



T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

ÇAĞDAŞ YAPILARDA STRÜKTÜR BİÇİM İLİŞKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Fatma Necla SAY

Balıkesir, Kasım- 1998



**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**ÇAĞDAŞ YAPILARDA STRÜKTÜR BİÇİM İLİŞKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mimar Fatma Necla SAY**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Orhan REMAN**

**Balıkesir, Kasım - 1998**



T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

ÇAĞDAŞ YAPILARDA STRÜKTÜR BİÇİM İLİŞKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Fatma Necla SAY

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Orhan REMAN

Sınav Tarihi : 23 / 11 / 1998

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Deniz EREN

Prof. Dr. Bozok ÖZERDİM

Doç. Dr. Orhan REMAN (Danışman)

Balıkesir, Kasım - 1998

ÖZ



## ÇAĞDAŞ YAPILARDA STRÜKTÜR-BİÇİM İLİŞKİSİ

Fatma Necla SAY

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

(M.S.c. Tezi/ Tez Danışmanı: Doç. Dr. Orhan REMAN)

Balıkesir, 1998

Mimariyi meydana getiren temel elemanlardan olan strüktür, zaman içinde malzemeye paralel olarak, teknolojik aşamaları izleyen bir gelişme göstermiş her dönemde yapıların tümel formunu etkileyen faktörlerin başında gelmiştir. Bu çalışmada spontane sistemlerden başlayarak günümüze kadar kullanılan strüktürlerin analizi yapılmış, örneklerle strüktürün biçime etkisi vurgulanmaya çalışılmıştır...

İkinci bölümde mimaride strüktür tanımlanmış ve yeni strüktür sistemlerinin ortaya çıkmasını ve gelişmesini sağlayan etkenler değerlendirilmiş, başlangıçtan günümüze strüktürel gelişme sınıflandırılmıştır.

Üçüncü bölümde Endüstri Devrimi öncesi strüktürel gelişme ele alınmıştır. Bu dönemdeki önemli mimari stiller, ortaya çıkışları ve mimariye katkıları bakımından incelenmiş, resim ve şekillerle dördüncü bölümde açıklanmıştır.

Endüstri Devrimi ile cam, demir, çelik ve betonun mimariye girmesi, strüktür ve biçim olarak yeni sistemlerin ortaya çıkması, bu dönemin önemli mimarlarına ve tasarımlarına da yer verilerek beşinci bölümde incelenmiştir.



Altıncı bölümde Çağdaş Strüktür Sistemleri olan “Yüzeysel Strüktürler” “Uzaysal Strüktürler”, “Asma-Germe Sistemler” ve “Pnömatik Sistemler” den her biri tanımlanmış, tarihi gelişim sürecindeki yeri, sistem ve analiz prensipleri, uygulama örnekleri ve strüktür-biçim ilişkisi vurgulanarak incelenmiş, konu resim ve şekillerle açıklanmıştır.

Yedinci bölümde kısmen endüstrileşmiş yapım sistemlerinin ve prefabrike betonarme sistemlerin tanımlanması, sınıflandırılması, mimariye katkıları ve sistemlerin özellikleri, olumlu ve olumsuz yönleriyle ele alınmış, sistemler günümüzün seçkin örnekleri ile incelenmiştir.

Sonuç bölümünde ise incelenen tüm strüktür sistemleri analiz edilmiş ve tüm sistemler grafiksel olarak ifade edilmiştir. Teknolojik ilerlemelerle yeni malzemeler ve strüktürel sistemlerin mimariye kazandırdığı yeni boyutlar vurgulanmıştır. İnsanın daima kendini yenileme, daha iyiyi bulma azminin hiç bir zaman son bulmayacağı belirtilmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** strüktür / strüktürel gelişme / çağdaş strüktürler



**ORIGINAL**

**STRUCTURE-FORM RELATIONSHIP IN  
CONTEMPORARY BUILDINGS**

**Fatma Necla SAY**

**University of Balıkesir, Institute of Science**

**Architecture, Master of Science**

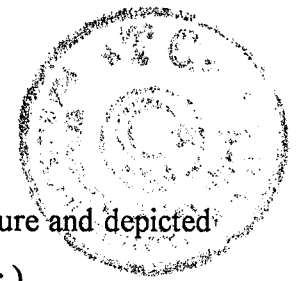
**(M.S.c. Thesis/ Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Orhan REMAN)**

**Balıkesir, 1998**

Structure; one of the basic element that shapes the architecture, parallel to the progress of material, performed a development which follows the stages of technology. In every period, structure played a leader role at influencing the basic form of the building. At this study, the structures that have been used from the spontaneous systems till today were analyzed. It has been tried to emphasize the influence of structure to the form by giving examples.

