İstanbul	135	40	2014	Beton	Lüks konut
98	Key Plaza	İstanbul	135	32	2012	Beton	Karma
99	Nissa O2 residance	İstanbul	134	37	2013	Beton	Lüks konut
100	Nef 163	İstanbul	131	30	2013	Beton	Lüks konut

ÖZGEÇMİŞ

Erkan Gülakan 1 Mayıs 1971 tarihinde Bingöl/Kiğı'da doğdu.Lise eğitimini Erzincan Lisesi'nde tamamladı.1993 yılında Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden mezun oldu.1993 yılında Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı, 1994 yılında öğrenime ara verdi ve 2012 yılında yüksek lisansa devam etti.

1990 ile 1997 yılları arasında Profesör Doktor Hamdi Şensoy'un ofis ve şantiye projelerinde çalıştı.1998 yılında Rusya'da hastane projesinde şantiye şefi olarak çalıştı. 1999 ile 2002 yılları arasında Moskova'da bulunan Gorbunova Kültür ve Sanat Kompleksi, Adalet Binası ve Casino projesinde çalıştı.2002 ile 2009 yılları arasında Eczacıbaşı İntema'da satış uzmanı, toplu projeler uzmanı ve mağazalar tasarım uzmanı olarak çalıştı.2009 ile 2011yılları arasında Demsaş Mutfak'ta satış Müdürü olarak çalıştı. 2011 yılından itibaren Kadir Has Üniversitesi İç Mimarlık Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.