

**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK FAKÜLTESİ**

**2000'Lİ YILLARA GİRERKEN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE
GERÇEKLEŞTİRİLEN BAZI ÖNEMLİ ÇELİK YAPILAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
MEHMET SİNAN AĞAOĞLU**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. İhsan MÜNGAN**

İSTANBUL - 2009

T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

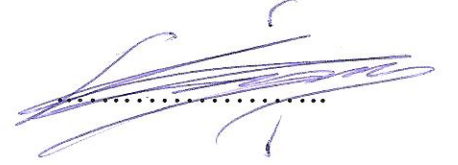
Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Programı Yüksek Lisans öğrencisi **Mehmet Sinan AĞAOĞLU** tarafından hazırlanan “**2000’li Yıllara Girerken Dünya’da ve Türkiye’de Gerçekleştirilen Bazı Önemli Çelik Yapılar**” adlı bu çalışma jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Tarihi : 26.10.2009

(Jüri Üyesinin Ünvanı , Adı , Soyadı ve Kurumu) :

İmzası :

Jüri Üyesi: Prof.Dr.İhsan MÜNGAN
Danışman–HAL.Üniv.Mimarlık ABD Öğr.Üyesi



Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Lerzan ARAS
HAL.Üniv.Mimarlık ABD Öğr.Üyesi

.....

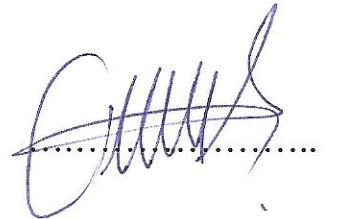
Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Fevzi DANSIK
MSGSÜ Öğr.Üyesi



Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Ergün GÜRPİNAR
HAL.Üniv.Mimarlık ABD (Yedek)

.....

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Meltem ŞAHİN
MSGSÜ ABD Öğr.Üyesi (Yedek)



ÖNSÖZ

Yoğun emek harcadığım bu tezimin ortaya çıkmasında beni sabırla yönlendiren ve senelerce elde ettiği bilgilerini benimle paylaşan danışmanım Prof. Dr. İhsan MUNGAN' a, bana manevi desteğini her zaman veren ve motive eden Tarzi sağlık işletmeleri sahibi Sayın Mahmut Tarzi'ye, bana hayatta başarılı olmanın yolunu gösteren başta sevgili babam, Nusret Ağaoğlu, annem Sayın Neslihan Ağaoğlu'na emeklerinden, çalışmalarından, bilgilerinden, yönlendirmelerinden ve sevgilerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışmamın, yolu çelik mimarisinden geçen ve geçecek her mimara faydalı olmasını dilerim.

Ekim 2009

Mehmet Sinan AĞAOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TABLolar LİSTESİ.....	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
ÖZET.....	IX
ABSTRACT	XI

1.GİRİŞ.....	1
--------------	---

1.1.Genel.....	1
1.2.Çalışmanın Amaç,Kapsam ve Yöntemi.....	2

2.BÖLÜM

2.ÇELİĞİN TANIMI VE YAPISAL TARİHİ.....	4
---	---

2.1. Çeliğin Yapısal Tarihi.....	4
2.1.1. Demirden Önce Eski Çağ.....	4
2.1.2. Demir Strüktürler Orta Çağ.....	8
2.1.3. Çelik Strüktürler Yeni Çağ.....	15

3.BÖLÜM

3. 2000'Lİ YILLARA GİRERKEN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE GERÇEKLEŞTİRİLEN BAZI ÖNEMLİ ÇELİK YAPILAR.

3.1. Örnek Seçimi İçin Kriterlerin Açıklanması.....	19
3.2. Dünyadan Büyük Açıklıklı Yapılara Örnekler.....	21
3.2.1. Georgia Kubbesi 'Georgia Dome' Mimari Yönlerinin Tanıtımı.....	21
3.2.2. Georgia Kubbesi 'Georgia Dome' Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı.....	27

3.2.3. Georgia Kubbesi ‘Georgia Dome’ Mimari Ve Strüktürel Detaylar Yönünden İncelenmesi Ve Değerlendirilmeler.....	28
3.3. Türkiye’den Büyük Açıklıklı Yapılara Örnek.....	34
3.3.1. Bilkent Amfi Tiyatrosu Çelik Çatı Örtüsünün Mimari Yönlerinin Tanıtımı.....	34
3.3.2. Bilkent Amfi Tiyatrosu Çelik Çatı Örtüsünün Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı.....	38
3.3.3. Bilkent Amfi Tiyatrosu Çelik Çatı Örtüsünün Mimari Ve Strüktürel Detaylar Yönünden İncelenmesi Ve Değerlendirilmeler.....	41
3.4. Dünyadan Yüksek Yapılara Örnek.....	43
3.4.1. Sears Tower Projesinin Mimari Yönlerinin Tanıtım.....	43
3.4.2. Sears Tower Projesinin Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı.....	50
3.4.3. Sears Tower Projesinin Mimari Ve Strüktürel Detaylar Yönünden İncelenmesi Ve Değerlendirilmeler.....	52
3.5. Türkiye’den Yüksek Yapılara Örnek.....	54
3.5.1. Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binası Projesinin Mimari Yönlerinin Tanıtımı.....	54
3.5.2. Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binası Projesinin Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı.....	59
3.5.3. Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binası Projesinin Mimari Ve Strüktürel Detaylar Yönünden İncelenmesi Ve Değerlendirilmeler.....	61
4. SONUÇLAR, YORUMLAR, ÖNERİLER.....	62
5. KAYNAKLAR.....	65
6.ÖZGEÇMİŞ.....	68

TABLO LİSTESİ

3.BÖLÜM

Tablo 3.1: Sears Tower antenin özel günlere göre aydınlatma renklerinin anlamları

ŞEKİL LİSTESİ

2.BÖLÜM

- Şekil 2.1: KARNAK TAPINAĞI
- Şekil 2.2: LUKSOR TAPINAĞI
- Şekil 2.3: AYASOFYA
- Şekil 2.4: Selçuklu Mimarisinin en güzel örneklerinden İnce Minareli Medrese /KONYA
- Şekil 2.5: Mimar Sinan'ın Eserlerinden Edirne Selimiye Camii Osmanlı Mimarisinin en son örneklerinden
- Şekil 2.6: Selimiye Camii İçinden Kubbe Görünümü
- Şekil 2.7: Karabük Demir-Çelik Fabrikası
- Şekil 2.8: Coalbrookdale Köprüsü
- Şekil 2.9: Graigellachie Köprüsü
- Şekil.2.10: Menai Straits Köprüsü
- Şekil 2.11: Britanya Köprüsü
- Şekil 2.12: Eifel Kulesi
- Şekil 2.13: Milan Tren İstasyonu
- Şekil 2.14: Broklyn Köprüsü
- Şekil 2.15: Forth Köprüsü
- Şekil 2.16: Forth Köprüsü Strüktürel Çalışma Prensibi
- Şekil 2.17: George Washington Köprüsü
- Şekil 2.18: Golden Gate Köprüsü
- Şekil 2.19: Boğaziçi Köprüsü

3.BÖLÜM

- Şekil 3.1: Georgia Kubbesinin görünüşü
- Şekil 3.2: Georgia Kubbesi 1. Kat planı
- Şekil 3.3: Georgia Kubbesi Kuzey Cephesi Görünüşü
- Şekil 3.4: Georgia Kubbesi Kuzey Cephesi Çatı Bitmiş Görünüşü
- Şekil 3.5: Georgia Kubbesi Çatı Strüktür Katmanlarının Çizimi
- Şekil 3.6: Georgia Kubbesi çatı yerleşiminin inşaat hali
- Şekil 3.7: Georgia Kubbesi Bitmiş iç görüntüsü
- Şekil 3.8: Georgia Kubbesi Maketten Yerleşim Planı
- Şekil 3.9: Georgia Kubbesi iç mekân resmi
- Şekil 3.10: Georgia Kubbesi Bağlantı Elemanı Detayı
- Şekil 3.11: Georgia Kubbesi çelik strüktür çatı planı
- Şekil 3.12: Georgia Kubbesi Çelik Halat Betonarme ankraj bağlantı detay kesiti
- Şekil 3.13: Georgia Kubbesi Genel Kesiti
- Şekil 3.14: Georgia Kubbesi İnşaat halinde çekilmiş çelik halat bağlantı detay resmi
- Şekil 3.15: Georgia Kubbesi betonarme ankraj detay planı
- Şekil 3.16: Georgia Kubbesi çelik strüktür çatı izometrik planı
- Şekil 3.17: Georgia Kubbesi detay paftası
- Şekil 3.18: Georgia Kubbesi çelik çatı kesiti
- Şekil 3.19: Georgia Kubbesi İnşaat halinde çelik kolonların yerleştirilmeye başlanma resmi
- Şekil 3.20: Bilkent Amfi Tiyatrosu genel resmi

- Şekil 3.21: Bilkent Amfi Tiyatrosu gösteri anında çekilmiş resim
- Şekil 3.22: Bilkent Amfi Tiyatrosu amfi kısmı
- Şekil 3.23: Bilkent Amfi Tiyatrosu akşam görüntüsü
- Şekil 3.24: Bilkent Amfi Tiyatrosu mezuniyet kutlama görüntüsü
- Şekil 3.25: Bilkent Amfi Tiyatrosu akşam görüntüsü
- Şekil 3.26: Bilkent Amfi Tiyatrosu ön görüntüsü
- Şekil 3.27: Sears Tower
- Şekil 3.28: Sears Tower
- Şekil 3.29: Sears Tower plan
- Şekil 3.30: Sears Tower plan
- Şekil 3.31: Sears Tower genel görünüş
- Şekil 3.32: Sears Tower lobby görünüş
- Şekil 3.33: Sears Tower lobby danışma görünüş
- Şekil 3.34: Sears Tower lobby danışma görünüş
- Şekil 3.35: Sears Tower anten tasarımı
- Şekil 3.36: Sears Tower strüktür ve kat dağılım şeması
- Şekil 3.37: Sears Tower'ın bulutların üstünden resmi
- Şekil 3.38: Sears Tower'ın cephe kaplaması yapılırken resmi
- Şekil 3.39: Sears Tower'ın cephe inşaat halindeki resmi
- Şekil 3.40: Sears Tower'ın strüktür resmi
- Şekil 3.41: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının genel resmi
- Şekil 3.42: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının Levent teki havadan çekilmiş konum resmi

- Şekil 3.43: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının 1. Kat planı
- Şekil 3.44: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının zemin kat planı
- Şekil 3.45: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının kesiti
- Şekil 3.46: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının güney cephesi
- Şekil 3.47: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının 3d resmi

GENEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Mehmet Sinan AĞAOĞLU
Anabilim Dalı : Mimarlık
Programı : Mimarlık
Tez Danışmanı : Prof. Dr. İhsan MUNGAN

ÖZET

2000'Lİ YILLARA GİRERKEN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE GERÇEKLEŞTİRİLEN BAZI ÖNEMLİ ÇELİK YAPILAR

Bu araştırma, Dünyada ve Türkiye'de 20.yy da gerçekleştirilen önemli çelik yapıları, büyük açıklıklı ve yüksek yapılar yönünden iki ayrı grupta ele alarak incelenmiştir. Pilot çalışma olarak her iki yapı tipi için Dünya'dan ve Türkiye'den önemli birer örnek, yani toplam dört yapı seçilerek bu yapılar gerek saydamlık, esneklik, hafiflik gibi güncel mimari parametreler, gerekse strüktürel tasarım yönlerinden karşılaştırılmış, iki grup arasındaki konsept ve ulaşılabilen bilgileri elverdiğince, detay farklılıkları belirtmeye çalışılmıştır, varılan sonuçlara dayanarak tezin amacına yönelik alanda analizler yapılmış, varılan sonuçlar irdelenerek, yorumlar ile öneriler geliştirilmiştir.

Çalışmanın giriş bölümünde amaç, kapsam ve yöntem açıklanmaktadır.

İkinci bölümde, çeliğin yapılarda kullanılmaya başlanmasına doğru gelişimin kısaca tarihi süreci hakkında bilgi verilmiş, örnek yapılarla gelişimin tarihi süreci kısaca anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, dünyada ve Türkiye'de 20.yy da gerçekleştirilen önemli çelik yapıların örnek seçimi için kriterler açıklanmış ve bir dünyadan bir de Türkiye'den olmak üzere iki ayrı yapı büyük açıklıklarına göre, yine bir adet dünyadan ve bir adet Türkiye'den olmak üzere iki ayrı yüksek yapı ele alınmış ve bu dört örnek sırasıyla, mimari yönlerinin tanıtımı, strüktürel yönlerinin tanıtımı yapılarak ardından mimari ve strüktürel tasarım yönünden araştırılmış ve mimari ve strüktürel detayları yönünden incelenip değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölümde, çalışmanın genel bir özeti yapılmıştır. Büyük açıklıklarına ve yüksek yapılarına göre iki ayrı yönden ele alınan 20.yy da yapılmış önemli çelik yapıların karşılaştırılmasının da Türkiye'nin nerede olduğu üzerinde durulmuştur.

Türkiye’de yapılarda çeliğin, neden daha az tercih edildiğine ve toplumsal gelişim sürecinde çelik yapıların çoğalmasının gerekliliğine yönelik yorumlar yapılmıştır.

Türkiye’de çelik yapıların, çoğalması için yapılması gereken küçük ve büyük ölçekli projeler için öneriler getirilmiş. Günümüzün gelişen yapı malzemeleri ile birlikte çeliğin sanat değeri taşıyan, teknik bilgi gerektiren yapılar oluşmasında olmazsa olmaz bir yapı malzemesi olduğu savunulmuştur.

Beşinci bölümde ise dünyada ve Türkiye’de yapılan önemli çelik yapılar hakkında, yayınlanan ve bu tezin hazırlanmasında başvurulmuş olan kaynaklar yer almaktadır.

Anahtar Kelime : Çelik strüktür, yüksek yapılar, büyük açıklıklı yapılar, tasarım, kültür.

GENERAL INFORMATION

Name and Surname : Mehmet Sinan AĞAOĞLU
Discipline : Architectural
Program : Architectural
Thesis col consultant : Prof. Dr. Ihsan MUNGAN

ABSTRACT

SIGNIFICANT STEEL CONSTRUCTIONS OF THE WORLD AND TURKEY CONSTRUCTED IN 20th CENTURY

In this study, significant steel constructions of the World and Turkey constructed in 20th Century are discussed in two separate groups in terms of large-spacing and high-rise architecture. In the pilot study, an example is chosen from the World and Turkey for both construction types; in order words four structures are chosen in total and these are compared in terms of other contemporary architectural parameters such as transparency, flexibility, lightness and structural design aspects. The differences in details between two groups are explained to the extent practical in the light of concept and data obtained; analysis' aimed at the purpose of the thesis are conducted on the basis of results obtained, the outcomes are examined thoroughly and thus comments and suggestions are made.

The introduction part of the study explains the purpose, scope and method.

The second chapter provides a brief historical background of the improvements leading to initial usage of steel for construction; the historical division is as follows; era before iron exemplifies prehistoric period, iron structures are from medieval period and steel structures are from modern ages and the historical background of this development is briefly explained over exemplary structures.

The third chapter explains the criteria for selecting samples among the significant steel architecture constructed in the 20th century all around the World and in Turkey; two individual constructions, one from the World and one from Turkey, are selected according to their large-spacing and two individual constructions, also one from the World and one from Turkey, are selected as high-rise structures. These four examples are presented in terms of architectural aspects and structural aspects, respectively and then researched in terms of architectural and structural aspects and assessed by examining thoroughly in terms of architectural and structural details.

The fourth chapter is an overall abstract of the study. Significant steel constructions of 20th century that are discussed in two individual aspects according to large-spacing and high-rise structures are also compared and the emphasis is put on the status of Turkey; as a result of the researches conducted, it is highlighted that it is inevitable to use steel in architecture more frequently in the future using the means provided by the advancing technology and that steel has attained a status of being an essential construction material for creating the aesthetic aspect.

Significant steel constructions of 20th Century, that are discussed in two individual aspects, namely according to large-spacing and high-rise structures, are analyzed.

Comments are made on the fact that steel is rarely preferred for construction in Turkey and also on the necessity of extending steel structures within the process of social improvement are available.

Some suggestions for small and large scaled projects to be carried out for extending steel constructions in Turkey are also available. It is argued that steel is a prerequisite construction material along with improving, modern-day construction materials for constructing architecture having artistic value and requiring technical know-how.

The fifth chapter presents the list of resources composed of researcher's data about significant steel structures constructed all around the world and in Turkey and these referred to in this thesis.

Key Word : Steel structures, high-rise buildings, large-spacing, design, cultural

1.BÖLÜM

1.GİRİŞ

1.1.Genel

18.yy. da başlayan toplumsal ve teknolojik gelişmeler ile birlikte hızını arttırarak gelişen yapı strüktürleri 20. yy' da gelinen noktada ilerleyen sanayi ve makineleşme ile yüksek sıcaklıklı fırınların çelik üretiminde kullanılmaya başlanmasıyla artan üretim miktarı, buna paralel olarak gelişen toplumların beklentilerini karşılayacak donelerin artması ile çelik yapı tekniğinde de büyük ilerlemelere neden olmuştur.

Kaynak tekniklerin geliştirilmesi, modern konstrüksiyonların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ayrıca metalürji alanında da yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda yüksek dayanımlı çelikler imal edilmiş ve bu çalışmalar halen ilerleyerek daha yüksek dayanımlı yapı çeliklerinin imal edilmesine neden olmaktadır; böylece daha büyük açıklıklar geçilebilmekte daha hafif ve daha estetik projeler hayata geçirilebilmektedir.

Günümüzde estetik değerler taşıyan yeni mimari eserlerin oluşumunda yapı çeliğinde karma strüktürler kullanılmasının önemli katkıları vardır. Böylece daha büyük açıklıklar geçilebilmekte, yapıda şeffaflık elde edilebilmekte, yapının hafif olması sağlanmakta, serbest formlar oluşturulabilmekte, mekândan tasarruf yapıp esneklik elde edilmektedir, bunların yanı sıra çelik inşaat süresini, kısaltmakla beraber uzun vadede geri dönüşümlü olarak kullanılabilirliktedir.

Dünyada hızla ilerleyen çelik yapıların Türkiye'de 100 yıl geride olduğu söylenebilir, ancak gittikçe kolaylaşan iletişim teknikleri ile Türkiye'de de yapı çeliğinde önemli gelişmeler olmasına imkan vermektedir. Ancak bilmemiz gereken en önemli nokta çelik yapıların oluşturulmasında en önemli koşulun teknik bilgi olduğudur. Araştırmaların artması, sanayileşmede üretimin artması ve demir-çelik endüstrisinin gelişmesi ile paralel olarak çelik yapıların kültürel olarak benimsenmesi gerekmektedir. Bunun için inşaat alanında eğitim alan meslek sahibi olacak insanları çelik konusunda daha fazla bilgilendirmek ve yönlendirmemiz gerekmektedir. "Betonarme daha iyidir" veya "çelik daha iyidir" tartışmalarına son verip, "arazinin konumu, ekonomik gereksinimler, sosyal gereksinimler, estetik gereksinimler nedir?",sorusunu sorup yapı strüktür malzemesini ona göre belirlememiz gerekmektedir ki artık sınırların sadece kâğıt üzerinde kaldığı, toplumların ve

Ülkelerin kültürel olarak birbirleriyle kıyasıya yarıştığı çağımızda artık yapı çeliği kullanılan projelerin Türkiye’de de hızla devam etmesi gerekmekte olduğu gerçeğini kabul etmemiz gerekmektedir.