In chapter two, the structure in the architecture was described and the effects which provide the new structural systems to appear and develop, were evaluated. From the beginning up to now, structural development were classified.

In chapter three, structural development before the Industrial Revolution were taken into consideration. Important architectural styles at this period have been



investigated in terms of appearance and their support to the architecture and depicted in the fourth chapter by visual datas ( drawings, pictures, paintings etc.).

The introduction of materials like glass, iron, steel, and concrete to the architecture, the appearance of new systems as structure and form, the architects and their designs were also taken into account at the fifth chapter.

In chapter six; each of the contemporary structural systems that are “superficial systems”, “spatial structures”, “suspend-strain systems” and “pneumatical systems” were described, its position in the historical development, principles of system and analysis, samples of application and structure-form relationship were expressed, the subject were explained by pictures, drawings etc.

In chapter seven; partly industrialized building systems and prefabric reinforced concrete systems’ description, classification, support to the architecture were considered and properties of these systems were taken into account with their positive and negative features. Systems were tried to express concerning today’s valuable, chosen examples.

In the final chapter, all the structures referred in the previous chapters of the research were evaluated, and were tried to express by using graphics. New dimensions that the structural systems add to the architecture were strongly emphasized. Additionally, it is denoted that a human being’s determination to renew himself and to search for better would never end.

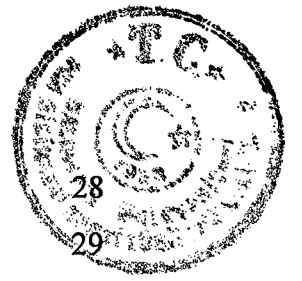
**KEY WORDS:** structure / structural development / contemporary structures



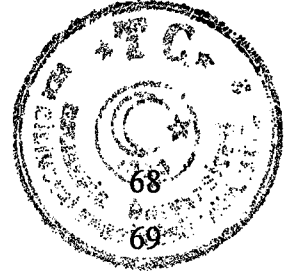
## İÇİNDEKİLER

ÖZ, ANAHTAR SÖZCÜKLER	I
ABSTRACT, KEY WORDS	III
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	XIII
RESİM LİSTESİ	XVIII
TABLO LİSTESİ	XIX
ÖNSÖZ	XX
1. GİRİŞ	1
2. BAŞLANGIÇTAN GÜNÜMÜZE MİMARİDE STRÜKTÜR	7
3. ENDÜSTRİ DEVRİMİ ÖNCESİ STRÜKTÜREL GELİŞME	8
3.1 Spontane Sistemler	8
3.2 Lentolu Sistemler	11
3.3 Kemer-Tonoz- Kubbe	12
3.4 İskelet Sistemleri	14
4. TARİHİ STİLLER	16
4.1 Mezopotamya Mimarisi	16
4.2 Mısır Mimarisi	18
4.3 Yunan Mimarisi	21
4.4 Roma Mimarisi	24

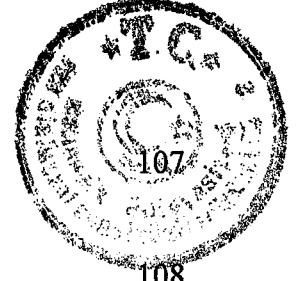




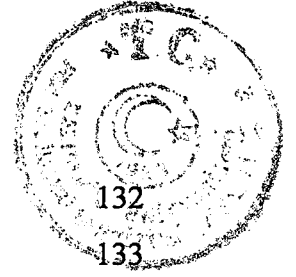
4.5 Bizans Mimarisi	
4.5.1 St. Vitale Kilisesi (Rovenna 526 Viyana)	
4.5.2 Hagia Sofia Kilisesi (Ayasofya Kilisesi) (532-537, İstanbul)	30
4.6 Roman Sanatı	32
4.7 Gotik Sanatı	35
4.7.1 Köln Katedrali	38
4.8 Rönesans	39
4.9 Barok Sanatı	41
4.10 Türk-İslam Sanatı	43
4.10.1 Selçuk Mimarisi	43
4.10.2 Osmanlı Mimarisi	44
4.11 Değerlendirme	47
<b>5. ENDÜSTRİ DEVRİMİ SIRASINDAKİ STRÜKTÜREL GELİŞME</b>	<b>49</b>
5.1 Betonun Mimariye Girişi	51
5.2 1900'lerden Bu Yana Avrupa'daki Mimari Üslup	53
5.2.1 Birinci Dönem (1919-1929)	53
5.2.2 İkinci Dönem (1930-1939)	54
5.2.3 Üçüncü Dönem (1940-1964)	54
5.2.4 Louis Sullivan (1850-1920)	54
5.2.4.1 Wainwright Binası, St. Louis, 1890	55
5.2.4.2 Cerson Pirie Scott and Company Binası, Chicago, 1899	56
5.2.5 Frank Lloyd Wright (1867-1959)	57
5.2.5.1 Şelale Evi, Pennsylvania, 1935	58
5.2.5.2 Araştırma Laboratuvarı, Racine Wisconsin	60
5.2.6 Walter Gropius (1883-1969)	62
5.2.6.1 Werkbund Sergisinde Fabrika Cologne, 1914, Köln	62
5.2.6.2 Fagus Werke Binası 1914	63
5.2.7 Mies Van der Rohe (1886-1969)	64
5.2.7.1 Tugendhat Evi, 1930	65
5.2.7.2 Seagram Company Binası, New-York, 1958	65
5.2.7.3 Skyscraper Apartments, Lake Shore Drive, Chicago, 1951	66



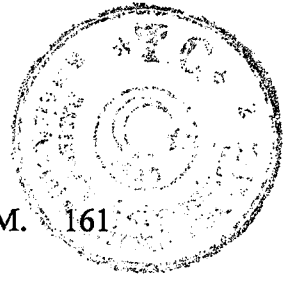
5.2.8 Le Corbusier (1887-1965)	
5.2.8.1 Marsilya Konut Bloğu, Unite d'Habitation,1952	
5.2.8.2 Notre Dame du Haut Kilisesi, Ronchamp,1955	71
5.2.8.3 İsviçre Öğrenci Yurdu, Paris 1932	73
5.2.9 Değerlendirme	73
6. ÇAĞDAŞ STRÜKTÜREL GELİŞME	77
6.1 Yüzeysel Strüktürler	79
6.1.1 Düz Yüzeysel Strüktürler	80
6.1.1.1 Düz Yüzeysel Strüktürlerin Uygulamaları	82
6.1.1.1.1 Gatti Wool Fabrikası Binası, Roma, İtalya, Nervi,1953	82
6.1.1.1.2 Nates Blokları, Nates Reze, Fransa, Le Corbusier, 1955	82
6.1.2 Katlanmış Yüzeysel Strüktürler	83
6.1.2.1 Tanımlama -Tarihçe	83
6.1.2.2 Katlanmış Plakların Çalışma Prensipleri	84
6.1.2.3 Katlanmış Plakların Uygulamaları	90
6.1.2.3.1 Amerikan Beton Enstitüsü, Detroit, ABD, Yamasaki, 1958	90
6.1.2.3.2 Teleferik Terminali, Karakas, Venezuela, Pierti,1955	90
6.1.2.3.3 Unesco Konferans Salonu, Paris, Fransa, Breuer ve Nervi, 1958	91
6.1.2.3.4 Notre- Dame, Fransa, Royan, Gillet	91
6.1.2.4 Değerlendirme	92
6.1.3 Eğrilikli Yüzeysel Strüktürler (Kabuklar)	93
6.1.3.1 Tanımlama- Tarihçe	93
6.1.3.2 Tek Eğrilikli Kabuklar	94
6.1.3.2.1 Silindirik Kabuklar	95
6.1.3.2.2 Kısa Silindirik Kabuklar	95
6.1.3.2.3 Şed Kabuklar	97
6.1.3.3 Çift Eğrilikli Kabuklar	97
6.1.3.3.1 Asal Eğrilikleri Aynı Olan Çift Eğrilikli Kabuklar	98
6.1.3.3.2 Asal Eğrilikleri Zıt İşaretli Olan Çift Eğrilikli Kabuklar	99
6.1.3.4 Modern Kabuk Uygulamaları	107