1.2. Çalışmanın Amaç, Kapsam Ve Yöntemi

Bu tezin amacı, 2000’li yıllarda dünyada ve Türkiye’de yapılmış bazı önemli elik yapılar seçilip incelenerek, Türkiye’nin dünyaya göre elik yapı kullanımında nerede olduğunu karşılaştırmalı örneklerle anlatmaktır. Endüstri Devrimini yaşamamış olan ülkemizde, yapılarda çeliğin taşıyıcı strüktür malzemesi olarak kullanımı Osmanlı Devletinin son yıllarında A.B.D. ve Batı Avrupa ülkelerine göre son derece kısıtlı olmuş, Cumhuriyet döneminde de genelde demiryolu köprülerinin inşasıyla sınırlı kalmıştır. Bu alanda Batı’ya ve endüstrileşmiş ülkelere göre yaklaşık 100 yıllık bir süre kaybedilmiş olduğu kabul edilmelidir. Ancak 2000’li yıllara girildiğinde Türkiye’de bu açığın kapatılması için büyük bir atılım yapıldığı gözlenmektedir. ‘Türk Yapısal elik Derneği’nin kurulması ve Türkiye’nin ‘AVRUPA YAPISAL ÇELİK BİRLİğİ (ECCS)’ yeliği bu alanda atılmış önemli adımlardır. Artık lkemizde de uluslar arası düzeyde elik yapı projeleri üretilmekte ve gerçekleştirilmektedir; 1997 yılından başlayarak da Türkiye’yi temsil etmek üzere ECCS ’ye projeler gönderilmektedir. Gönderilecek projeyi seçmek üzere iki yıllık aralıklarla ‘Türkiye’de inşa edilen yapıların katılabileceği ‘Türkiye elik Yapı Tasarım Yarışması’ düzenlenmektedir. Diğer taraftan mimarlık ve inşaat mühendisliği bölümlerinde lisans eğitim-ğretimi gören rgencilerin katılabileceği ‘Prosteel’ proje yarışmaları düzenlenmektedir. Her iki yarışmaya katılan yapıların ve projelerin kalitesinin giderek yükselmesi ülkemizde bu alanda önemli bir potansiyelin var olduğunu kanıtlamaktadır. Yüksek Lisans Tezi’nin amacı Dünya ve Türkiye için bir durum saptaması yapmak, Türkiye’deki uygulamaların daha da ileriye gidebilmesi için öncelikle mimarlık eğitim-ğretimi ve mimarlık mesleği bakımından daha nelerin yapılması gerektiği yönünde eğitim sisteminde yapılması gereken, sosyal ve ekonomik açıdan yapılması gereken önerilerde bulunmaktadır.

2000’li yıllara girerken dünyada ve Türkiye’de gerçekleştirilen bazı önemli elik yapılar konusu, Türkiye’de elik yapı üretiminin, yapı sektörleri içinde hak ettiği yere gelmesi, Türkiye’deki uygulamalar ile dünyadaki uygulamaların karşılaştırılıp temel farklılıklarının görünmesi, Türkiye’de daha fazla teknik bilgi donanımlı

insanların yetiştirilmesi, üretim ve araştırmaların artması ve konuya genel bir bakış açısı kazandırmak için tez kapsamına alınmıştır.

Karşılaştırma, büyük açıklıklı ve yüksek yapılar yönünden yapılacaktır. Pilot çalışma olarak her iki yapı tipi için Dünya'dan ve Türkiye'den önemli birer örnek, yani toplam 4 yapı seçilerek bu yapılar gerek saydamlık, esneklik, hafiflik gibi güncel mimari parametreler, gerekse strüktürel tasarım yönlerinden karşılaştırılacaktır. İki grup arasındaki konsept ve ulaşılabilen bilgilerin, elverdiğince detay farklılıkları belirtilecek, varılan sonuçlara dayanarak tezin amacına yönelik alanda analizler yapılacak, varılan sonuçlar irdelenecek, yorumlanacak ve eğitim de yapılması gereken öneriler geliştirilecektir.

Büyük açıklıklı yapıların incelenmesinde Türkiye'den, çelik strüktür kullanılarak yapılan Bilkent Amfi Tiyatro binası seçilirken, buna karşılık dünyadan Bilkent Amfi Tiyatrosu gibi membran örtü sistemi kullanılarak yapılan, çelik halat germe sistemine sahip yapı seçilmiştir. Her iki yapıda da estetik kaygılar ve büyük açıklıklar çelik malzemesi kullanılarak geçilmektedir.

Çok katlı çelik yapıların incelenmesinde ise Türkiye'de örnek gösterilebilecek çok fazla uygulama olmamasından dolayı, kıyaslama açısından dünyada yapılmış daha eski bir örnek seçilecektir.

2. BÖLÜM

2. ÇELİĞİN TANIMI VE YAPISAL TARİHİ

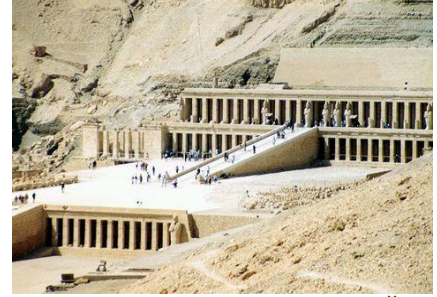
2.1. Çeliğin Yapısal Tarihi

Strüktürlerin gelişim dönemi; kagir inşaat dönemi “eski çağ” demir strüktürler dönemi “orta çağ” ve çelik strüktürler dönemi “yeni çağ” olarak adlandırılabilir.¹

2.1.1. Demirden Önce Eski Çağ



Şekil 2.1: KARNAK TAPINAĞI



Şekil 2.2: LUKSOR TAPINAĞI

Toplumların kalkınmışlığını, refahını ve kültür düzeyini yansıtan ve geleceğe aktaran unsurlar mimariyi oluşturan yapılardır.

Piramitler, Lüksor ve Karnak tapınakları Eski Mısır'ın, Akrapöller ve tiyatrolar, Antik Grek Uygarlığı'nın, hamamlar, köprüler, tiyatrolar, ve su kemerleri Roma İmparatorluğunun gelişmişliğinin ve büyüklüğünün günümüze ulaşmış kanıtlarıdır.

¹ MUNGAN, İ.(2001 Ekim). “Structural Engineering And Structures From Antiquity To The Present”, Proceedings Of The IASS Symposium 2001, Napoya, Japan.



Şekil 2.3: AYASOFYA

Hristiyan Bizans çok tanrılı Roma'nın mirasçısı olur, ancak yapı sanatında onu aşamaz ve bin yılı aşan yaşamında Ayasofya Müzesi dışında Roma eserlerine yaklaşan boyutlarda bir eser veremez.

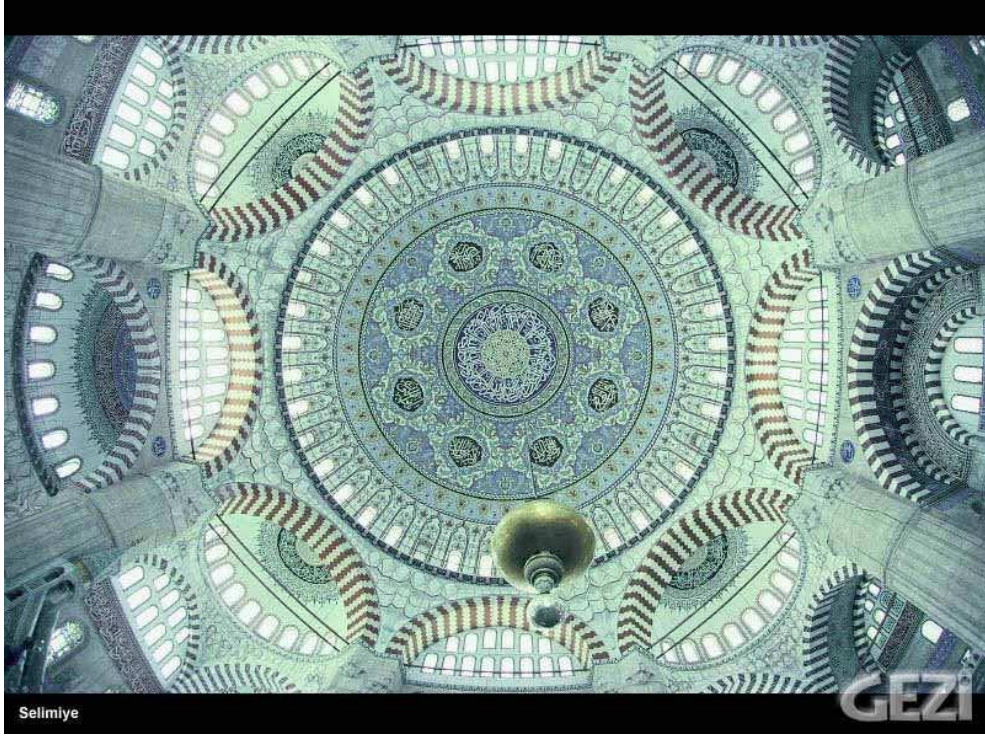


Şekil 2.4: Selçuklu Mimarisinin en güzel örneklerinden İnce Minareli Medrese / KONYA

Anadolu'yu Bizanslılardan fetheden Selçuklular ise Orta Asya'dan ve İran'dan getirdikleri mimarilerini Anadolu da sürdürürler ve Roma Bizans mimarisiyle bir senteze gitmezler.



Şekil 2.5: Mimar Sinan'ın Eserlerinden Edirne Selimiye Camii Osmanlı Mimarisinin en son örneklerinden.

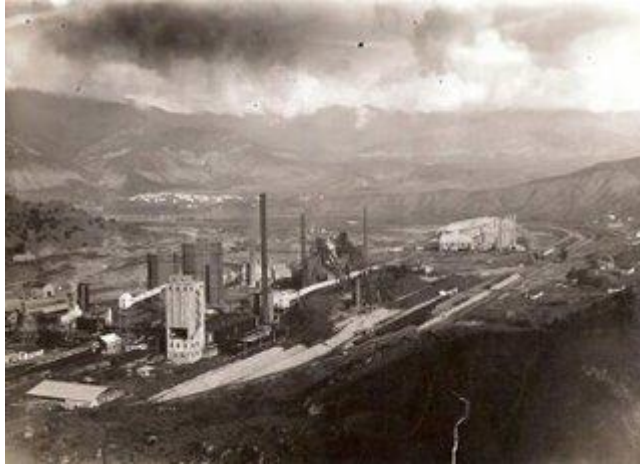


Şekil 2.6: Selimiye Camii İçinden Kubbe Görünümü

Osmanlılar ise özellikle İstanbul'un alınmasından sonra, kendi geleneksel mimarileri ve yapı sanatıyla Roma-Bizans mimarisinin son derece başarılı bir sentezini gerçekleştirerek kagir inşaatı evrensel bir boyutta erişilmez bir mükemmeliyete vardırırlar.

Ayasofya ve Romalıların su kemerleri Osmanlı mimarlarına esin kaynağı oluştururlar, ancak Osmanlı mimarları başlangıçta bu eserlere çekimser yaklaşırlar ve örneğin kubbeli yapılarında Orta Asya'daki var olan simetriden vazgeçmezler. 1505 yılında Ayasofya'nın taşıyıcı sisteminde inşa ettikleri Beyazıt Camisinde olduğu gibi, Ayasofya kubbesini taşıyan kemer ve kolonlarındaki asimetriye yapılarında yer vermezler. Sinan Ayasofya kubbesinin boyutlarına Süleymaniye Camiisinde yaklaşır, Selimiye Camiisinde ise erişir. Boyutlardan çok daha önemli olan husus ise Sinan'ın kubbe, yarı-kubbe ve kemerlerin birlikte kullanılmasında benzeri olmayan bir çeşitliliği ve mükemmeliyete erişmiş olmasıdır.

2.1.2. Demir Strüktürler Orta Çağ



Şekil 2.7: Karabük Demir-Çelik Fabrikası (1937)

Demirin endüstriyel olarak üretilmesi ve taşıyıcı sistem oluşturmada ana malzeme olarak kullanılmasıyla yapı sanatında tasarım yönetimi bakımından bir devrim kaçınılmaz olur. Demir, doğal taş gibi bol bulunan doğal bir malzeme olmadığından, yada tuğla gibi doğal malzemeden imal edilmiş blokların pişirilmesi ile göreceli olarak kolay üretilmediğinden, en ekonomik ancak yeterli bir güvenliği sağlayacak tarzda kullanılmalıydı, bu koşulların kullanılması ile yapı sanatı “yapı mühendisliğine“ dönüşürken, strüktür seçiminde ve kesitlerin boyutlandırılmasında optimizasyon için kagir inşaatta genelde yeterli olan geleneksel bir yöntem de yoktu, dolayısıyla gözlem yapmak veya analogiye dayanmak mümkün değildi. Diğer taraftan aydınlanma çağıyla birlikte, felsefe, edebiyat ve doğa bilimlerini yanı sıra, matematik gibi yapı mühendisliğinin tasarımda gereksinim duyduğu bilimlerde de önemli gelişmeler olmuştu ve ampirik yöntemin yerine geçecek olan bilimsellik için kuramsal baz ve enstrümanlar hazırды.



Şekil 2.8: Coalbrookdale Köprüsü (1779)

1779 yılında İngiltere’de Severn nehri üzerinde inşa edilen “Coalbrookdale Köprüsü” ilk büyük demir yapı olarak kabul edilir. Açıklığı 30m civarında olan yarım daire şeklindeki bu kemer köprü, aynı adı taşıyan dedesi, bir izabe fırını çalıştıran ve demir üreten, Abraham Darby III (1750–1791) tarafından tümüyle kagir inşaatın form ve detaylarına uygun tarzda inşa edilmiştir. Bu demir köprü nehrin üzerindeki diğer kagir ve ahşap köprülere göre, daha küçük olan boyutları ve daha büyük olan gabarisi nedeniyle, yüksek su seviyelerinde akıntıya çok daha küçük bir engel oluşturmuş ve Severn Nehrinde 1975 yılında yaşanan sel felaketine bile hasarsız olarak dayanmıştır.



Şekil 2.9: Graigellachie Köprüsü (1814)

Bunun üzerine, dünyanın ilk inşaat mühendisleri odası başkanı olan İngiliz Thomas Telford (1757-1834) bundan böyle sadece demir köprüler inşa etmeye başladı ve bu yapı tarzını geliştirerek İskoçya’da 1814 yılında günümüzün basık kemer köprü formunu taşıyan yaklaşık 45m açıklıklı “Craigellachie Köprüsü”nü inşa etti, Telford 1826 yılında da 174 m’lik bir açıklığı geçmek için Galler bölgesinde dünyanın ilk dövme demir zincirli asma köprüsü olan Menai Straits köprüsü’nün taşıyıcı zincirinin orta noktasındaki derinliğini başlangıçta yaklaşık 10m seçmişken arkadaşı Davies Gilbert’in hesapladığı 15m değerini göz önünde bulundurarak 13m’ye çıkarmıştır Telford, inşa ettiği yapıları inceliyordu ve gerekli düşündüğü önlemleri alıyordu; bir bakıma bire bir ölçeğinde deney yapıyordu. Asma köprüsünün kirişi kuvvetli rüzgarda titreşim yaparak dalgalı bir şekil alıyordu bu durumu önlemek için köprü tabliyesini enine doğrultuda rijidleştirdi Dünyada 1779 ve 1871 yılları arasında inşa edilmiş olan demir köprülerden önde gelen 9 köprünün 8’i Telford’un eserleri olup 5’i hala kullanılmaktadır.



Şekil.2.10: Menai Straits Köprüsü (1826)



Şekil 2.11: Britanya Köprüsü (1850)

Robert Stephenson (1803-1859) tahsilsiz bir maden işçisi olan babası George Stephenson'un buluşu olan buharlı lokomotifin ve ona eklenen vagonların geçmesi için köprüler yapmakla görevlendirilmişti. İnşa ettiği kiriş köprülerden biri 1847 yılında, üzerinden bir yolcu treni geçerken yıkılınca, Stephenson köprü kirişi olarak dövme demir levhaların birbirlerine perçinlenmesiyle gidiş ve dönüş yolları olarak tellerin içinden geçeceği yan yana iki tüp oluşturdu Stephenson'un 1850 yılında inşa ettiği iki orta açıklığı 140m ve kenar açıklıkları 70m olan toplam 420m uzunluğundaki "Britania Köprüsü" o yıllarda dünyanın en uzun demir yolu köprüsüydü. Ancak o yıllardaki bilgi düzeyi hesap yapılmasına olanak sağlamıyordu açıklıkların büyük ve katar yüklerinin ölü yükten daha fazla olmasından doğan aşırı titreşimi azaltmak için Stephenson kirişleri kulelere kablolarla asmayı planlamıştı ve bu nedenle pylonları kutu kesitli kirişten daha yüksek yaptı ancak 1/6 ölçeğindeki bir köprü modeli üzerinde yapılan yükleme deneyi kirişin asmanın gerekli olmadığını gösterdi. Köprü 1970 yılına kadar hizmet gördü, o yıl ahşap çatısı yanınca demir strüktürde hasar görüldüğünden köprünün çelik kafes kemerlerle desteklenmesi gerekti Stephenson'un çağdaşı olan Isambard Kingdom Brunel (1806-1859) tarafından 1859 yılında inşa edilen ve açıklıkları Britanya Köprüsüyle yaklaşık aynı olan (Saltach köprüsü basınç bölgesinde tüp şeklinde kemerlerden ve çekme bölgesinde demir zincirlerden oluşmaktadır. Bu sistem sayesinde köprünün 1m'lik uzunluğu için kullanılan demir miktarı örneğin Britania Köprüsü için 3,5 ton iken Saltach köprüsünde 2,35 ton'a düşürülebilmektedir. Ancak bu iki büyük eserden sonra İngiltere'nin demir strüktürlerdeki liderliğini o yıllarda teoride daha ileri olan Fransa'ya ve her alanda öncülük yapan A.B.D.'ye kaptırdığı görülür.



Şekil 2.12. Eiffel Kulesi(1889)

Paris Teknik Yüksek Okulunu kazanamayan Eiffel bir özel yüksek okulda kimya mühendisliği öğrenimi görerek 1855 yılında mezun oldu. Amcasının sirke imalathanesinde çalışmayı planlamışken bir aile dostu bunu engelledi ve Eiffel demir yolu gereçleri imal eden bir firmaya girdi. Bu sebeple o dönemin güncel malzemesi olan demirle ve demiryolu inşaatı ile ilgili işlere girme fırsatını buldu. Kimya mühendisi olarak mezun olduktan sadece 3 yıl sonra firması tarafından Garonne nehri üzerinde 7 açıklıklı, toplam 480m uzunluğundaki bir köprünün inşası ile görevlendirildi ve köprüyü iki yıl içinde inşa etti 1867 yılında kendi mühendislik bürosunu ve demir konstrüksiyon imalathanesini kuran Eiffel uluslararası düzeyde şöhret sahibi oldu ve 18 yılda aralarında köprülerin, tren istasyonlarının, vinçlerin, sergi salonu, mağaza ve endüstri binalarının olduğu demir strüktürler inşa etti. 1884

yılında inşa ettiği Garabit Viyadüğü 165m olan açıklığı ile o yılların en uzun dövme demir kemer köprüsüydü. Eiffel'in en iyi bilinen yapısı ise şüphesiz 1889 Paris Fuarı için inşa ettiği ve 300m'yi aşan yüksekliği ile o tarihlerde dünyanın en yüksek yapısı olan demir kuledir. Pek çokları tarafından faydasız, aşırı derecede büyük, ticari, son derece gülünç ve fabrika bacası gibi çirkin bulunarak eleştirilen yapı bugün yılda 45 milyon turistin geldiği Paris'in sembolü olarak dünyanın en fazla ziyaret edilen kulesidir. Demir, 19.yy 'da köprü dışında en fazla tren istasyonu fuar ve kamu binalarında kullanılmıştır. Borsa ve Parlamento binaları imaj için genelde bir demir kubbeyle vurgulanırken, büyük istasyonların peronlarının üstü büyük açıklıklı demir kafes kemerlerle örtülüyordu.



Şekil 2.13: Milan Tren İstasyonu

2.1.3. Çelik Strüktürler Yeni Çağ



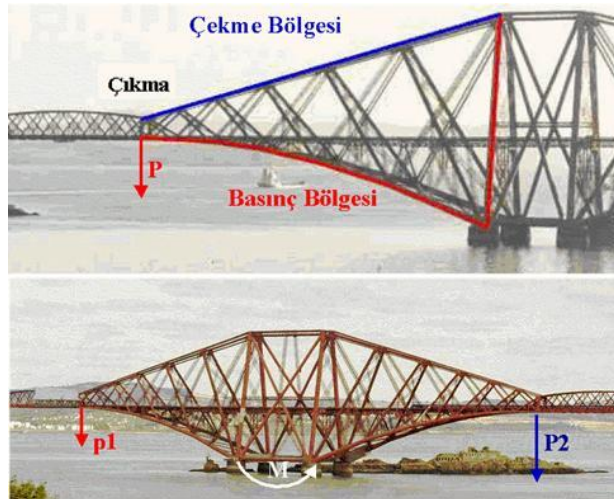
Şekil 2.14:Brooklyn Köprüsü(1883)

1841 yılında Alman asıllı bir Amerikalı olan John Augustus Roebling (1806-1869) Pittsburg yakınında, haddeden geçirme yoluyla çekilen demir tellerin ve bu tellerden halatların imal edildiği bir fabrika kurdu. Gerçekte Roebling haddeden geçirerek çekme yoluyla imal ettiği tellerin ne metalürjik ne de mekanik özelliklerini biliyordu. Bu halatları kullanarak 1845 yılında Pittsburg’da Monon Gahela nehri üzerinde, kara yolu için inşa ettiği ilk asma köprüden sonra bunu 1855 yılında Niagara nehri üzerinde yaklaşık 250m açıklıklı ve 1866 yılında Cincinnati’de Ohio nehri üzerinde yaklaşık 320m açıklıklı asma köprüleri izledi. İnşaatını kontrol ederken bacağı bir kaza sonucu ezilince tetanoz olup öldüğünden, tamamlayamadığı son köprüsü olan ve 1883’de oğlu tarafından bitirilen New York’ta, East River üzerindeki Brooklyn köprüsü ile yapı mühendisliğinde, çelik malzemenin öne çıktığı yeni çağ başlıyordu. 1870 yıllarında çelik artık Endüstriyel olarak imal edilebiliyordu. Tümüyle çelik kullanılarak inşa edilen ilk büyük köprüyü 1874 de St.