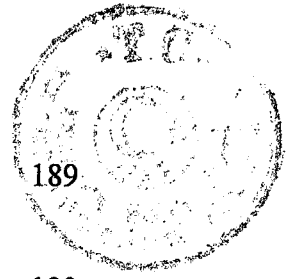
6.1.3.4.1 Çarşı Holü (Market Hall) Algericas-İspanya; Eduardo Torroja,1934	
6.1.3.4.2 Hava Terminali Binası, St. Louis., ABD, Mimoru Yamasaki 1954	108
6.1.3.4.3 Albuquerque Belediye Salonu, N. Mex, ABD, Ferguson, Stevens. Ass. Fred.J. Fricke, 1955	108
6.1.3.4.4 Küçük Spor Sarayı (Palazetto Dello Sport), Roma, İtalya P.L. Nervi, 1957	110
6.1.3.4.5 Los Martinez Lokantası, Xochimilco, D.F.-Meksika Felix Candela, Joaquin Alvarez Ordonez, 1958	111
6.1.3.4.6 San Jose Obrero Kilisesi, Monterey- Meksika Felix Candela, 1960	113
6.1.3.4.7 Opera Binası, Sydney-Avusturalya, Yorn Utzon, 1963	114
6.1.3.5 Değerlendirme	116
6.2 Uzay Kafes Sistemler	118
6.2.1 Tanımlama- Tarihçe	118
6.2.2 Düz Yüzeysel Uzaysal Taşıyıcılar	119
6.2.2.1 İki Boyutlu Düzenleme	119
6.2.2.1.1 Dikdörtgen Düzenleme	119
6.2.2.1.2 Açılı Düzenleme	121
6.2.2.1.3 Çapraz Düzenleme	121
6.2.2.2 Üç Doğrultulu Düzenleme	122
6.2.2.2.1 Düz Üçgen Düzenleme	122
6.2.2.2.2 Ters Üçgen Düzenleme	123
6.2.2.3 Dört Doğrultulu Düzenleme	123
6.2.2.4 Altı Doğrultulu Düzenleme	124
6.2.2.5 Çift Altıgen Düzenleme	125
6.2.3 Tonozsal (Tek Eğrilikli) Uzay Taşıyıcılar	125
6.2.4 Kubbesel (Çift Eğrilikli) Uzay Taşıyıcılar	126
6.2.5 Uzay Kafes Sistemlerin Malzemeleri	132
6.2.6 Uzay Kafes Taşıyıcıların Hesabı	132
6.2.7 Kullanılan Uzay Kafes Sistemler ve Uygulamaları	132



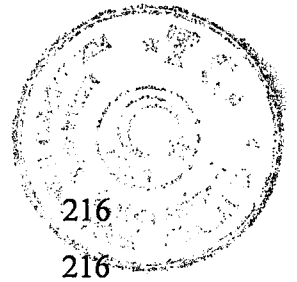
6.2.7.1 Mero Sistemi	132
6.2.7.2 Oktaplatte Sistemi	133
6.2.7.3 SDC Sistemi, Pyramitec Tridimatec Sistemleri	133
6.2.7.4 Unistrut Sistemi	133
6.2.7.5 Space Deck Sistemi	133
6.2.7.6 Triodetic Sistemi	133
6.2.8 Uzay Kafes Sistemlerin Uygulamaları	134
6.2.8.1 Galaxy Toyoma, 1992, Shoe, Yoh-Architects	134
6.2.8.2 Orio Spor Salonu, Yasutimi Kijima, Yas Urbanists	135
6.2.8.3 Cam Piramit Sabacı Kongre ve Fuar Merkezi, Yaşar Marulyalı, Levent Aksut. Antalya	135
6.2.8.4 Tatilya, İstanbul, Bayındır İnşaat	137
6.2.8.5 United Airlines Terminal Binası Murphy/ John, Chicogo, 1998	138
6.2.9 Değerlendirme	139
6.3 Kablolü Sistemler	140
6.3.1 Tarihçe- Tanımlama	140
6.3.2 Sistem Analizi ve Prensipleri	142
6.3.3 Taşıyıcı Sistem İlkeleri Açısından Kablo Sistemleri	146
6.3.3.1 Tek Kablolü Sistemler	147
6.3.3.2 Çift Kablolü Sistemler	148
6.3.3.3 Kablo Ağı Sistemleri	150
6.3.3.4 İç ve Dış Çemberli (Radyal) Kablo Ağları	151
6.3.4 Kablolü Sistemlerin Uygulamaları	158
6.3.4.1 J.F. Dulles Havaalanı, Terminal Binası, Eero Saarinen, 1963, Washington	158
6.3.4.2 Mantua Kağıt Fabrikası, Pier Luigi Nervi, Mantua, İtalya	158
6.3.4.3 Değişebilir Yüzme Havuzu, Canduner, Ghiulamila Jawerth, 1969, Fransa	159
6.3.4.4 North Carolina State Fair, Nowicki, Deitrick, Severud, Elstad Krueger, Raleigh ABD	160
6.3.4.5 Ingalls Buz Hokeyi Binası, Eero Saarinen., Severud, Perrone, Sturm, Yale Üniv. , New Haven, ABD	161