Louis Kentinde, Mississippi Nehrine batmış gemileri çıkaran, Amerikan sivil savaşı sırasında deniz kuvvetlerine demir gemiler inşa eden Jamez Buchanan Eads (1820-1889) inşa etmiştir. Üç kemerden oluşan köprüde açıklıklar yaklaşık 160 m'yi buluyordu. 1890 yılında Benjamin Baker (1840-1907) İskoçya da inşa ettiği çelik Forth köprüsün de ise orta açıklıkların her biri yaklaşık 520 m olup, mesnetlerden sağa ve sola konsol olarak uzanan kafes kirişin mesnetteki yüksekliği yaklaşık 105m idi.



Şekil 2.15: Forth Köprüsü(1890)



Şekil 2.16: Forth Köprüsü Strüktürel Çalışma Prensibi

Çelik köprülerde açıklığın 1000 m sınırını aşması, ilk defa İsviçreli Otmar Amma (1879-1966) tarafından 1929-1932 yılları arasında inşa edilen George Washington köprüsüyle gerçekleşmiştir.



Şekil 2.17. George Washington Köprüsü (1932)

Hutson nehri üzerinden NewYork ve NewJersey eyaletlerini birleştiren bu kara yolu köprüsünün orta açıklığı 1067 m olup, kendisinden 55 yıl sonra İstanbul da inşa edilen Fatih Sultan Mehmet köprüsün açıklığına eşittir. Sanfrancisco’da 1933-1935 yılları arasında alman asıllı Joseph B. Strauss (1870-1938) tarafından inşa edilen Golden Gate köprüsü ise, 1280 m olan orta açıklığı ile 1964 yılında, NewYork şehri girişindeki 1298 m açıklıklı “Verrazano Narrows” köprüsü, Amman tarafından inşa edilinceye kadar dünyanın en uzun açıklıklı köprüsü unvanını taşımıştır. Kopenhag kentinin üzerinde bulunduğu adayı İsveç’e bağlayan Greatbelt otoyolu güzergahında 1997 yılında inşa edilen yaklaşık 2700 m uzunluğundaki asma köprünün orta açıklığı 1624 m ile Kobe deki köprüden sonra, dünyanın en büyük açıklığıdır. Messina boğazı üzerinden İtalya’yı Sicilya’ya bağlamak için tasarlanmış olan 6070 m uzunluğundaki asma köprünün orta açıklığı ise 3300 m seçilmiştir bu köprüde asma kablolarını taşıyan pilon deniz seviyesinden 376 m, yol seviyesinden ise yaklaşık 300 m yükseklikte olacaktır.



Şekil 2.18: Golden Gate Köprüsü (1935)



Şekil 2.19: Boğaziçi köprüsü (1973)

20.yy ve 21.yy'da çelik strüktürlü yapılar dünya çapında çoğalmış olup, uzay teknoloji bilgisi de üzerine eklenerek, birçok yapının tamamında yada belirli bir kısmında çelik strüktürler kullanılmıştır.²

² MUNGAN, İ.(2001 Ekim TP 001). "Structural Engineering And Structures From Antiquity To The Present", Proceedings Of The IASS Symposium 2001, Napoya, Japan.

3.BÖLÜM

3. 2000'Lİ YILLARA GİRERKEN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE GERÇEKLEŞTİRİLEN BAZI ÖNEMLİ ÇELİK YAPILAR

3.1. Örnek Seçimi İçin Kriterlerin Açıklanması

Çeliğin mimari esere katkıları ve tercih edilmesi temelde üçe ayrılır.

A Mimaride çeliğin tercih edilme nedenleri

1. Şeffaflık
2. Hafiflik
3. Serbest formların oluşturulabilmesi
4. Büyük açıklıklar geçilebilmesi
5. Mekânda tasarruf
6. Esneklik

B Taşıyıcı sistem açısından tercih edilmesi

1. Depreme karşı daha iyi performans
2. Fabrika ortamında imal edildiği için imalat kalitesinin yüksekliği ve kontrol edilebilir olması.
3. Geniş açıklıkların geçilebilmesi,
4. Mekanik tesisata daha fazla hareket alanı sağlayabilmesi,

C Uygulama açısından tercih edilmesi

1. İnşaat süresinin kısılması
2. Yapı ağırlığı az olduğundan ve kolon sayısının azlığı nedeniyle

temel maliyetinin düşmesi

3. Sökülüp takılabilir olması
4. Değişikliğe kolayca adapte olması
5. Mekanik ve elektrik tesisatların dağılımında kolaylık ve esneklik olarak tanımlanabilir.³

Bu tez konusu kapsamında iki ayrı yapı tipi seçilmiştir; Bunlardan ilki büyük açıklıklı yapılar diğeri ise yüksek yapılar. Büyük açıklıklı yapılara örnek olarak dünyadan Georgia Kubbesi “Georgia Dome”, Türkiye’den ise Bilkent Amfi Tiyatrosu Çelik çatı örtü incelenmiştir. Yüksek çelik yapılara örnek olarak ise Dünya’dan Sears Tower, Türkiye’den ise İstanbul 4.Levent’te bulunan Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binası seçilmiştir.

Türkiye’de henüz tam uygulamada kullanılmayan anlaşılamayan yapısal çelik malzemesinden dolayı yüksek çelik yapıya çok fazla örnek bulunmamakla beraber gelişen beton ve çelik yapı malzemelerinin gün geçtikçe birlikte kullanıldıkları gözlemlenmektedir.

Büyük açıklıklı yapılara, dünyadan örnek proje olarak seçilen Georgia Dome 1992 yılında yapılmıştır. Türkiye’de gerçek anlamda çağdaş tasarım ve teknik bilgi ile yapılmış olan ender çelik yapı eserlerinden olan Bilkent Amfi Tiyatrosu çelik çatı örtüsü 1999 yılında yapılmıştır. Bu iki örnek, biryandan Türkiye’de yapısal çeliğe verilen önemi ve dünya ya göre ilerlemesinin ne kadar geç geliştiğini gösterirken biryandan da istenirse dünyadaki örneklerine benzer yapıların, Türkiye’de de yapıldığını ispatlamak için seçilmiş ve karşılaştırılmıştır.

İkinci olarak yüksek yapılarda kullanılan çelik strüktüre halen dünyada sayılı yüksek gökdelenlerinden sayılan ve 1974 yılında yapımı tamamlanan Sears Tower ile Türkiye’den 2002 yılında yapımı biten 19 katlı Miltaş Otomatik Otopark Binası,

³ MARULYALI, Y; “ÇELİK VE MİMARİ” , TUSCA, <http://www.tucsa.org/v4/2009/02/09/celikvemimari/>

aslında Türkiye'nin yüksek yapılarda kullanılan yapı çeliğini projelerinde kullanmada ne kadar geride kaldığını sergilemek ama bundan sonra ne yapmak gerektiğini önermek açısından karşılaştırılmıştır.

3.2. Dünyadan Büyük Açıklıklı Yapılara Örnek.

3.2.1. Georgia Kubbesi 'Georgia Dome' Mimari Yönlerinin Tanıtımı Ve Araştırılması

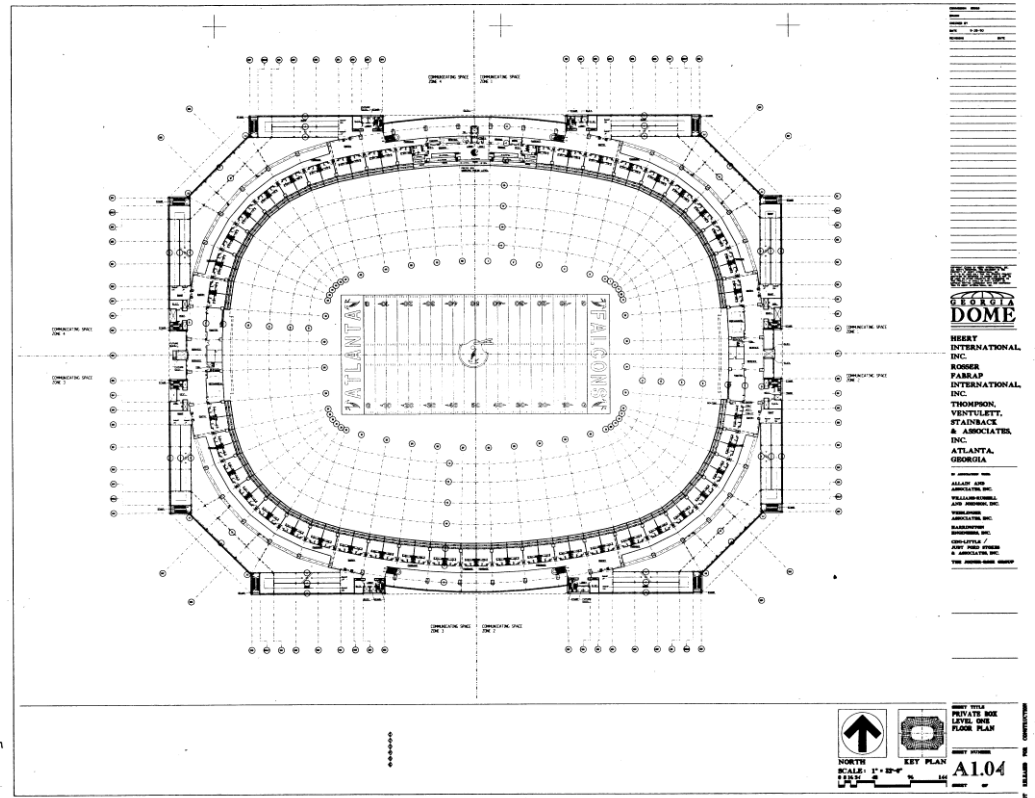


Şekil 3.1: Georgia Kubbesinin görünüşü

1992 yılında 1994 yılı olimpiyat oyunları için, Atlanta Georgia'da yapılmış olan yapıda dünyanın en büyük açıklığa sahip kablo kubbe yapısıdır. Rosser Fabrap International ve Thomson Ventulett bu yapının mimarlarıdır.⁴ Plan yerleşiminde iki tane eliptik, birbirlerine 56m uzunluğundaki makaslarla bağlanmıştır. Üç katlı betonarme yapı üzerine üçgen geometrisi kullanılarak inşa edilen çelik strüktürde kablo sistemi ile membran (Fiberglas kumaş) örtü sistemi kullanılmıştır. Konserler, futbol maçları, basketbol maçları ve jimnastik sporları için kullanılan yapının

⁴ APAK, K.; "Büyük Açıklıklı Çelik Yapı Sistemleri Ve uygulanan Örneklerin İncelenmesi", Yüksek lisans tezi, S: 83, Haziran, 2003.

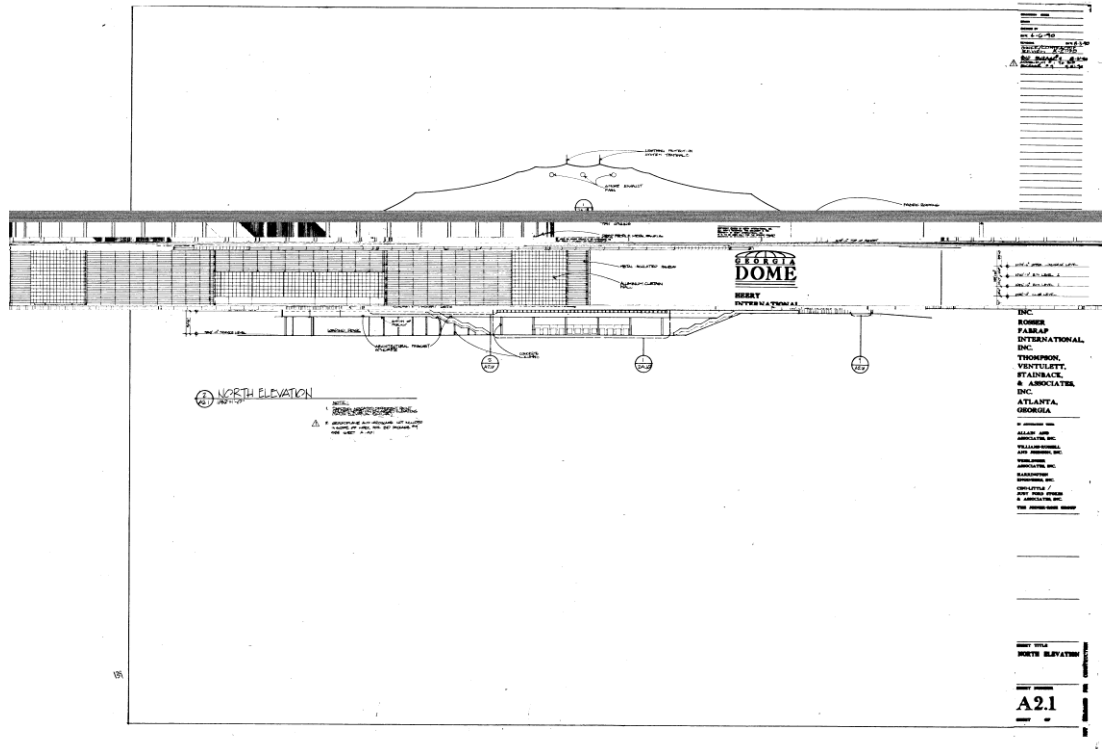
konserler için 75.000 kişilik, futbol maçları için 71,228 kişilik, basketbol maçları için ise 26.000 kişilik kapasitesi bulunmaktadır. 2006 yılında yapılan renovasyon çalışmaları sonrasında yapıda, 8 süper süit, 164 executive süit ve 4,600 kulüp süiti oluşturmak üzere, günümüz iç mimari anlayışıyla tekrar ele alınmıştır.⁵ Londra da Millennium Dome yapılıncaya kadar dünyanın en büyük kubbesi olarak bilinen Georgia Dome işlevselliği bakımından günümüzde dahi dünyanın en büyükleri arasında bulunmaktadır. 82.5m yükseklikte ve 228m uzunlukta ve 185m genişlikte olan bir alanı örten çelik strüktür, 37,200m² alanı örtecek şekilde tasarlanmış ve yapı en son 2008 yılında hızı saatte 97km hıza ulaşan rüzgârdan başarıyla direnmiştir.⁶



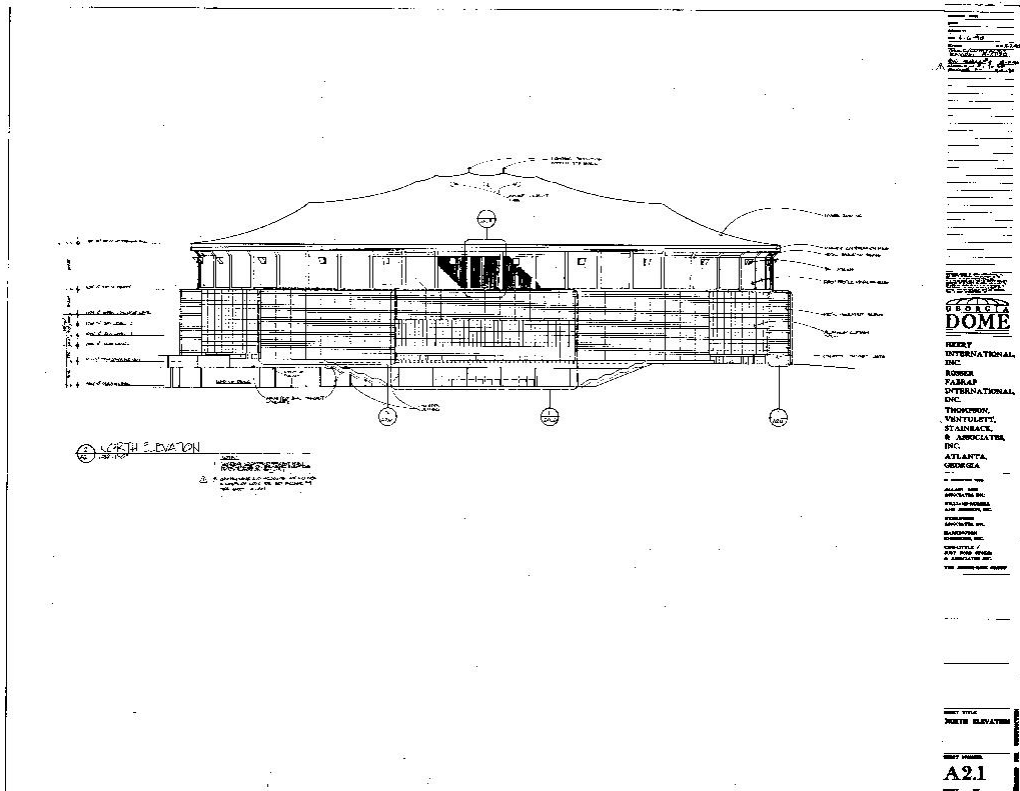
Şekil 3.2: Georgia Kubbesi 1. Kat planı

⁵ Yukarıdaki değerler <http://www.gadome.com/> (18.06.2009).

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Georgia_Dome(20.06.2009).



Şekil 3.3: Georgia Kubbesi Kuzey Cephesi Görünüşü



Şekil 3.4: Georgia Kubbesi Kuzey Cephesi Çatı Bitmiş Görünüşü

Yapının 3 kademeli tribünler toplamda 27 katlı bir yapı yüksekliğindedir. Cam cephe kaplamalı yüzeyler ile giriş-çıkış kapılarını belli etmek amaçlanmıştır. Doğu cephede kulüp giriş kapısı, güney cephede de ofis giriş kapısı konumlandırılmıştır.

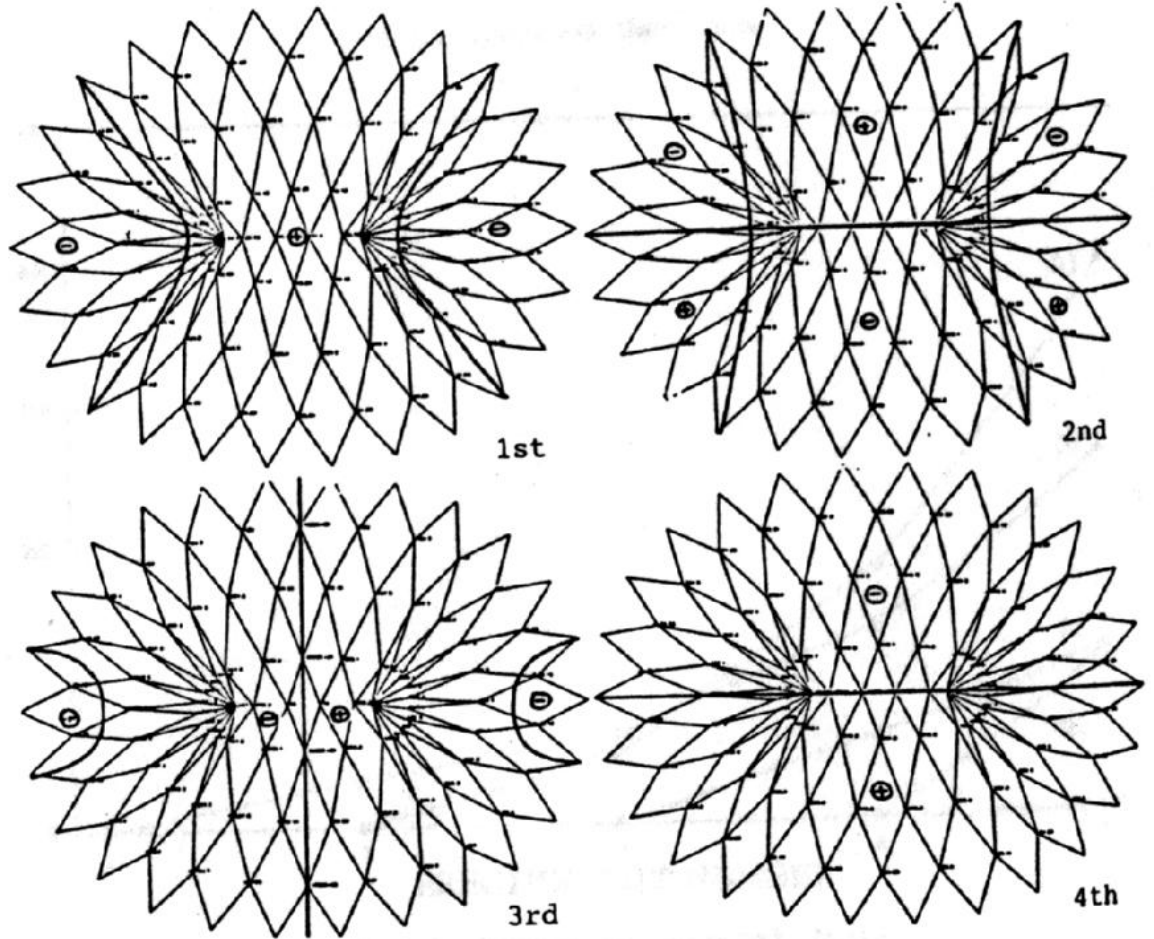


Fig 3. Vibration Modes

Şekil 3.5: Georgia Kubbesi Çatı Strüktür Katmanlarının Çizimi

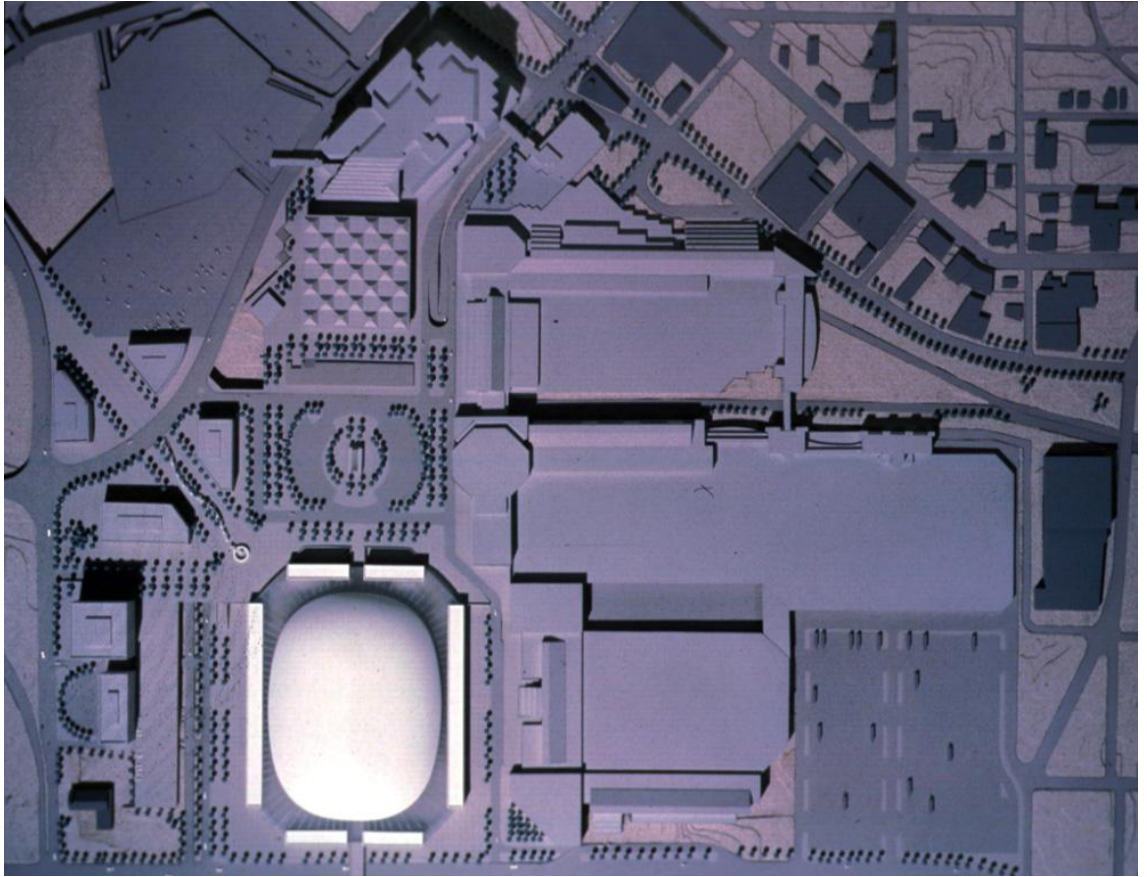
Toplam 114 parçadan oluşan çatı örtüsünün merkezinde kablo strüktür kullanılarak yerleştirilen aydınlatma konstrüksiyonu ile saha aydınlatması tamamlanmaktadır.



Şekil 3.6: Georgia Kubbesi çatı yerleşiminin inşaat hali



Şekil 3.7: Georgia Kubbesi Bitmiş iç görüntüsü

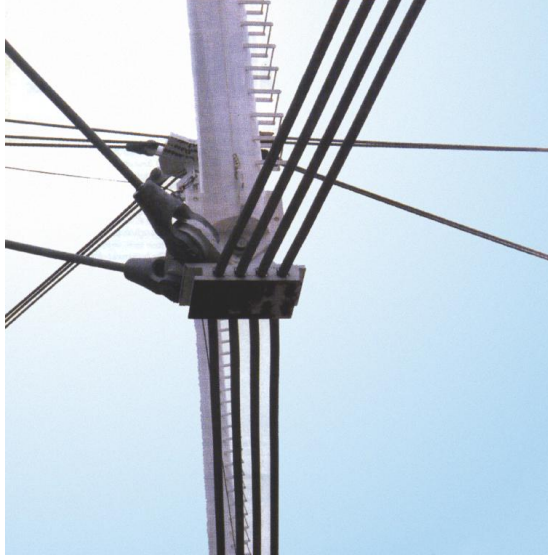


Şekil 3.8: Georgia Kubbesi Maketten Yerleşim Planı



Şekil 3.9: Georgia Kubbesi iç mekân resmi

3.2.2. Georgia Kubbesi ‘Georgia Dome’ Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı Ve Araştırılması



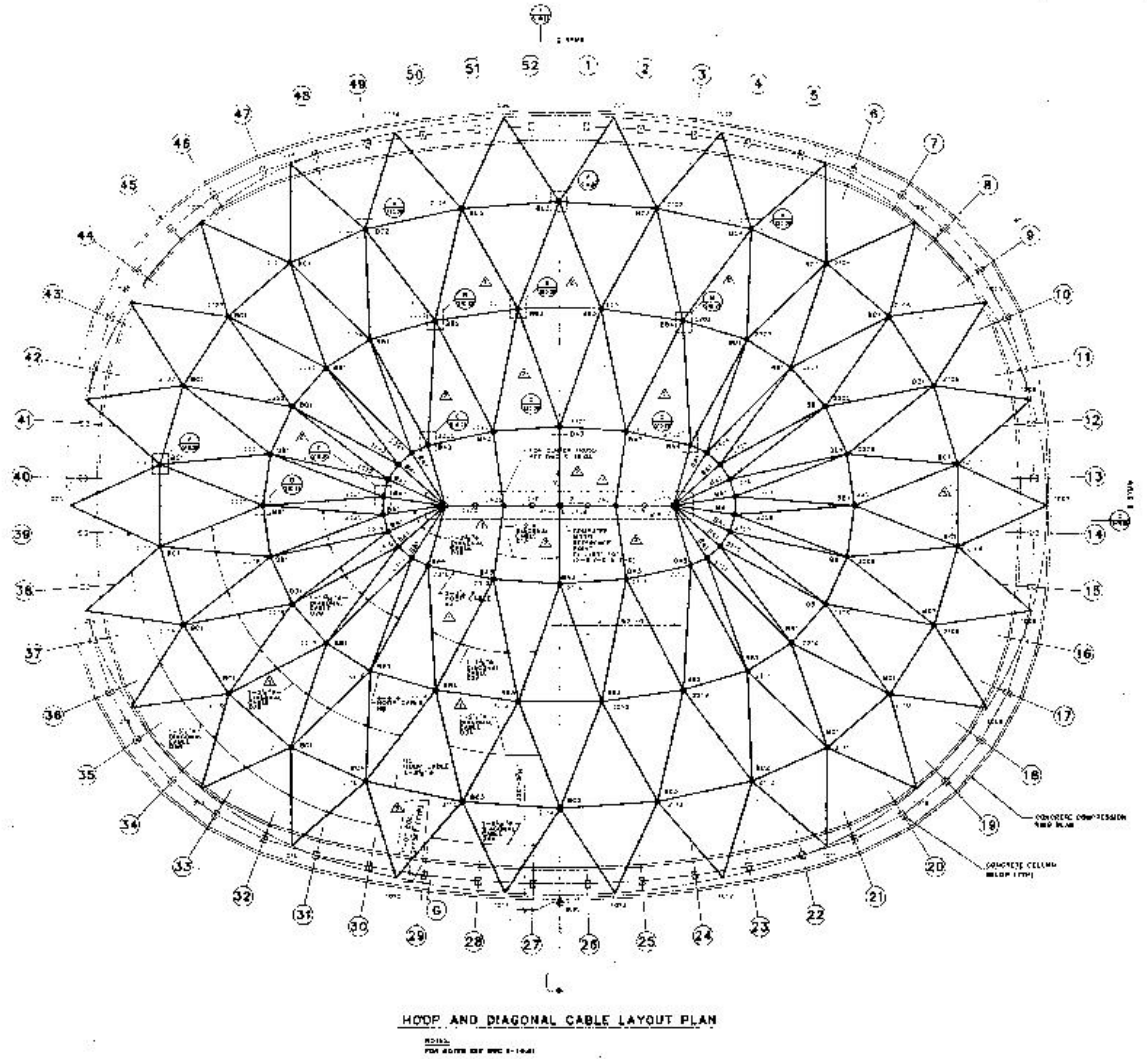
Şekil 3.10: Georgia Kubbesi Bağlantı Elemanı Detayı

Atlanta Georgia da yapılmış olan bu en büyük kablo kubbe yapının strüktür mühendisleri Weidlinger ve Ortaklarıdır. Geniş bir alanı örten bu kubbenin strüktürel sisteminde, Geiger’in tasarımından çok Buckminster Fuller’in orijinal üçgen geometrisi kullanılmıştır. Üçgen geometriye sahip strüktürel sistem, tam yuvarlak olmayan basketbol stadyumu için uygun bulunmuştur. Ayrıca bu geometrik biçim simetrik olmayan yüklerin sisteme uyumunu kolaylaştırmaktadır.

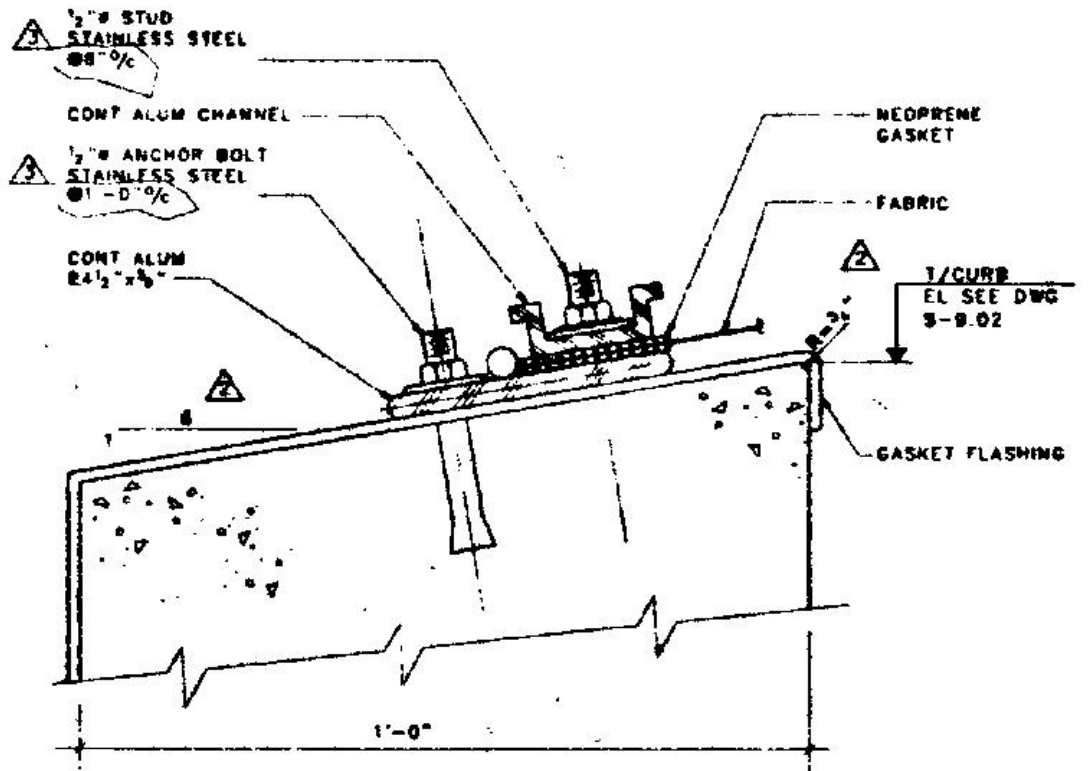
Bu avantajların yanı sıra üçgenlerden meydana gelen bu tasarım, kompleks ve birçok bitim noktasına sahip bir sistem oluşturmaktadır. Bitim noktaları altı kablonun bir noktada birleşmesinden oluşmaktadır. Bu noktalarda dikmeler kullanılmaktadır. Bu kubbeye “Hiper-Tensegrity” kubbesi denilmektedir. Çünkü bu kubbe, hiperbolik paraboloid örtü yüzeylerle, tensegrity sisteminin birleşiminden oluşmuştur. Plan yerleşiminde iki tane yarım dairesel parça, birbirlerine 56m uzunluğundaki doğrusal makaslarla bağlanmıştır. Elips şeklindeki basınç çemberi, basınç ve eğilme etkilerine karşı sistemin dengesini sağlayabilecek şekilde tasarlanmıştır.⁷

⁷ APAK, K.; “Büyük Açıklıklı Çelik Yapı Sistemleri Ve uygulanan Örneklerin İncelenmesi”, Yüksek lisans tezi, S: 83, Haziran, 2003.

3.2.3. Georgia Kubbesi'nin 'Georgia Dome' Mimari ve Strüktürel Detayları



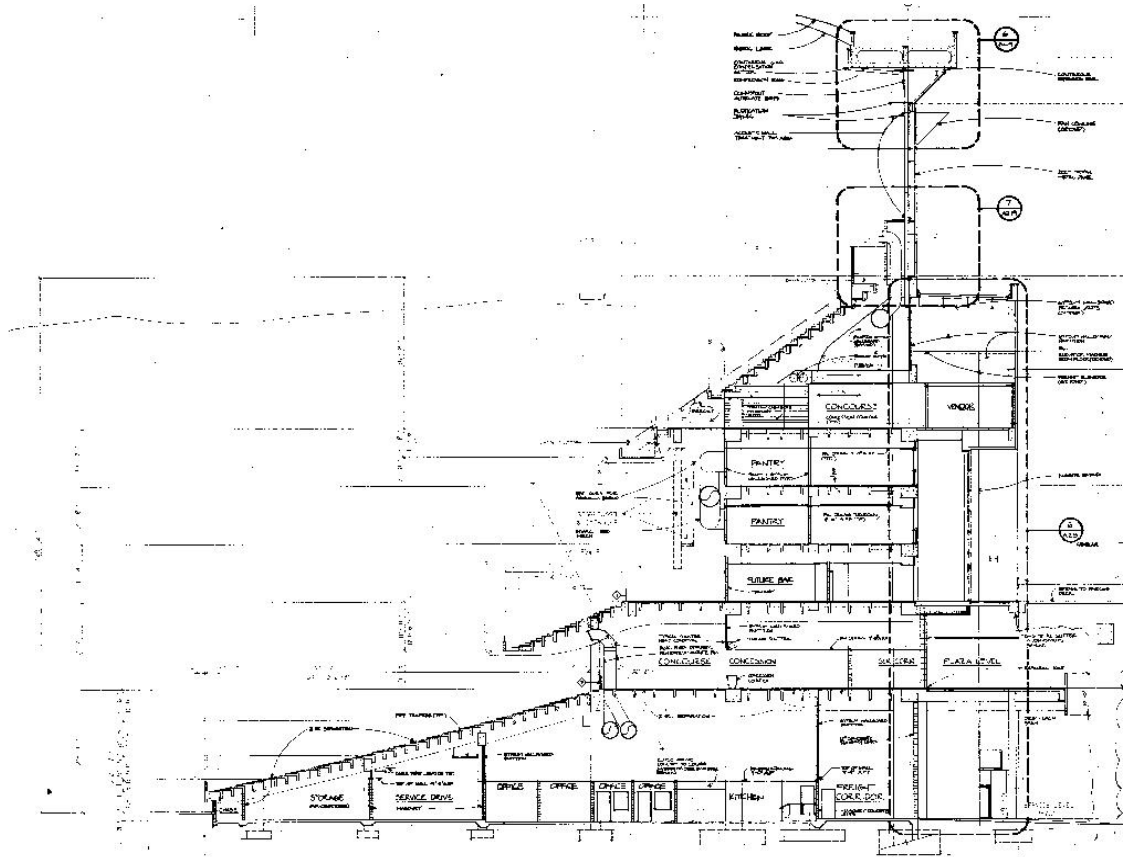
Şekil 3.11: Georgia Kubbesi çelik strüktür çatı planı



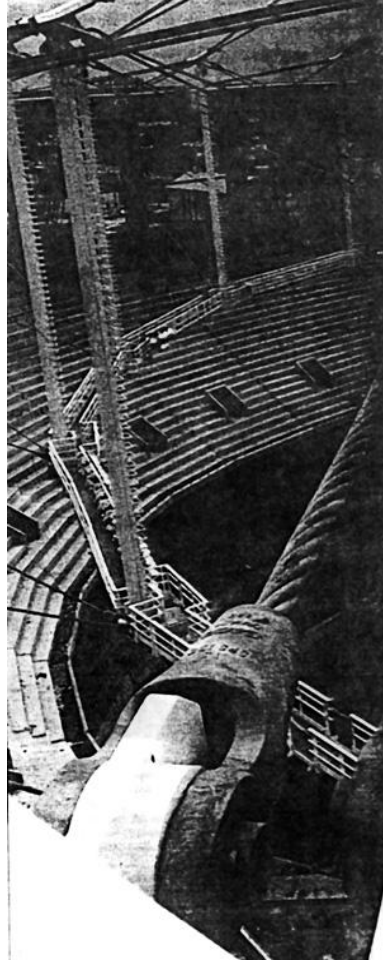
TYP FABRIC / RING BEAM ATTACHMENT

DETAIL (A)
 NTS
 (A)

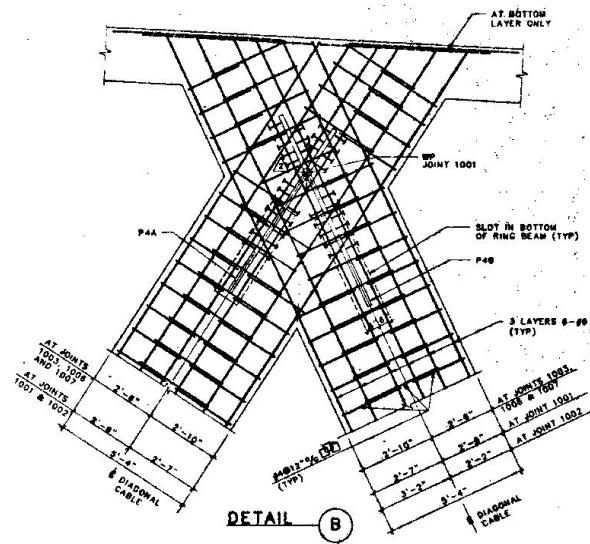
Şekil 3.12: Georgia Kubbesi Çelik Halat Betonarme ankraj bağlantı detay kesiti



Şekil 3.13: Georgia Kubbesi Genel Kesiti



Şekil 3.14: Georgia Kubbesi İnşaat halinde çekilmiş çelik halat bağlantı detay resmi