6.3.4.6 Tokyo Büyük Olimpiyat Stadyumu, Kenzo Tange, Y. Tsuboi, M. Kawaguchi, Tokyo, Japonya, 1964	161
6.3.4.7 Batı Almanya Pavyonu, Gudbrod Kendel, Frei Otto, Leonhardt Andra, Montreal, 1967	162
6.3.4.8 Münih Olimpiyat Stadyumu, Bennish, Frei Otto, Almanya, 1972	163
6.3.4.9 Stuttgart Üniv. Hafif Yapı Enstitüsü, Otto-Burkhardt, Minke, 1966	165
6.3.4.10 Utica Toplantı Salonu, Gehron, Seltzer, Utica, ABD, 1959	165
6.3.5 Değerlendirme	166
6.4 Membran Sistemler	168
6.4.1 Tanımlama- Tarihçe	168
6.4.2 Membran Sistemler için Malzemeler	168
6.4.2.1 Homojen Membranlar	169
6.4.2.2 Örgü (Dokuma) Membranlar	169
6.4.2.3 Homojen/ Örgü Membranlar Kombinasyonu	169
6.4.3 Membran Taşıyıcı Sistemler	170
6.4.4 Membran Sistemlerin Uygulamaları	177
6.4.4.1 Cidde Hac Terminali, Skidmore, Owings-Merrill (SOM) Hochtief-Bau	177
6.4.5 Değerlendirme	178
6.5 Pnömatik Sistemler	179
6.5.1 Tanımlama- Tarihçe	179
6.5.2 Tek Cidarlı Pnömatik Sistemler	180
6.5.3 İki Cidarlı (Şişirme) Pnömatik Sistemler	185
6.5.4 Pnömatik Sistem Uygulamaları	186
6.5.4.1 Mitsu Grubu Pavyonu, Takamitsu Azuma, Katsuhiko Yamaguchi, 1970	186
6.5.4.2 Splendinger'de Çok Amaçlı Salon, Manfred Schiedhelm Almanya	187
6.5.4.3 Metal Folyolu Pnömatik Kubbe, Mamoru Kawaguchi	188



6.5.4.4 ABD Pavyonu, Davis Chermayeff, Ohbayashi- Gumi Lmd., Osaka, 1970	189
6.5.4.5 Silverdome, Pontiac O'Dell Hewlett-Luc kenbach, Geiger, Berger, Michigan 1975	190
6.5.4.6 Boston Sanat Merkezi Tiyatrosu, Carl Koch, Paul Weidlinger. 1959	191
6.5.4.7 Taşınabilir Sergi Salonu, Lundy	191
6.5.4.8 Fuji Grubu Pavyonu, Yukata Murata, Mamoru Kawaguchi, Osaka, Japonya. 1970	192
6.5.4.9 Yüzen Tiyatro ve Sergi Binası, Yukata Murata, Mamoru Kawaguchi. Expo 1970, Osaka	194
6.5.4.10 Değişebilir Pnömatik Çatı, R. Kleine. G. Kulm, W. Witte. W. Hauck Rülzheim Almanya	194
6.5.5 Değerlendirme	195
7. ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMLERİ	197
7.1 Kısmen Endüstrileşmiş Yapım Sistemleri	197
7.2 Tam Endüstrileşmiş Yapım Sistemleri	200
7.2.1 Prefabrik Sistemlerin Sınıflandırılması	203
7.2.1.1 Üretim Yerine Göre	203
7.2.1.1.1 Şantiye Üretim: (Üstü Açık veya Örtülü ) Sabit Kalıplı Üretim	203
7.2.1.1.2 Fabrika Üretim (Sabit Üretim veya Hareketli Bant Üretimi)	203
7.2.1.2 Taşıyıcı Sistemine Göre	204
7.2.1.2.1 İskelet Sistemler	204
7.2.1.2.1.1 Kolon- Kiriş Sistemi	204
7.2.1.2.1.2 Çerçeve Sistemler	207
7.2.1.2.1.3 Mantar Sistemler	211
7.2.1.2.2 Panel Sistemler	212
7.2.1.2.2.1 Panellerin İşlevleri	213
7.2.1.2.2.2 Panellerin Konstrüktif Özellikleri	213
7.2.1.2.2.3 Panellerin Yerleştirilme Yöntemleri	214
7.2.1.2.2.4 Panellerin Boyutlarına Göre Sınıflandırılması	215