Şekil 3.15: Georgia Kubbesi betonarme ankraj detay planı

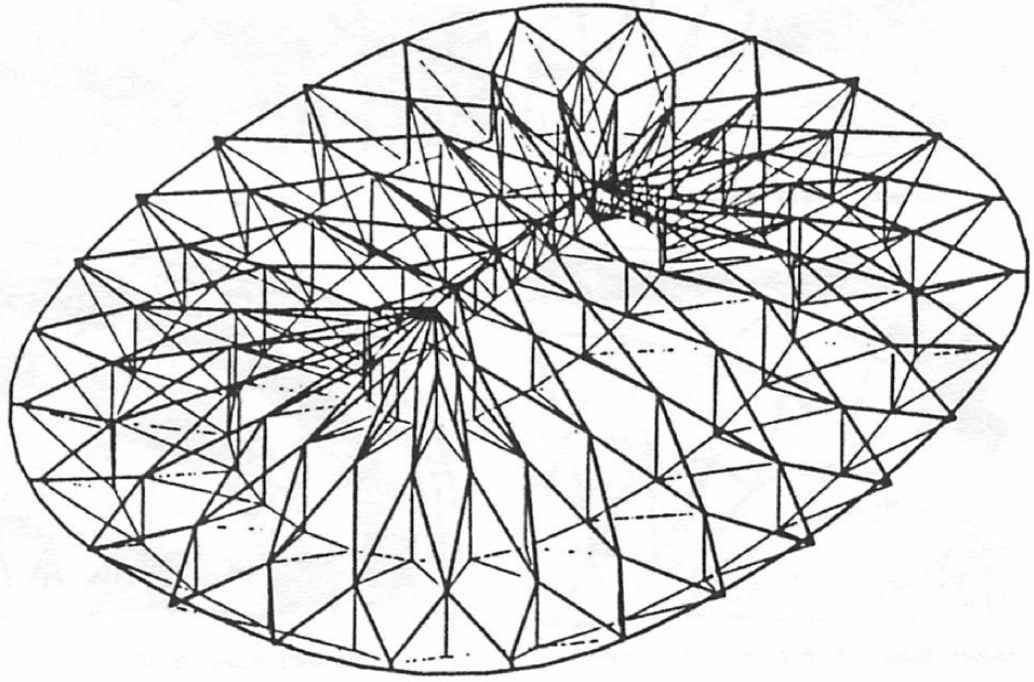
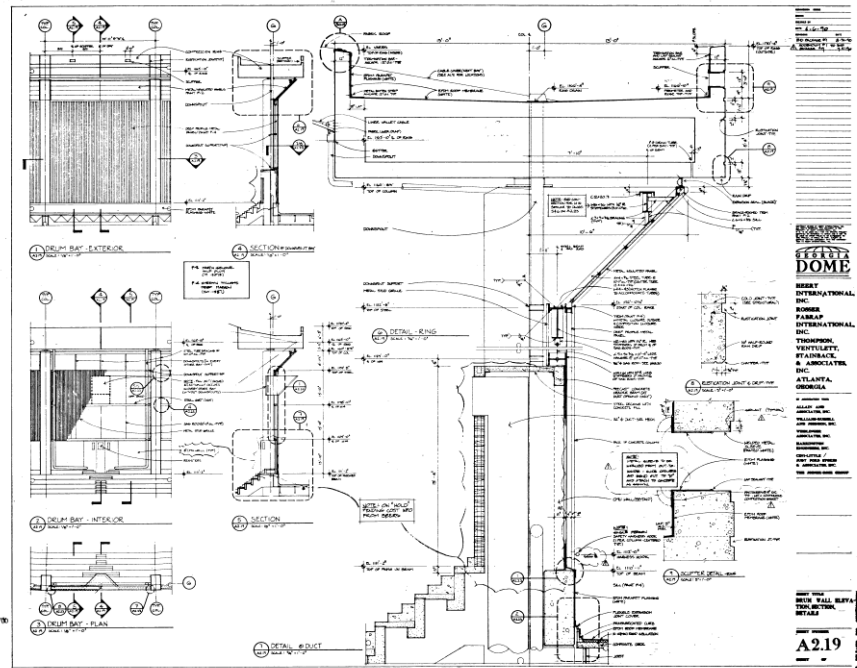


Fig 1. Hypar-Tensegrity Dome

Şekil 3.16: Georgia Kubbesi çelik strüktür çatı izometrik planı



Şekil 3.17: Georgia Kubbesi detay paftası

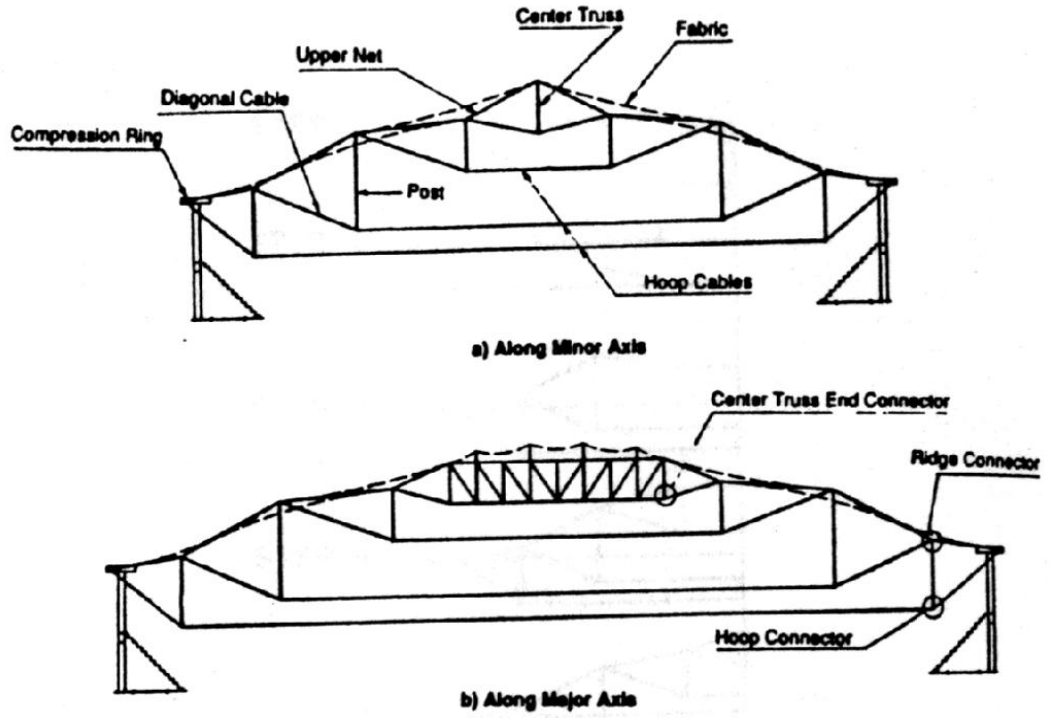
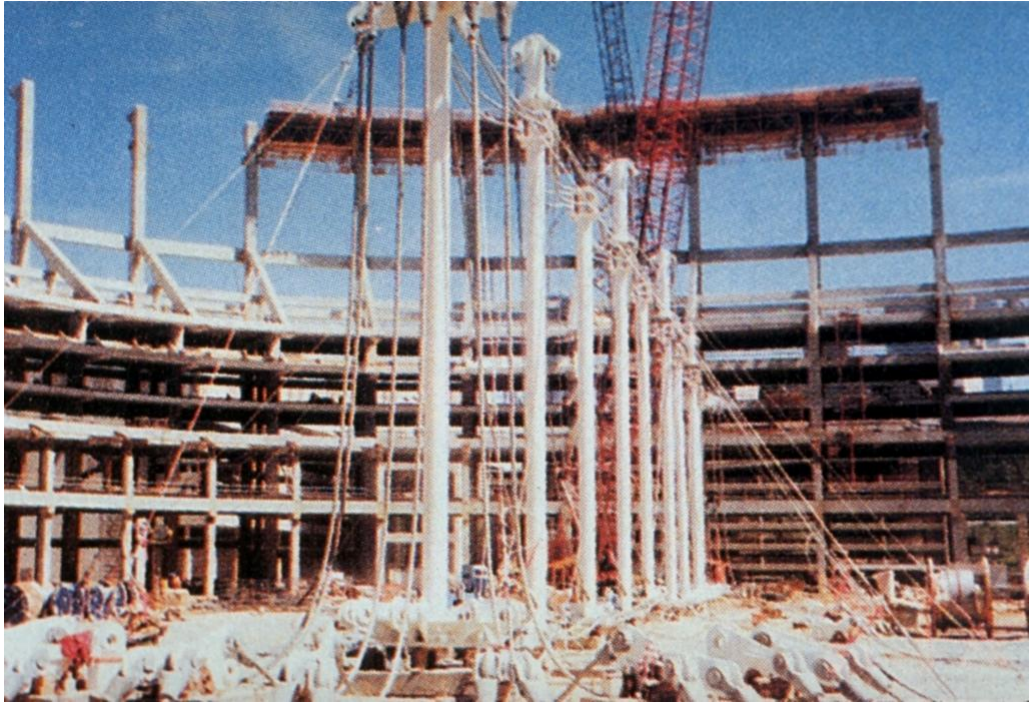


Fig 2. Sections

Şekil 3.18: Georgia Kubbesi çelik çatı kesiti



Şekil 3.19: Georgia Kubbesi İnşaat halinde çelik kolonların yerleştirmeye başlanma resmi⁸

⁸ Yukarıdaki şekiller <http://www.columbia.edu/> (25.06.2009)

3.3. Türkiye’den Büyük Açıklıklı ÇelikYapılara Örnek.

3.3.1. Bilkent Amfi Tiyatrosu Çelik Çatı Örtüsünün Mimari Yönlerinin Tanıtımı.



Şekil 3.20: Bilkent Amfi Tiyatrosu genel resmi
Antik Roma tiyatrolarından esinlenilerek, günümüzün modern yapı sistemleriyle oluşturulan bu tasarım yenilik ve çağdaşlığın gelişimini aktarmaktadır.

Betonarme yapı ve üzerini bir şemsiye gibi örten çelik strüktürün inşasını DİLEK İnşaat ve Ticaret A.Ş. üstlenirken, çelik strüktürün boyutlandırılmasıyla imalatını, MERO Systeme GmbH & Co. KG üstlenmiş, sistemde kullanılan membran örtünün montajını ise GENOTEC GmbH & Co. firması yapmıştır.



Şekil 3.21: Bilkent Amfi Tiyatrosu gösteri anında çekilmiş resim

Amfi tiyatro, başlangıçta üniversitenin açılış, diploma ve benzeri törenleri için üstü açık olarak tasarlanmış olduğundan, sonradan yapılacak örtü de, tıpkı antik Roma tiyatrolarındaki Velarium gibi, güneşe ve yağmura karşı gerektiğinde kullanılacaktı bu amaca yönelik olarak başta çatı strüktürü olarak yelpaze gibi açılıp kapatılabilen çelik makasların arasına gerilen bir membran örtüyü yarım daire şeklinde tiyatronun merkezindeki bir milin etrafında sağa ve sola doğru açılıp kapanacak olan strüktür tamamlandı. Strüktür, çatının üstü açıkken sağdaki ve soldaki üstü kapalı olan park yerlerinde gizlenip korunacaktı bu durumda dış görünüşte tiyatro binası en az etkilenecek idi. Ancak daha sonra tiyatronun fonksiyonu genişletilerek tiyatroda her tür konser ve temsil gibi gösterilere de yer verilmek istendiği için, tiyatroda akustik sağlanması, öncelikli bir tasarım kriteri haline geldi. Açılır kapanır bir örtü ile, örneğin, bir klasik müzik konserinin gerektirdiği düzeyde akustik düzenleme yapılamayacağından sabit örtülü bir strüktür arayışına gidilmiştir.



Şekil 3.22: Bilkent Amfi Tiyatrosu amfi kısmı

Mimarın istediği tiyatro binasından koparılmış, tiyatronun üzerinde neredeyse bir bulut gibi durarak gölge yapan, ancak strüktür olarak ön plana çıkmayan, dolayısıyla Antik Roma Tiyatrosu görünümünü en az etkileyecek bir örtü sistemiydi. Münih Olimpiyat Stadyumu'ndaki gibi bir membran örtü, membranları kablolar yardımıyla germek için yüksek pylonlar gerektirecekti. Sonuçta tiyatro binası çok sayıdaki bu pylonlardan çok daha alçak kalacağından görsel olarak ikinci plana itilmiş olacaktı. Bunun için önce, 1996 yılında Japonya da yapımına başlanan 220m çapındaki Nagoya Dome sisteminde olduğu gibi tek katlı, ancak iki çelik uzay kafes küre parçasının iki katlı bir çelik uzay kafes kemer ile birleştirilmesiyle oluşturulan olasıca basık bir kubbe tasarlandı. Ancak, tiyatronun duvarı üzerine tümüyle oturtulacak olan strüktür dolayısıyla yapı artık Roma açık hava tiyatrosu karakterini yitirmiş olacağından, bu öneri bu defa mimar tarafından kabul görmemiştir.

Sonuçta mimar, düşünce olarak yapımına karar verilen membran strüktüre yol açan, “tiyatrodan olasıca koparılmış yarım şemsiye” imajını önerdi. Bu şekilde 1996 yılında başlayan arayış 2 yıl sonra bir sonuca varmış oluyordu. Bu iki yıl boyunca ise tiyatronun betonarme kısmı tamamlanmış ve travertenleri bile kaplamıştı.



Şekil 3.23: Bilkent Amfi Tiyatrosu akşam görüntüsü

Yapının ön cephesinde, betonarme kısım ile çatı arasında kalan boşluk, çatı strüktürü tarafından taşınan, rüzgar engelleyici fonksiyon sağlayan camlarla kaplanmış bir kablo ağı istemiyle saydamlık algılaması ve çatının havada durma hissi ön cephede de sağlanmıştır.⁹

Bilkent Odeon olarak adlandırılan yapı, Odeon ismini Antik Yunan'da konserler verilen şiirler okunan, oyunlar oynanan, genellikle dikdörtgen biçiminde üzeri kapalı yapı anlamından almaktadır.

Üniversitenin eğitim ve sanat etkinliklerini, ayrıca Ankara'da düzenlenecek çeşitli gösterilere ev sahipliği yaparak, üniversite-kent birlikteliğini pekiştirmek amacıyla inşa edilen ODEON; klasik Roma amfisi geometrisinde yaklaşık 4000 izleyiciye hizmet edecek biçimde tasarlanmış.

⁹ MÜNGAN , Mayıs 2003. Bilkent Üniversitesi Amfi Tiyatrosu'nu Örtten Çelik Strüktür Ve Türkiye'de Çelik Yapıların Geleceği.ÇELİK YAPILAR,



Şekil 3.24: Bilkent Amfi Tiyatrosu mezuniyet kutlama görüntüsü

Yapı, 1100 araba kapasiteli otoparkıyla, 1999 yılından itibaren başta diploma törenleri olmak üzere üniversitenin pek çok etkinliğinin yanı sıra, yerli ve yabancı sanatçıların konserlerinde perdelerini açmıştır.¹⁰

3.3.2. Bilkent Amfi Tiyatrosu Çelik Çatı Örtüsünün Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı

ÇELİK STRÜKTÜR

“Vadinin yamacına doğal zemin ile kısmen aynı kotta olacak şekilde gömülen betonarme yapının üstünü örten membranı taşıyan çelik strüktür düzeyde tiyatronun içine doğru 15 derecelik meyilli bir ana kemer ile bu kemere moment aktaracak şekilde altta ve üstte bağlanmış 6 ikincil kemerden oluşmaktadır. Mimar, strüktürü tiyatro binasından kopartmak istediğinden, ana kemerin mesnetleri binanın dışında seçildi. Bu şekilde aşılması gereken açıklık büyüdü ve 118m oldu. MERO sisteminde küresel düğüm noktalarına vidalanan daire kesitli çelik borularla oluşturulan bu uzay

¹⁰ <http://www.bilkent.edu.tr/bilkent-tr/services/odeon/index.html> (05.07.2009).

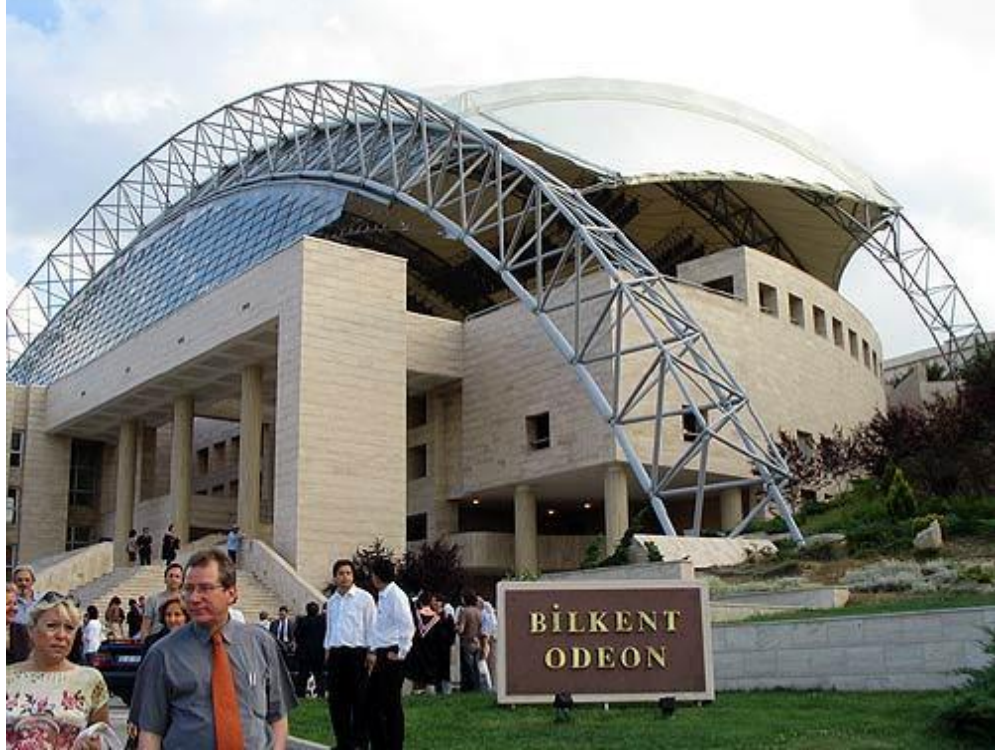
kafes kemerin kesiti tepesi aşağıda ters bir üçgendir. Anahtar kesitinde, üçgen kesitin yüksekliği 4,5 m ve genişliği 3,5 m olup bu boyutlar mesnetlere doğru azalarak sırasıyla 3 m ve 2,3 m olmakta, kemer temellerine bir noktada, sabit mafsallı olarak oturmaktadır. Ana kemer St 37 ve kısmen de St 52 kalitesinde imal edilmiş çubukların en kalını 300mm çapında olup 350 mm' ye varan çaptaki düğüm noktası kürelerine 90mm çapında yüksek dayanımlı çelik bulonlarla bağlanmıştır.



Şekil 3.25: Bilkent Amfi Tiyatrosu akşam görüntüsü

İkincil kemerler de üçgen kesitli, ancak içlerinde membran bakımı amacıyla yürünebilmesi için, bu defa tepeleri yukarıda olan, iki düzlemde eğrisel uzay kafes sistemindedirler. Ortadaki dört kemer düşey yükleri tiyatro binasının arka galerisinin iç duvarına, yatay kuvvetleri ise, aksenal yük aktaran V şeklindeki iki yatay elemanla, galerinin aynı zamanda bir istinat duvarı vazifesi de gören dış duvarına aktarmaktadırlar. Uçlardaki ikincil kemerler ise, ana kemer gibi, sabit mafsallı olarak binanın dışındaki tekil temellere oturaktadırlar. Bu şekilde çelik strüktürün her bir mesnedi farklı kotta zemine oturmakta ve mimarın isteği doğrultusunda, çelik strüktür her noktada binadan ayrılmış olarak algılanmaktadır. Çelik strüktür ve membranın toplam ağırlığı yaklaşık $0,30\text{kN/m}^2$ ile rüzgar kuvvetinden çok daha az olduğundan, tiyatronun içine giren rüzgarın kaldırması nedeniyle temellerin hepsinde bu yük durumunda çekme kuvvetleri oluşmaktadır. Bu nedenle, bu kuvvetlerin karşılanması için tekil temeller enjeksiyon kazıkları yardımıyla zemine ankre edildi. Çekmeye maruz enjeksiyon kazıklarında çekme gerilmesi altında ankraj çubuğunu

saran enjeksiyon malzemesi çatlayacağından, görevleri kalıcı olan ankraj çubuklarının DIN 4125, sayfa 2' ye göre korozyona karşı korunması gerekti.



Şekil 3.26: Bilkent Amfi Tiyatrosu ön görüntüsü

Çelik strüktürün statik hesapları ve elemanlarının imalatı çelik uzay kafes strüktürlerinin uluslararası düzeyde öncülerinden biri olan Alman MERO firması tarafından gerçekleştirildi. MERO firmasının, bilgisayarla tasarım programı strüktürün geometrisinden başlayarak çubuk ve düğüm noktası kürelerinin boyutlarını hesaplamaktadır. Ayrıca konstrüksiyon çizimlerini ve eleman listelerini de üretmektedir. Ekonomik bir çözüm için düşeye göre eğik duran 118m açıklıklı ana kemerin yüksekliğinin ve genişliğinin optimasyonu gerekiyordu. Yapılan çok sayıda analizden sonra yukarıda belirtilen boyutların en uygun olduğu saptanmıştır.¹¹

¹¹ MÜNGAN, (Mayıs 2003). Bilkent Üniversitesi Amfi Tiyatrosu'nu Örtten Çelik Strüktür Ve Türkiye'de Çelik Yapıların Geleceği. ÇELİK YAPILAR.

MEMBRAN ÖRTÜ VE CAM CEPHE;

4000 m²'lik üstü membran örtülü alan, Ayasoyfa merkez kubbe ve yarım kubbeler yardımıyla kolonsuz olarak üstü kapatılan dikdörtgen mekanın yaklaşık 2,5 katıdır. Tiyatronun örtüsü, kenarları boyunca uzanan çelik kablolar yardımıyla, çelik ana kemer ile 6 ikincil kemer arasına, gerilen 7 membran parçasından oluşturuldu. Kullanılan membranın dokusu 1 metrede atkî/çözgü doğrultusunda 1400'er poliester lif içermektedir ve dokunun her iki yüzü ultraviyole ışınlarına dayanıklı, kolay kirlenmeyen PVC ile kaplanmıştır. Membranın DIN 53363'e göre çekme dayanımı atkî/çözgü doğrultularında 196/166 kN/m² değerindedir. Yedi parçanın her biri, çözgü doğrultusunda 6kN/m ve atkî doğrultusunda 3kN/m germe uygulanıp son konumuna getirildiğinde Gauss Eğriliği negatif olan, eğer şeklinde ve öngörülen geometriyi sağlayan antiklastik yüzeyi oluşturmak üzere, hesaplara göre daha küçük kesilmiş olan membran şeritlerinin birbirlerine önceden imalathanede yüksek frekans kaynağı ile birleştirilmesiyle oluşturuldu. Öngermenin uygulanabilmesi için her parçanın 4 kenarı boyunca kablolar yerleştirildi. Kabloların belli noktalarda kemerin düğüm noktalarına bağlanıp gerilebilmesi için gerekli olan bağlantı elemanları membran parçalarının fabrikada imali sırasında hazırlanmıştır.

Ana kemer ile tiyatro binası arasında kalan, ortada yaklaşık 12m yüksekliğindeki boşluk, çekme dayanımı 1770 N/mm² olan tellerden imal edilmiş kabloların oluşturduğu, öngerme uygulanmış bir kablo ağı ve buna monte edilmiş 610 cam ve 84 pleksiglass pano yardımıyla kısmen kapatıldı. Ana kemer ile tiyatro binası arasındaki bu kablo ağının öngermesi kablo ağının binanın iki betonarme perdesinde oluşturulan iki mesnet noktası yardımıyla sağlandı. Kablo ağının rüzgâr yükü altında yatay deplasmanlarını sınırlamak için her kablodaki 10kN öngerme oluşturuldu. Bu kuvveti sağlamak için betonarme perdelerle bağlanan ana kabloları 300kN çekme uygulandı. Yatay ve düşey kablolar üst tarafta ana kemere altta ise iki mesnet noktasına bağlanmış olan kenar kabloları bağlanmaktadır. Yatay ve düşey kabloların kesiştiği noktalarda kelepçeler yardımıyla düğüm noktaları oluşturuldu. Cam ve pleksiglas panoların, kablo ağının 80cm'ye varan maksimum yatay deplasmanı altında, yerlerinden çıkmamaları için özel bir tespit sistemi geliştirildi ve gerekli

formdaki özel etriyeler imal edildimışdi.¹¹

3.3.3. Bilkent Amfi Tiyatrosu Çelik Çatı Örtüsünün Mimari Ve Strüktürel Detaylar Yönünden İncelenmesi Ve Değerlendirilmeler

Membran yapıların en önemli yükleri 0,015kN/m² civarında olan kendi öz ağırlığından çok daha büyük bir değerde olan kar ve rüzgar yüküdür. Rüzgar yüklerinin dağılımını hesaplamak için gereken katsayılar, yapının ve çevresinin 1/200 ölçekli bir modeli üzerinde 15m boyundaki bir rüzgar tüneline, değişik rüzgar yönleri için yapılan deneylere göre saptanmış. Bunun için modelin üzerinde 100 noktaya 1mm çapında hassas basınç ölçerler yerleştirilmiş. Membran ve çelik strüktür için rüzgar basıncı 1,1kN/m² olarak alınırken cephede düzenlenen öngermeli kablo ağı, cam kaplama ve bu kaplamanın bağlantıları için rüzgar basıncı 1,65kN/m², rüzgarın emme kuvveti - 1,35kN/m², kar yükü ise bütün çatı için 0,80kN/m² alınmıştır.

Strüktür analizi hem yük katsayıları 1,0 alınarak, yani kullanım yükleri için, hem de DIN 18800'e göre taşıma gücü yöntemine göre yapıldı. Bu son durum için katsayılar öngerme yükü için 1,0 ve özağırlık için 1,35 değerine düşürüldü. Öngerme uygulanmış membran, çelik kafes kemerler ve cephedeki öngerme uygulanmış kablo ağı hepsi birlikte çözümlenmiştir. bu zorlamanın etkisinde strüktürün geometrisinin belirlenmesi, formun yeniden ayarlanması ve optimal formun bulunması, nonlinear dinamik relaksasyon yöntemi kullanılarak ve bu problem için hazırlanmış bir bilgisayar programı yardımıyla iteratif olarak gerçekleştirildi. Membrana uygulanan öngermenin derecesi membranın rijitliğini belirler ve rüzgarın oluşturduğu emme etkisinin membran tarafından büyük deformasyonlar olmadan karşılanmasını sağlar. En büyük membran gerilmeleri kar yükü altında ve membranın konkav olan asal eğrileri doğrultusunda olduğundan membran şeritlerinde mukavemeti daha yüksek olan atkı doğrultusu konkav olacak şekilde seçilmiştir. Çözümlemede kullanılan sonlu eleman programında çubuk ve kablo elemanların yanısıra membran için üçgen elemanlar kullanılmıştır. Programda membran elemanların atkı ve çözgü doğrultuları

¹¹ MUNGAN (Mayıs 2003). Bilkent Üniversitesi Amfi Tiyatrosu'nu Örtün Çelik Strüktür Ve Türkiye'de Çelik Yapıların Geleceği. ÇELİK YAPILAR.

için farklı olan mekanik özellikleri göz önünde bulundurulmuştur.

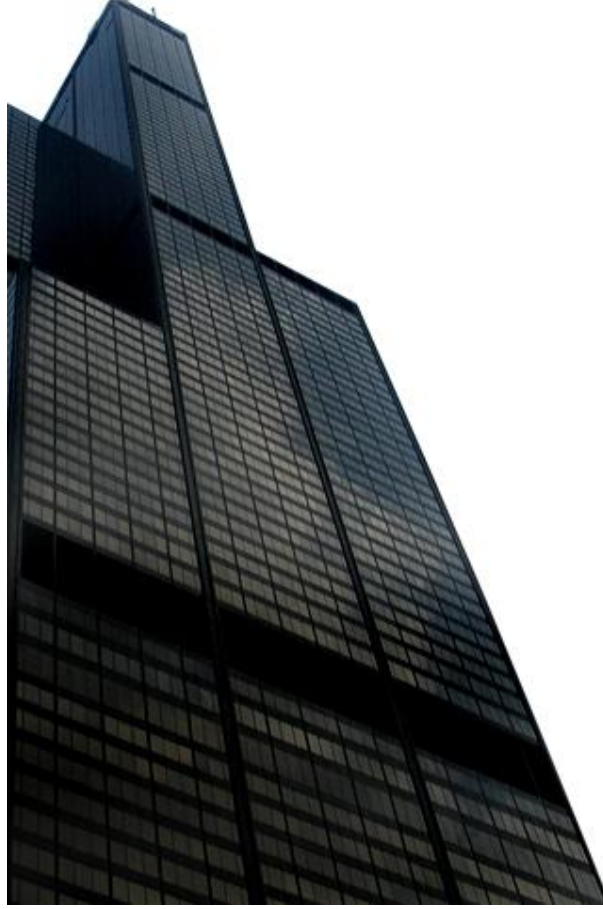
Çelik ana kemerin 32m boyunda ve 30t ağırlığındaki orta parçası ile yerde imal edilip, 200 tonluk 2 vinç yardımıyla yerine monte edilmiş, ikinci aşamada ortadaki iki ikincil kemerler parçalar halinde ana kemere monte edilmişlerdir. Cephe camları ana kemere montaj edilirken kablolar ve ara parçalar kullanılmış, alt kenar kabloları yatay ve düşey kablolarla birleştirilerek tiyatro binasının betonarme duvarına bağlanan iki kablo gerilerek öngerme uygulamıştır. Cam panoların montajı yukarıdan aşağı doğru gerçekleştirilmiştir. Membran parçaları ise orta açıklıktan başlayarak yerden yukarı doğru yükseltilmiş her parçası önce ikincil kemerlerin düğüm noktalarına ardından ana kemerin düğüm noktalarına bağlanmıştır nihayetinde arka kenar kablosu bağlanarak öngerme uygulanmış ve membranların birleşim yerlerine mahyalar boyunca üstten membran parçaları kaynatılarak su izolasyonu sağlanmıştır.

En son olarak akustik ve ışıklandırma için gerekli olan her biri 18m boyunda ve 6m genişliğinde olan 9 uzay kafes köprü tiyatronun içinde yerde monte edilmiş ve yukarı çekilerek ikincil kemerin alt düğüm noktalarına bağlanmıştır.

Sonuç olarak 6 ay gibi kısa bir sürede strüktür montajı hiçbir aksaklık çıkmadan bitmiştir.

3.4. Dünyadan Yüksek Yapılara Örnek

3.4.1. Sears Tower Projesinin Mimari Yönlerinin Tanıtımı



Şekil 3.27: Sears Tower

Chicago'da 1974 de yapımına başlanan ve 1998 yılında Malezya'da Petronas yapıları bitinceye kadar dünyanın en yüksek yapısı unvanını sahip olan ve halen dünyanın 3. En yüksek gökdeleni olan Sears Tower 1976 senesinde tamamlanmış 110 katlı çelik strüktürlü bir binadır.¹² Mimarisi dünyaca ünlü S.O.M firmasına ait olan yapı, katlar yükseldikçe kademeli olarak azalan alanlara sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.28: Sears Tower

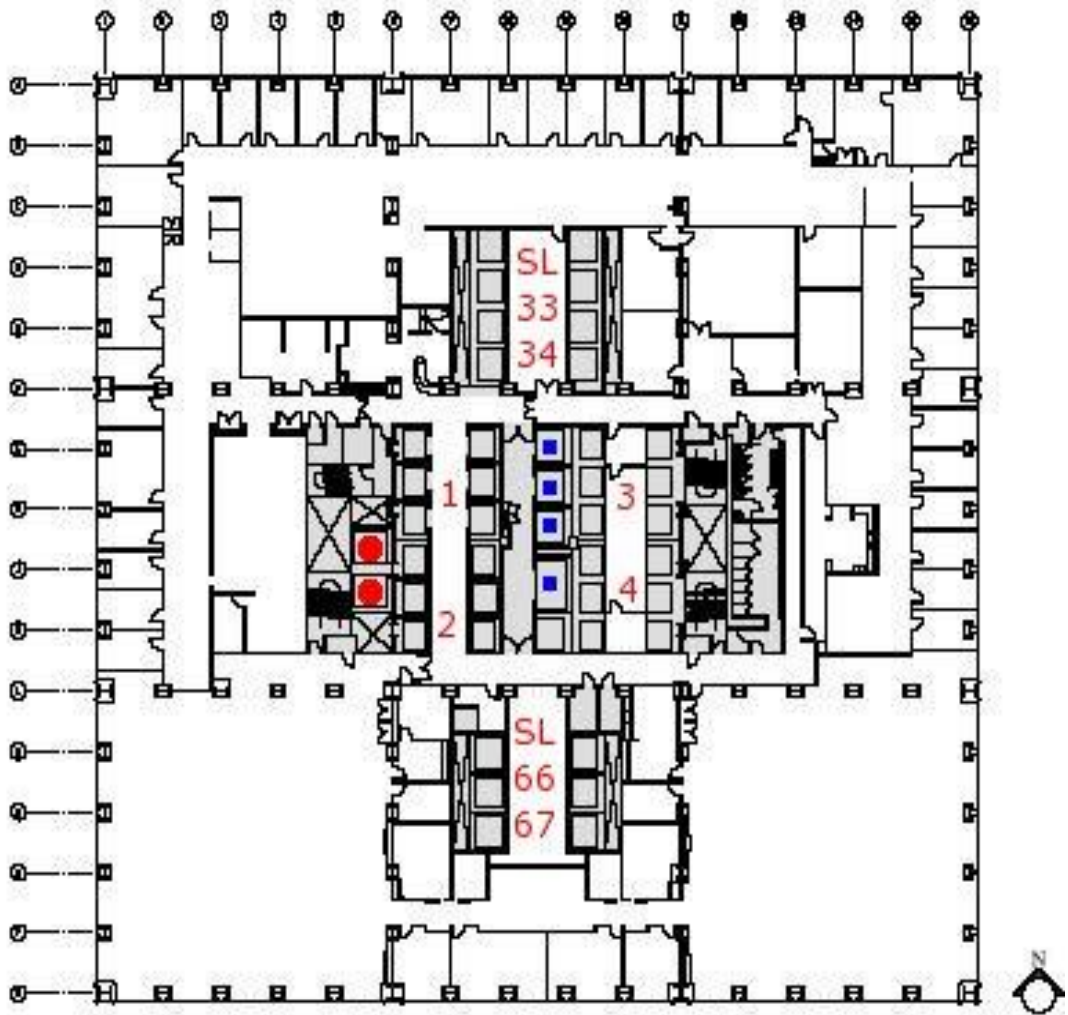
Yüksekliği 443,5 m olan yapı tepedeki anten sayesinde 527m yüksekliğe ulaşmaktadır. Cephesi, siyah renk alüminyum cephe elemanları ve toplam 16.100 adet cam monte edilmiş şekilde tasarlanmış yatay çizgilerden oluşmuş modern bir tasarımdır. Cephe 5 adet cephe temizleme makinesi ile temizlenmektedir. Yapıda 50.000 otomobil yapılacak kadar çelik harcanmıştır. Yapı bulutsuz bir günde çevresindeki dört ayrı eyaletten görülebilmektedir.¹³

¹² <http://www.greatbuildings.com/>

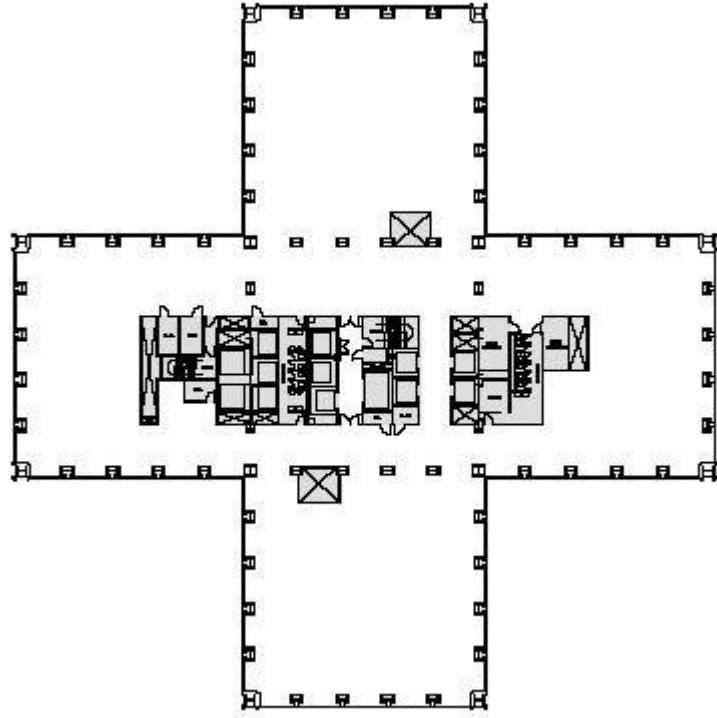
Zemin kat cephesi 68,6m x 68,6m 9 ayrı modülden oluşmaktadır bu modüllerden her biri 22,9m x22,9m dir. Kolon aralıkları 4,57m olan bina yükseldikçe azalan kullanım alanı tasarımı sayesinde farklı planlama olanağı sağlamaktadır.

Her blok için ayrı çalışan asansör grupları sayesinde, katlar arası yol almak belli bir programlama sayesinde sorunsuz ilerlemektedir.

x ve y eksenleri yönünde 16 şar adet bulunan kolonlar, bina yükseldikçe periyodik olarak azalmaktadır.



Şekil 3.29: Sears Tower Şematik Plan



Şekil 3.30: Sears Tower 63. kat planı



Şekil 3.31: Sears Tower genel görünüş

İç mekanında mimari tasarımdaki modern çizgileri taşımaktadır. Lobby de kullanılan bronz renkli kaplama ve tavadaki aydınlatma tasarımına kadar modern çizgiler tasarlanmış.



Şekil 3.32: Sears Tower lobby görünüş



Şekil 3.33: Sears Tower lobby danışma görünüş

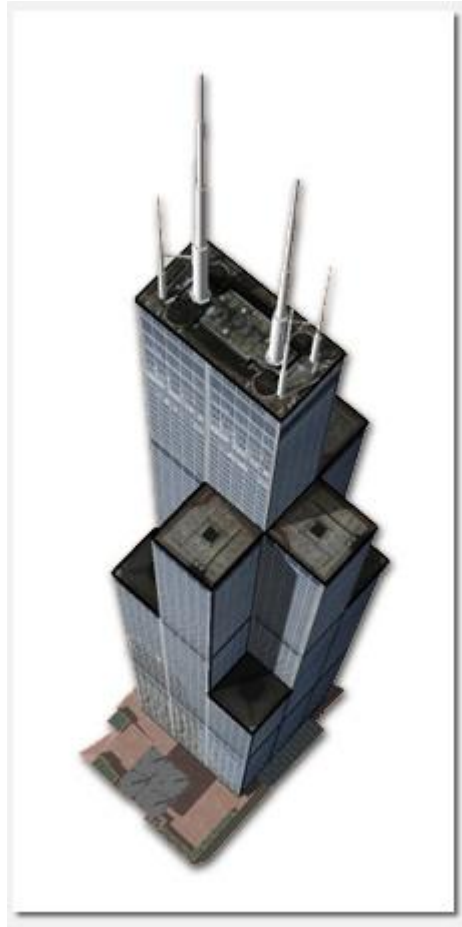


Şekil 3.34: Sears Tower lobby danışma görünüş

Sears Tower'ın 110. Katının üstüne inşa edilmiş anteni özel günlerde çeşitli renkte ışıklarla aydınlatılarak günün anlamına değinmekte ve şehre hatırlatmaktadır.