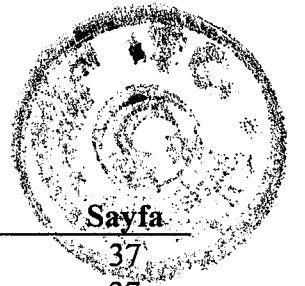
7.2.1.2.3 Hücre Sistemler	216
7.2.1.2.3.1 İşlevsel Özellikleri	216
7.2.1.2.3.2 Yapısal Özellikleri	217
7.2.1.3.3.3 Ağırlık Özellikleri	217
7.2.1.3.3.4 Hücrelerin Biraraya Getiriliş Biçimi	218
7.2.1.3.3.5 Hücrelerin Oluşturdukları Mekanı Sınırlayış Şekilleri	218
7.2.1.2.4 Karma Sistemler	219
7.2.1.2.4.1 İskelet+ Hücre Sistemler	219
7.2.1.2.4.2 Panel+ Hücre Sistemler	220
7.2.1.2.4.3 Panel+ İskelet Sistemler	220
7.2.1.3 Üretim ve Pazarlama Bakımından Sınıflandırma	220
7.2.1.3.1 Kapalı Sistemler	220
7.2.1.3.2 Yarı Kapalı Sistemler	221
7.2.1.3.3 Açık Sistemler	221
7.2.1.4 Eleman Ağırlıklarına ve Boyutlarına Göre Sınıflandırma	221
7.2.1.5 Prefabrikasyon Uygulamaları	222
7.2.1.5.1 Central Beheer İdare Binası, H. Herzberger. Hollanda	222
7.2.1.5.2 WPV- Münster İdare Binası, K. Kafka. Almanya	223
7.2.1.5.3 BM İzmit Toplu Konutları, Birleşmiş Milletler. Türkiye	223
7.2.1.5.4 Tridal İdare Binası, Sociere G.A. Fransa	224
7.2.1.5.5 Vogelsang Konutları, Mannheim. Almanya, 1964-1972	225
7.2.1.5.6 Ciba- Geigy Hayat Bilimleri Binası, Michell Giurgola New Jersey	226
7.2.1.6 Değerlendirme	228
8. SONUÇ	229
KAYNAKÇA	243



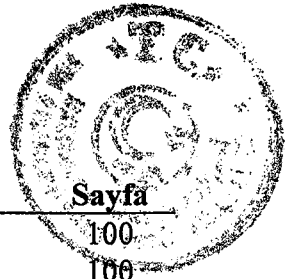
## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 3.1	Oyulmuş Sistem; Mağara	10
Şekil 3.2	Çatılmış Sistem; Sazdan Kulübe	10
Şekil 3.3	Karma Sistem, Hendek Ev	10
Şekil 3.4	“Churuata” Konstrüksiyon Şeması Piaroa, Venezuela	11
Şekil 3.5	Ahşap Yiğma Ambar, Vannhus, İsveç	11
Şekil 3.6	Açıklık Üzerinde Taş Lento	11
Şekil 3.7	Aslanlı Miken Kapısı	11
Şekil 3.8	Yunan Mimarisi, Zeus Tapınağı (M.Ö. 5. Yy.)	12
Şekil 3.9	Açma Kemerlerin, Kemer ve Gergilerle Karşılanması	12
Şekil 3.10	Çeşitli Kemer Tipleri	13
Şekil 3.11	Haçvari Tonoz-Manastır Tonozu	13
Şekil 3.12	Çeşitli Tonoz Kullanımları	13
Şekil 3.13	Tonozlu Sistemlerde Yük Dağıtımı	14
Şekil 3.14	Tromp-Pendantif	14
Şekil 3.15	Kubbeli Sistemlerde Yük Dağılımı	14
Şekil 3.16	Tek Tabanlı Ahşap İskelet, ”Balloor Frame”	15
Şekil 3.17	Rems Katedrali:Plan, Kesit, Cephe (1220)	15
Şekil 4.1	Sargon Sarayı Kapısı	17
Şekil 4.2	İstar Kapısı	17
Şekil 4.3	Sargon Sarayı Perspektivi	17
Şekil 4.4	Ur Ziguratu	17
Şekil 4.5	Papiriform Sütun Başlığı	19
Şekil 4.6	Lotiform Sütun Balığı	19
Şekil 4.7	Palmiform Sütün Başlığı	19
Şekil 4.8	Khansu Tapınağı, Kesit, Plan, Perspektif	20
Şekil 4.9	Mısır Tapınak Planı	20
Şekil 4.10	Parthenon Planı	21
Şekil 4.11	Parthenon Doğu Cephesi	21
Şekil 4.12	Sistem Detayı	21
Şekil 4.13	Parthenon’un Güneybatı Perspektivi	22
Şekil 4.14	Dor-İyon-Korint Sütun Düzenleri	23
Şekil 4.15	Konstantin Bazilikası	26
Şekil 4.16	Pantheon Planı	27
Şekil 4.17	Pantheon Boyunca Kesit	27
Şekil 4.18	Pantheon Kubbe Nervürleri	28
Şekil 4.19	Pantheon Esas Cephe	28
Şekil 4.20	St. Vitale Kilisesi, İtalya, 526	30
Şekil 4.21	Ayasofya Kilisesi Planı	31
Şekil 4.22	Ayasofya Boyuna Kesit	31
Şekil 4.23	Tipik Roman Kilisesi Planı	33
Şekil 4.24	St.Nectaire Kilisesi	34