March	St. Patrick's Day	Green
May	Mother's Day	Pink
July	4th of July	Red and Blue
October	Halloween	Orange
December	Holidays	Red & Green

Tablo 3.1: Sears Tower antenin özel günlere göre aydınlatma renklerinin anlamları



Şekil 3.35: Sears Tower anten tasarımı

3.4.2. Sears Tower Projesinin Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı

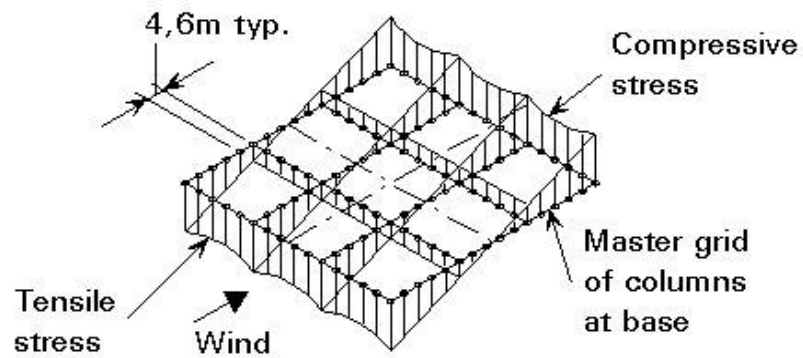
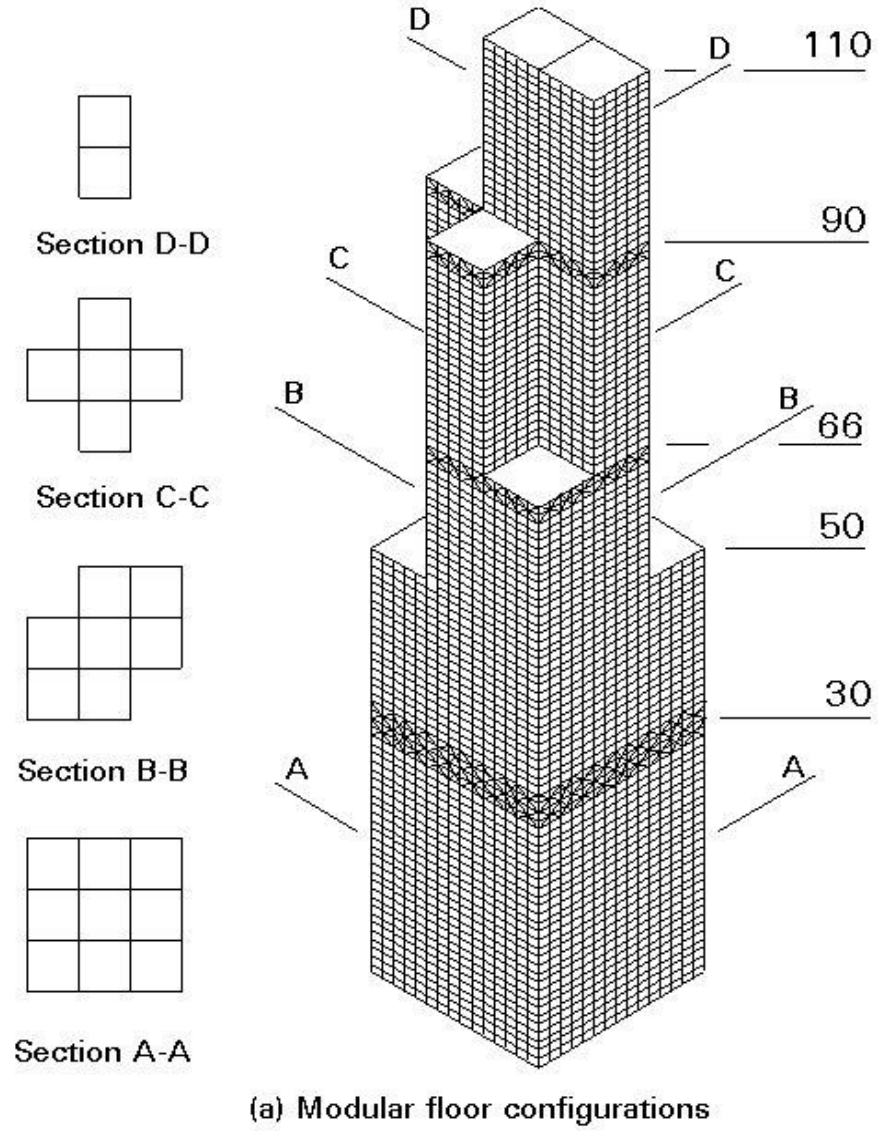


Figure 10 Sears Tower, Chicago, Illinois
Şekil 3.36: Sears Tower strüktür ve kat dağılım şeması

Binanın strüktürü dokuz adet kare tüpten oluşan demet tüp sistemlerinin en iyi örneklerinden biridir. Bu tüpler kuleleri birbirinden ayırır ve aynı zamanda da bir arada tutar. Tüpler farklı yükseklikleri nedeniyle binanın mimari kimliğini oluştururlar.



Şekil 3.37: Sears Tower ın bulutların üstünden resmi

Bu binadaki strüktürel davranış çeşitli şekillerde düzenlenmiş kare modüllerle sağlanmıştır. Kare modüllerdeki iç kolonlar orta noktalarında kesme kuvvetini alarak kesme kayması etkisini minimize eder. Strüktür bu kuvvetlere tüm birimleriyle karşı koyarak tek bir konsol kiriş gibi davranır ve yanal kuvvetlere karşı büyük bir mukavemet sağlar.

Sears Tower' ın tüp düzenlenmesi şöyledir; zemin katta 3 x 3 şeklinde bir matris düzenlenmesi ile yükselen binanın iki köşegen tüpleri 50. Katta kesilmiş, 66. Katta iki tanesi daha kesilmiştir. 66 ve 90. Katlar arasında 5 tüp devam eder. 90. Katta ise 3 tüp daha biter ve son 2 tüp 110. Katta kadar devam eder. Bu tip tasarım katlarda

değişik plan formları ortaya çıkartmış, üst katlarda bina kütesinin kesilmesi deprem ve diğer rüzgâr yüklerine karşı önemli bir avantaj sağlamıştır.¹⁴

3.4.3. Sears Tower Projesinin Mimari Ve Strüktürel Detaylar Yönünden İncelenmesi Ve Değerlendirilmeler

Demet tüp sisteminde tüpler birbirleri ile ilişkili olarak bir arada düzenlenmiştir. Bu tüpler ortak yüzeylerinden birbirlerine bağlanarak rijitlikleri pekiştirilmektedir. Modüler tüp olarak ta adlandırılan bu sistemlerin, diğer tüp sistemlerinden farklı olarak eğilmeye karşı gösterdikleri yüksek dayanım yapının en büyük özelliğidir. Sears tower Chicago da yılda ortalama 16 mil/saat hızla de esen rüzgarlara esneklik özelliği ile karşı koyabilmektedir ki en üst katta 30cm'e varan yatay hareketler oluşmaktadır.

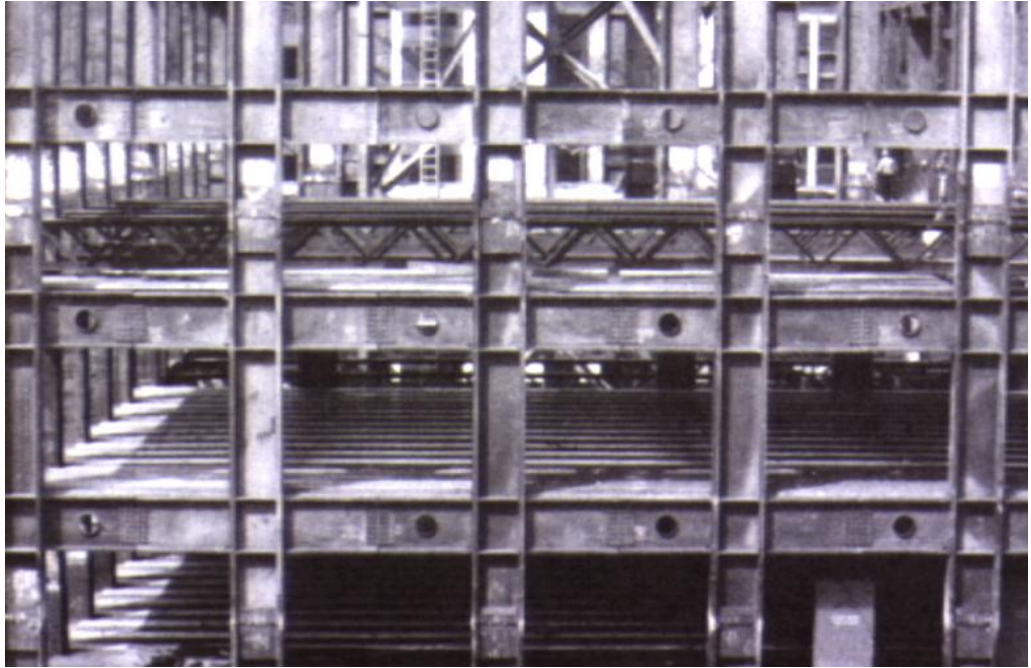


Şekil 3.38: Sears Tower 'ın cephe kaplaması yapılırken resmi

¹⁴ UÇAR, M.D.: "Türkiye'de Çelik Taşıyıcı Sistemli Binaların Detaylandırma Açısından İncelenmesi", Lisans Üstü Tezi, Haziran,1998.



Şekil 3.39: Sears Tower'ın cephe inşaat halindeki resmi



Şekil 3.40: Sears Tower'ın strüktür resmi

3.5. Türkiye’den Yüksek Yapılara Örnek

3.5.1. Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binası Projesinin Mimari Yönlerinin Tanıtımı



Şekil 3.41: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının genel resmi

Milli Reasürans T.A.Ş. tarafından açılan sınırlı mimari proje yarışmasında birincilik ödülüne layık görülen Çok Katlı Otomatik Otopark Binası rasyonel, hafif ve çevreye saygılı bir yapı olarak tasarlanmıştır. Büyükdere Caddesi üzerinde yoğun olarak iş merkezlerinin ve çarşı binalarının yer alması ve buradaki trafiğin yoğunluğu nedeniyle otopark binası bu bölgede büyük bir ihtiyaca karşılık vermektedir. 612 araç kapasitesi olan bina, 2 giriş katına ilave olarak, 14 araç katı ve 3 adet bodrum kattan oluşmaktadır.¹⁵

¹⁵ MARULYALI. (Mayıs 2003). Tamamı Çelik Çok Katlı Otomatik Otopark. ,ÇELİK YAPILAR.

Mimarisi Yaşar Marulyalı ve Levent Aksüt mimarlığa ait olan UMO mimarlık tarafından gerçekleştirilmiştir. Toplam 21 adet kattan oluşan yapının tüm taşıyıcı elemanları fabrikada üretilerek şantiye ortamında bulunlarla birleştirilerek yapılmıştır. Aracın park etme süresi bir dakika gibi çok kısa bir sürede gerçekleşmektedir.

Cephedeki cam ve metal kaplama elemanları modüler halde atölyede üretilip şantiyede monte edilmiştir. Başlangıçta tamamen cam olarak düşünülen dış cephe kaplaması, daha sonra kısmen cam kısmen metal olarak gerçekleştirilmiştir. Statik gereksinim nedeniyle cephelerde yer alması gereken çapraz rüzgar bağlantıları kaplamanın önüne çıkarılmış ve böylece cephede bir hareket sağlanmıştır. Bununla birlikte cephede kullanılan cam malzeme bina içindeki çelik strüktürün dışarıdan da algılanmasına olanak vermektedir.



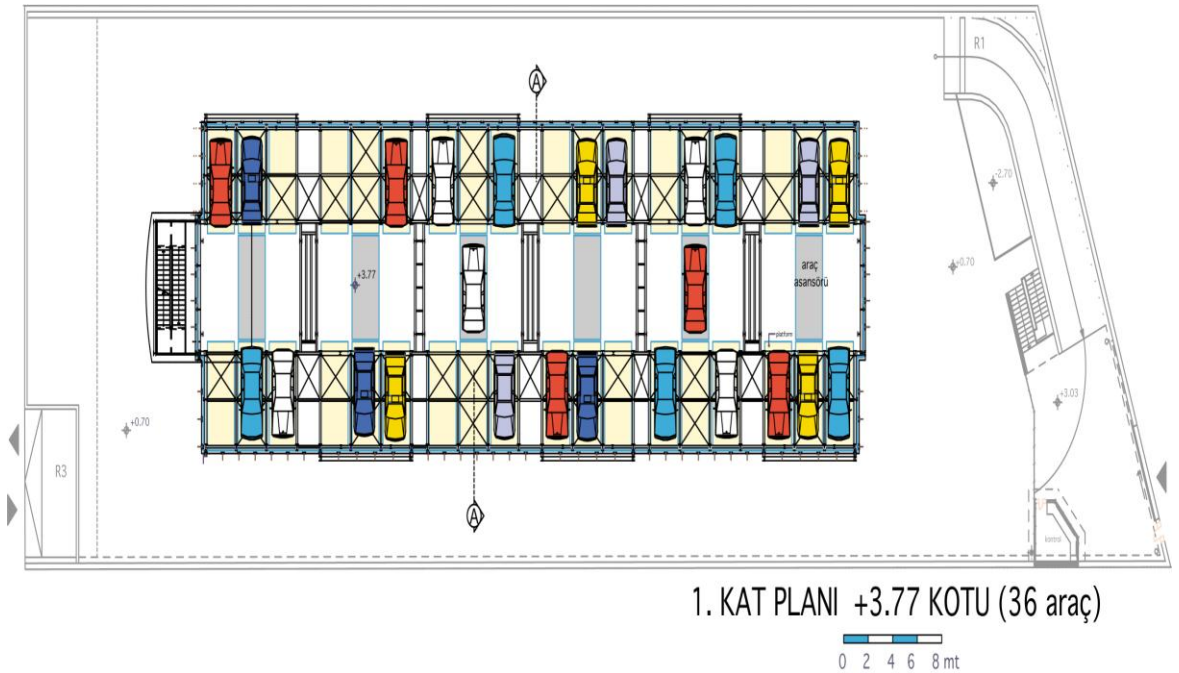
Şekil 3.42: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının Levent teki havadan çekilmiş konum resmi

Cephede, kompozit alüminyum panel ve 8+1,52+8 mm kalınlığında teperli lamine cam cephe elemanları kullanılmıştır. Bunlar taşıyıcı çelik strüktürün üzerinde oluşturulan, yatayda 1,83 m aralık ile yerleştirilmiş kutu profillere “spiker” adı

verilen özel elemanlarla bağlanmıştır.

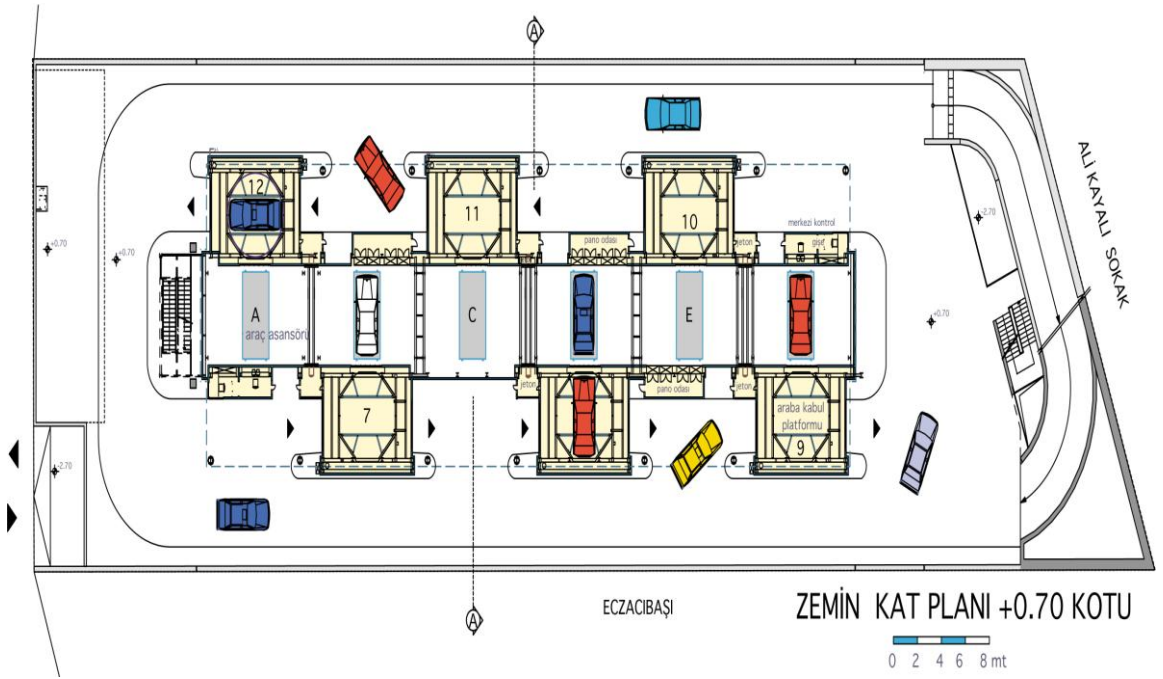
Türkiye'nin ilk çok katlı çelik yapısı ve Avrupa'nın en büyük otomatik otopark sistemi, Stuttgart merkezli Otto Wöhr GmbH firması tarafından üretilmiştir. İnşaat Bahar Otomotiv A.Ş. tarafından yapılmıştır. Bina içine insan girmemekte, araçlar otomatik olarak 6 adet asansörle katlarda yer alan platformların üzerine yerleştirilmektedir. Aynı anda 12 araç giriş çıkış yapabilmekte, kullanıcılar araçlarını giriş odalarına bırakarak park işlemini tamamlarken, çıkış için araçlarını yine aynı odalardan teslim alabilmektedirler.

Binanın yüksekliği 35 m olup yüksekliği 155 cm olan 14 adet normal araç katı ve yüksek araçlar için yüksekliği 200 cm olan 3 adet bodrum kat bulunmaktadır.



Şekil 3.43: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının 1. Kat planı

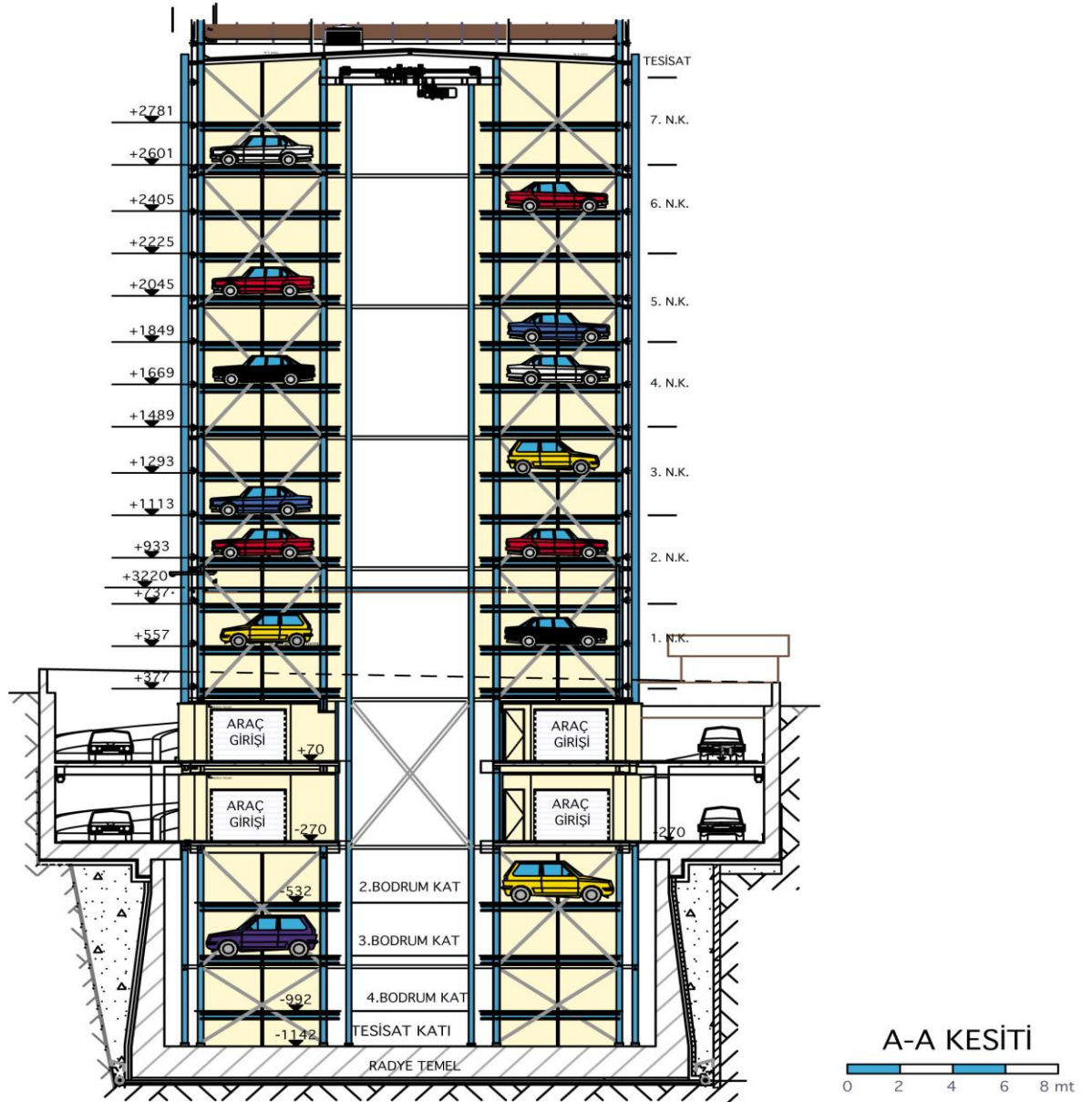
Araç yollarına binanın dar cephelerinin baktığı her iki sokaktan farklı kotlarda iki adet giriş bulunmaktadır.



Şekil 3.44: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının zemin kat planı

Oto girişlerinde;12 adet döner tabla, her odada girişe, çıkışa ve asansöre açılan üçer; toplam 36 adet “roll gate” kapı, kayan yazı ekranları, dijital kameralar, hareket algılayıcı, lazer tarayıcı detektörler, “sprintler”, diafon, güvenlik camı gibi donanım elemanları bulunmaktadır.¹⁶

¹⁶ MARULYALI. (Mayıs 2003).Tamamı Çelik Çok Katlı Otomatik Otopark. ÇELİK YAPILAR.

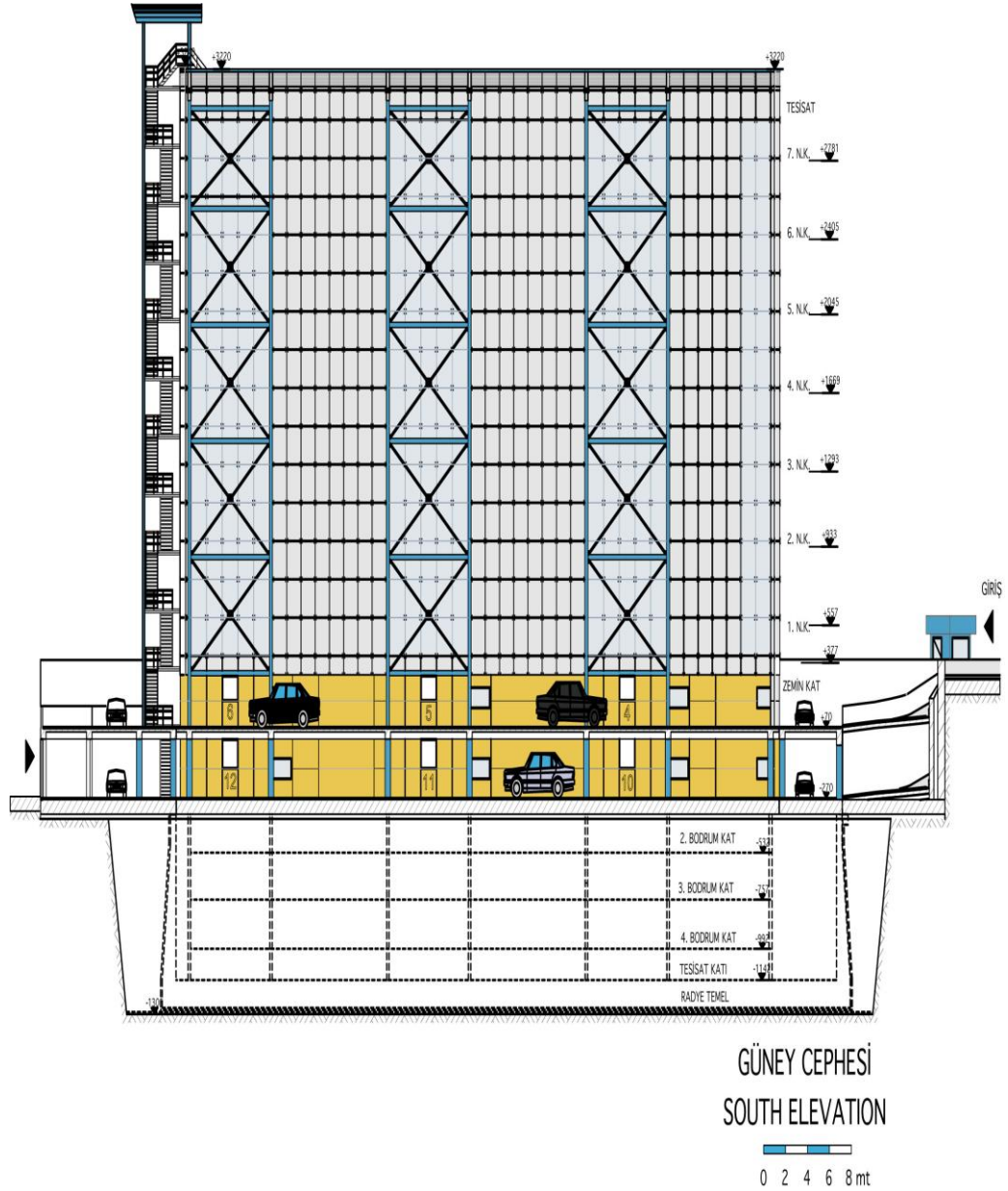


Şekil 3.45: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının kesiti

İç mekânda insan bulunmasına olanak verecek bir düzenleme yoktur. Araç asansörleri, araç taşıyıcı platformlar ve binanın taşıyıcı sistemini oluşturan çelik strüktür çıplak olarak bulunmaktadır. Kolon, kiriş ve diyagonaller mavi renge boyanmıştır. Cephelerdeki cam kaplamalar iç mekânın dışarıdan algılanmasını sağlamaktadır. Çelik strüktür antipas boya ile korunmuştur. Yangın için 1044 adet sprinter ünitesi, pompa grubu ve jeneratör bulunmaktadır.¹⁷

¹⁷ MARULYALI. (Mayıs 2003). Tamamı Çelik Çok Katlı Otomatik Otopark. ÇELİK YAPILAR.

3.5.2. Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binası Projesinin Strüktürel Yönlerinin Tanıtımı



Şekil 3.46: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının güney cephesi

Yapı toplamda 9 katlıdır. Ancak otoların yerleştirildiği platformlar ve tesisat katı ile birlikte 21 katlı olarak otopark görevi yapmaktadır. Yapının statik sistem bakımından 9 katlı gibi düşünülmesi halinde 8 ara kat ve çatı kotu olmak üzere 9 çelik döşeme katı oluşmaktadır. Yapı, tamamen çelik sistem olup, dilatasyon derzleri ile yapıdan ayrılmış betonarme giriş rampaları mevcuttur. Yapının temeli radyedir. Çelik otopark bloğunun zemin altındaki iki katı, radye temele konsol olarak

düşünülmüştür. Böylece zemin itkileri çelik sistemden bağımsız olarak radye temele ulaştırılır. Çelik otopark sistemine sistem ölü yükleri, cephe kaplamaları, platform sistem yükleri, oto yükleri, rüzgâr ve deprem yükleri etkimektedir.

Bütünüyle çelik malzeme ile kurulan sistemin açıklıkları x yönünde her iki cephede oluşturulan toplam 6 adet merkezi çaprazlı çelik perdeler ile y yönünde ise ara akslarda oluşturulan toplam 10 adet merkezi çaprazlı çelik perdeler ile karşılanmaktadır. Birleşimler bulonlar ile sağlanmıştır. Araç giriş kısımlarında, ana taşıyıcı çelik kolonların sürekliliği kesilmiştir. Bu kolonların +15,19 ve +43,57 kotları arasında devam eden kısımlarını taşımak için + 8,72 ve +15,19 kotları arasında çelik kirişler oluşturulmuştur.

Projede çelik sistem tercih edilmesinin nedenleri;

- Otomatik taşıma nedeniyle yaya trafiğinin olmaması, kat döşemelerine ihtiyaç olmaması, yapının öz ağırlığının azalması, çelik sistemle bütünleştirilmiş yapının tümünde ölü ağırlık tam anlamıyla minimum düzeye indirilmiştir.
- Otopark kapasitesini arttırmada çelik kolon ve çelik kirişlerin rolü büyüktür. Kesitler, betonarme sisteme göre daha küçük boyutlardadır.
- Yapının ölü ağırlıklarının hafif oluşu deprem kuvvetlerinin azalmasını sağlamıştır. Sonuçta satabilite bağ kesitleri (= çelik perde sistemi) boyutları küçülmüştür. Depremden yapı kolon ve kirişlerine gelen ilave tesirler de azalmıştır.
- Çelik strüktür nedeniyle azalan ölü ağırlıklar ve deprem tesirleri nedeniyle betonarme radye temel kesitleri ve donatısında minimum düzeydedir.
- Çelik ana elemanları bulonlar ile birleştirilmektedir. Böylece yapıda tam bir prefabrikasyon uygulanmıştır. Fabrikada üretilen parçalar şantiyede monte edilmektedir. İskele ve kalıp problemi yoktur.¹⁸

¹⁸MARULYALI.(Mayıs 2003). Tamamı Çelik Çok Katlı Otomatik Otopark. ÇELİK YAPILAR.

3.5.3. Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binası Projesinin Mimari Ve Strüktürel Detaylar Yönünden İncelenmesi Ve Değerlendirilmeler

Çelik konstrüksiyonun statik projesi Walter & Reinhart Ing. Büro ve çelik konstrüksiyon imalat projesi Ruhin + Enz Buro tarafından yapılmış, İnş. Yük. Müh. Erkan Günel tarafından kontrol edilmiştir. TS 648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Deprem Yönetmeliği, TS 500 standartları uygulanmıştır. Binanın modüler bir plana sahip oluşu ve yapımında kullanılan malzemelerin prefabrike malzemeler oluşu, inşaatın modern yapım teknikleri ile çok kısa sürede gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Taşıyıcı çelik strüktür ile modüler hale getirilen cam ve alüminyum kompozit panel cephe kaplamaları atölyede hazırlanmış, şantiyede montajı yapılmıştır. Otomatik kontrol ile arabaların yerleştirilmesi çok hassas bir montaj yapılmasını gerçekleştirmiştir. Yatayda ve düşeyde ölçüler hassas aletler ile sürekli kontrol edilmiştir. 53,56 m net bina uzunluğundaki tolerans artı-eksi 3mm dır.



Şekil 3.47: Çok Katlı Tam Otomatik Otopark Binasının 3d resmi

4. BÖLÜM

4. SONUÇLAR, YORUMLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, dünyada ve Türkiye de 2000’li yıllara girerken, yapılan çelik yapılara baktığımızda dünyada bulunan çok sayıdaki değişik türde çelik yapıya oranla Türkiye’de, çelik strüktürlü yapıların az sayıda olmasının başlıca nedeni kültür etkisinden kaynaklanmaktadır. Türkiye de, yapısal çelik genelde demiryollarında, köprülerde, sanayi yapılarında, çatılarda, taşıyıcı sistemi büyük oranda betonarme olan yapıların tasarım ihtiyacı olan bölümlerinde örneğin ışıklıklar “skylights” için kullanılmaktadır.

Tezde incelenen çelik yapılar, yapılma tarihi, inşaat alanı ve detaylar yönünden incelenip karşılaştırıldığında, Türkiye’de 2000’li yıllarda özellikle estetik amaç içeren çelik yapı, yok denebilecek düzeydedir. Bu durum Türkiye’nin çelik yapılara bakış açısından kaynaklanmakta, bu bakış açısı ise kültürümüzden ileri gelmektedir.

Yüksek yapılara dünyadan örnek verilen Sears Tower’a dışarıdan bakıldığında şu yorum yapılır; bu şehrin ekonomik durumu, estetik değerleri, yetişmiş elemanları bulunmakta, buna bağlı olarak bu ülkenin ekonomik, sosyal ve kültürel değerleri zengindir denir. Böylece şehir sayesinde ülkenin prestiji artar. Bu prestijde ülkenin ekonomik açıdan zengin olmasını etkiler.

Her toplumun kendine has mimari yapıları bulunur ve bu yapılar şehirleri, şehirler ise toplumların kimliklerini ortaya koyar. Bunu gayet tabii sıradan bir insanın anlaması mümkün değildir, fakat tarihe baktığımızda bugün bizim övgüyle bahsettiğimiz her biri birer sanat eseri sayılan, Osmanlı mimari yapılarında, sadece saraylar, camiiler, köprüler değil halkın yaşadığı yığma yada ahşap yapılarda da estetik değerler taşımaktaydı. Buradaki gerçek, Osmanlı İmparatorluğunun maddi ve manevi zenginlik taşıyan kültüre sahip toplum olmasından ileri gelmektedir. Aynı şey Roma imparatorluğunun mimari eserleri için de geçerlidir.

Kültür olarak adlandırdığımız olgu ise çok uzun yılların bilgi birikimine dayanmaktadır. Bugün İstanbul gibi dünya şehri olmuş bir şehir eğer İstanbul olarak dünyaca tanınıyorsa bu başta coğrafi konumunun ardından kültürel zenginliğine ve

bu zenginliğin oluşturduğu mimari eserlerine borçludur.

Bir yapı yapılmadan önce fikir aşamasındadır, fikirden proje haline gelir ve ardından inşaat olarak hayata geçer, bu aşamalarda birçok etken bulunmakla beraber toplumun kültür ve düşünce yapısı doğrultusunda yapılar şekillenir. Yapıyı yaptıracak kurum, kuruluş yada şahsın görüş açısı, kültürü, bilgi düzeyi ve ekonomik durumu gibi etkenler binanın şeklini ortaya koyar.

Artık dünyada hızla ilerleyen teknoloji sayesinde yapılması mümkün olmayan herhangi bir tasarım bulunmamakta, iş sadece mimarın ilham gücüne bağlı kalmaktadır. İşte tam bu noktada mimarlara ilham verecek kültürel zenginlikler kanımca azalmakta moda olarak çeşitli bina kirlilikleri ortaya çıkmaktadır.

Artık, çağımızda insanlar yaşadığımız dünyanın bugüne kadar çok hor kullanıldığının bilincine vardıkları ve yavaş yavaş çevreye duyarlı yapıların oluştuğu, insanların bilinçlendikçe devasa kütleli yapılardan doğayla iç içe olmuş çevreye duyarlı yapılara doğru ilerlediği gözlemlenmektedir. Ne yazık ki bu yapılaşma ülkemizde çok yavaş ilerlemekte halen bilinçsizce yapılaşmalar devam etmektedir.

Çağımızda çelik strüktür vazgeçilmez yapı strüktürü olmaktadır, çünkü artık tasarımlar gelişen teknoloji sayesinde sadece mimarların hayal güçleri ile sınırlı kalmaktadır.

Çelik strüktürlü yapılarımızın çoğalması için başta yapmamız gereken kültürel zenginliklerimizin farkına varıp çalışmaktan ibarettir. Toplum olarak çalışkan ve kültürlü insanlar olarak ilerlersek çelik strüktürlü yapılarımız çoğalacaktır. Bunun için sanayimiz vardır, hammadde kaynaklarımız bulunmaktadır, bilinçli eğitilmiş tekrar altını çizerek belirtmek istiyorum bilinçli yetiştirilmiş gençlerimiz ile şehirlerimizi çok daha prestijli hale getirebiliriz.

İstanbul gibi kozmopolit bir dünya şehrinde artık neredeyse 20 senede bir yenilenmesi gereken yatırımlar bulunmaktadır. Şehircilikte unutulmaması gereken husus bina ömürlerinin bir sonu olduğudur, bu noktada çelik strüktürlü yapılar geri dönüşümlü olduğundan İstanbul gibi şehirlerin vazgeçilmez yapı malzemesi

olmalıdır.

Kısaca, Türkiye de dünyaya oranla çok az olan çelik strüktürlü yapıların az olmasının nedeni öncelikle kültürel, yaygın bir kanı olan çelik yapı pahalıdır diye bir kavram kesinlikle kabul edilemez çünkü çelik strüktürlü yapılar uzun vadede ülke ekonomisine çok daha fazla kar sağlamaktadır.

Gelişen teknoloji sayesinde sadece çelikte değil betonarme yapılarda da ilerlemeler hızla devam etmektedir, bu tezin amacı artık yapılan her yapı çelik strüktür yapılıns demekten çok, fonksiyonunu yerine getirebilen, sağlam ve estetik yapılaşmalar çoğalsın ve yapılar bu üç kavrama sadık kalsın. Beton yapılması gereken noktada betonu, çelik yapılması gereken noktada çeliği kullanmayı bilen gençler yetiştirelim. Ve bilelim ki ortaya çıkardığımız her yapı toplumumuzu az ya da çok ama kesinlikli toplumsal bütünün bir parçası olarak etkiler.

Mesleki eğitim alan mimar ve mühendis öğrencilerinin birbirlerinin meslek anlayışlarını okul sırasında anlamalarını sağlamak bunun için mimarlara mühendisliğin temel bilgilerini, mühendislere de mimarlığın temel bilgilerini vermek gerekir. Ayrıca özel sektörün inşaat alanında üniversitelerle çalışması, üniversitelerin de AR-GE görevini üstlenip konunun her aşamasında danışman görevini üstlenmesi gerekiyor ve bütün bu parçaların aksaksız ve aktarma yapan dişli parçaları gibi takım olarak yapılmasını sağlamak gerekiyor. Bir mimar ve mühendis bilmelidir ki meydana çıkardığı her yapı toplumsal etkileşimde rol oynayan aktörlerdir.

Günübirlik düşünmek yerine, her konuda planlı davranarak, bilinçli tasarlanmış, çevreye duyarlı şehirlerimizin çoğalması için düşünen, araştıran, çalışan, üreten ve dünyaya yakışır şekilde davranan, kültürlü gençlerimizin çoğalması gerekmektedir.

5. BÖLÜM

KAYNAKLAR

Aktuna, H. (1988). **Uzay Kafes Strüktür Ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma**. MSÜ. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Apak, K.(2003). **Büyük Açıklıklı Çelik Yapı Sistemleri Ve Uygulanan Örneklerin İncelenmesi**. MSÜ.Yüksek Lisans Tezi,İstanbul.

Barış, Z. (1998). **Metalin, Özelde Demir Ve Çeligin Yapıdaki Strüktürel İşlevinin Tarihsel Gelişim Çerçevesinde Araştırılması**.Dokuz Eylül Üniversitesi.Yüksek Lisans Tezi.

Dome Case Studies.(1992). **Georgia Dome Atlanta,Columbia University**. New York.

L' Arca. **Çelik ve Mimari**. Süreli yayın. Sayı 142.

Murat, D. U.(1998). **Türkiye’de Çelik Taşıyıcı Sistemli Binaların Detaylandırma Açısından İncelenmesi**. MSÜ. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Mungan, İ. (Mayıs 2003). **Bilkent Üniversitesi Amfi Tiyatrosu’nu Örtten Çelik Strüktür Ve Türkiye’de Çelik Yapıların Geleceği**. İstanbul: Türk Yapısal Çelik Derneği Yayını .

Mungan, İ. (Ekim 2001). **Structural Engineering And Structures From Antiquity To The Present**. Proceeding Of The IASS Symposium 2001 Napoya Japan.

Marulyalı, Y. (2003). **Tamamı Çelik Çok Katlı Otomatik Otopark**.Yapısal Çelik Derneği Yayını.

Onat, İ. (1998). **Çok Katlı Çelik Yapılar, Taşıyıcı sistemleri Ve Türkiye Koşullarına Uygun Modelin Araştırılması**. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Volkwin, M. (2006). Strukture And Intention.

(Mayıs 1986). Dizayn Konstrüksiyon. **Aylık Mimarlık İnşaat Dergisi**.

www.som.com

Wikipedia. Georgia Dome. The Free Encyclopedia.

Wikipedia. Sears Tower. The Free Encyclopedia.

Wikipedia. Sears Tower. The Free Encyclopedia.

www.sky-screbers.org Sears Tower.

www.math.umn.edu/. Ayasofya müzesi.

www.ulukayakoyu.com/magaralar.htm. Kırılmalı Mağarası.

www.gadome.com. Georgia Dome.

www.essential-architecture.com/.20th Century Steel Buildings.

www.byegm.gov.tr/.../turkce/tarih111.htm.İnce Minareli Medrese.

www.izmirfuari.net/bilinmeyenler/mimarsinan.htm.Selimiye Camii.

www.mkerimoglu.wordpress.com/.../12/selimiye-camii/.Selimiye Camii.

www.wowturkey.com.Beyazıt Camii.

www.gezilistesi.com. Coalbrookdale Köprüsü.

www.gezilistesi.com.Graigellachie Köprüsü

www.europeforvisitors.com.Menai Straits Köprüsü.

www.webhatti.com.Milan Tren İstasyonu.

www.gallerim.com.Brooklyn Köprüsü.

web.sakarya.edu.tr.Forth Köprüsü.

www.ronsaari.com.George Washington Köprüsü.

www.itusozluk.com.Golden Gate Köprüsü.

www.britannica.com.Verrazano Narrows Köprüsü.

www.essentialarchitecture.com. Essential Architecture. Steel In 20th Century
Architecture Jonathan Ochshorn.

www.bilkent.edu.tr

<http://www.greatbuildings.com>. Great Buildings. Sears Tower.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Sinan AĞAOĞLU, 1981 yılında Kahramanmaraş'ta doğdu. İlkokulu eğitimini Kahramanmaraş Fatih Sultan Mehmet İlköğretim okulunda aldıktan sonra ortaokul ve lise eğitimini Kahramanmaraş Çukurova Elektrik Anadolu Lisesinde bitirdi. 2001 yılında T.C. Haliç Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mimarlık Bölümünün ilk mezunlarından olarak mezun olduktan sonra. 2006 yılında yine T.C. Haliç Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde Yüksek lisans eğitimine başladı. 2002 yılından itibaren üniversite eğitimi ile birlikte İstanbul'da birçok projelerde çalışmaya başladı en son İstanbul Nişantaşı'nda DR. Pakize TARZI Hastanesinin tasarımını, projelendirmesini ve kontrollüğünü üstlenip projeyi bitirdikten sonra, 2008 yılında ENKA A.Ş. Çalışanı olarak, Kazakistan'ın Almata şehrinde S.O.M Mimarlık bürosuna ait Esentai Park projesinde çalıştı. Şuan,2006 yılında İstanbul da kurmuş olduğu Mimarlık bürosunu Kahramanmaraş'a taşıyarak mimarlık mesleğine çevreye saygılı modern tasarımlar yapmak anlayışıyla devam etmektedir.