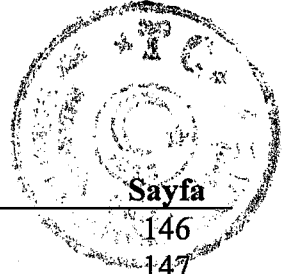




Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 4.25	Gotik Sanatı Yapım Ögeleri	37
Şekil 4.26	Gotik Sanatı Yapım Ögeleri	37
Şekil 4.27	Gotik Sanatı Yapım Ögeleri	37
Şekil 4.28	Noyan Kilisesi	37
Şekil 4.29	Notre Dame De Paris	37
Şekil 4.30	St. Pierre Kilisesi Planı	41
Şekil 4.31	St. Pierre Kesit	41
Şekil 4.32	St. Marie Kilisesi (Lubeck)	43
Şekil 4.33	Süleymaniye Cami	45
Şekil 4.34	Selimiye Cami	46
Şekil 5.1	F. Hennebique Villa Bourg	52
Şekil 5.2	A. Perret Notre Dame Du Raincy	53
Şekil 5.3	Şelale Evi Zemin Kat Planı	59
Şekil 5.4	Şelale Evi İlk Kat Planı	59
Şekil 5.5	Şelale Evi A-A Kesiti	60
Şekil 5.6	Şelale Evi Görünüş	60
Şekil 5.7	Araştırma Labaratuvarı Planı	61
Şekil 5.8	Araştırma Lab. Kesit,Racine Wisconsin Lloyd Wright	61
Şekil 5.9	Araştırma Labaratuvarı Perspektivi	61
Şekil 5.10	Marsilya Konut Bloğu Planı	70
Şekil 5.11	Marsilya Konut Bloğu Kesiti	71
Şekil 5.12	Notre Dame Du Haut 1955	72
Şekil 6.1.1	Perde-Plak	80
Şekil 6.1.2	Tek ve İki Yönde Çalışan Düzlem Yüzeysel Strüktürler	81
Şekil 6.1.3	Gatti Wool Fabrika Binası Roma, 1953	82
Şekil 6.1.4	Nates Blokları, Fransa 1955	83
Şekil 6.1.5	Düz Plagın Katlanarak Direnç Kazanması	84
Şekil 6.1.6	Katlanmış Plak	84
Şekil 6.1.7	Prizmatik Katlanmış Plak Örnekleri	85
Şekil 6.1.8	Piramidal Katlanmış Plak Örnekleri	86
Şekil 6.1.9	Çerçeve Biçiminde Katlanmış Plak	86
Şekil 6.1.10	Prizmatik Katlanmış Plak Örnekler	87
Şekil 6.1.11	Pirimidal Katlanmış Plak Örnekler	88
Şekil 6.1.12	Çerçeve Biçiminde Katlanmış Plak Örnekler	89
Şekil 6.1.13	Amerikan Beton Enstitüsü, ABD, 1958	90
Şekil 6.1.14	Teleferik Terminali, Venezuela, 1955	90
Şekil 6.1.5	Unesco Konferans Salonu, Fransa, 1958	91
Şekil 6.1.16	Notre Dame, Fransa	92
Şekil 6.1.17	Silindirik Yüzey	95
Şekil 6.1.18	Konik Yüzey	95
Şekil 6.1.19	Kısa Silindirik Kabuğu Kuvvetlerinin Dağılımı	95
Şekil 6.1.20	Tek Eğrilikli Kabuk Sistemler	96
Şekil 6.1.21	Şed Kabuklar	97
Şekil 6.1.22	Dönel Yüzey	98
Şekil 6.1.23	Dönel Yüzey Örnekleri	98
Şekil 6.1.24	Öteleme Yüzeyi	99



Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 6.1.25	Dönel Yüzeyler	100
Şekil 6.1.26	Öteleme Yüzeyi	100
Şekil 6.1.27	Hiperboloid	100
Şekil 6.1.28	Hiperbolik Paraboloid	100
Şekil 6.1.29	Konoid	101
Şekil 6.1.30	Çift Eğrilikli Kabuk Sistemler	102
Şekil 6.1.31	Dönel Yüzeyli Kabuk Sistemler	103
Şekil 6.1.32	Dönel Yüzeyli Kabuk Sistemler	104
Şekil 6.1.33	Dönel Yüzeyli Kabuk Sistemler	105
Şekil 6.1.34	Asal Eğrilikli Zıt İşaretli Olan Çift Eğrilikli Kabuklar	106
Şekil 6.1.35	St. Louis Hava Terminali Binası	108
Şekil 6.1.36	Alberquerque Belediye Salonu Planı	109
Şekil 6.1.37	Alberquerque Belediye Salonu Kesiti	109
Şekil 6.1.38	Küçük Spor Salonu, Roma, İtalya	110
Şekil 6.1.39	Küçük Spor Sarayı	111
Şekil 6.1.40	Meksika Xochimilco Lokantası Kesiti	112
Şekil 6.1.41	Son Jose Obrero Kilisesi Planı (1/500)	113
Şekil 6.1.42	San Jose Obrero Kilisesi Görünüşü (1/500)	113
Şekil 6.1.43	Sydney Opera Binası Kesiti	115
Şekil 6.2.1	Dikdörtgen Düzenleme	119
Şekil 6.2.2	Uzay Strüktürlerin Türetimde Yararlanılan Geometrik Hacimsel Biçimler	120
Şekil 6.2.3	Açılı Düzenleme	121
Şekil 6.2.4	Çapraz Düzenleme	122
Şekil 6.2.5	Düz Üçgen Düzenleme	123
Şekil 6.2.6	Ters Üçgen Düzenleme	123
Şekil 6.2.7	Dört Doğrultulu Düzenleme	124
Şekil 6.2.8	Basit Düzenleme	124
Şekil 6.2.9	Çift Altıgen Düzenleme	125
Şekil 6.2.10	Eğri Kafes Sistemler	127
Şekil 6.2.11	Uzay Kafes Sistemler	128
Şekil 6.2.12	Küresel Yüzeyler İçin Kafes Sistemler	129
Şekil 6.2.13	Küresel Uzay Kafes Sistemler	130
Şekil 6.2.14	Kürenin Bölünmesi	131
Şekil 6.2.15	Jeodezik Bölme	131
Şekil 6.2.16	Sekizinci Frekansa Göre Jeodezik Bölme	131
Şekil 6.2.17	Galaxy Toyama Plan ve Kesiti	134
Şekil 6.2.18	Orio Spor Salonu Planları ve Kesiti	135
Şekil 6.2.19	Cam Piramit Kesit ve Plan	136
Şekil 6.2.20	Tatilya Plan ve Kesitleri	137
Şekil 6.2.21	United Airlines Terminal Binası	138
Şekil 6.3.1	Tel Grubu	143
Şekil 6.3.2	Çelik Halatlar	143
Şekil 6.3.3	Düğüm Noktaları	144
Şekil 6.3.4	Asılma Noktaları	144
Şekil 6.3.5	Kablo Uçlarının Bitiş Örnekleri	145



<b>Şekil Numarası</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 6.3.6	Hafif Yapılarda Ankrajlar	146
Şekil 6.3.7	İp Eğrileri	147
Şekil 6.3.8	Tek Kablolü Sistemlerin Statik Çalışması	148
Şekil 6.3.9	Çift Tabakalı Asma Sistemler	149
Şekil 6.3.10	İki ve Üç Yönlü Kablo Ağları	150
Şekil 6.3.11	İç ve Dış Çemberlerin Konumu	152
Şekil 6.3.12	Ters Eğrilikli Kablo Ağları	153
Şekil 6.3.13	Ters Eğrilikli Kablo Ağları	154
Şekil 6.3.14	Ters Eğrilikli Kablo Ağları	155
Şekil 6.3.15	Ters Eğrilikli Kablo Ağları	156
Şekil 6.3.16	Ters Eğrilikli Kablo Ağları	157
Şekil 6.3.17	J.F Dulles Havaalanı Terminal Binası	158
Şekil 6.3.18	Mantua Kağıt Fabrikası	159
Şekil 6.3.19	Değişebilir Yüzme Havuzu	160
Şekil 6.3.20	North Carolina Eyalet Fuarı	161
Şekil 6.3.21	Ingalls Buz Hokeyi Binası	161
Şekil 6.3.22	Tokyo Büyük Olimpiyat Stadyumu	162
Şekil 6.3.23	Batı Almanya Pavyonu	163
Şekil 6.3.24	Münih Olimpiyat Stadyumu	164
Şekil 6.3.25	Stuttgart Üniv. Hafif Yapı Enstitüsü	165
Şekil 6.3.26	Utica Toplantı Salonu	165
Şekil 6.4.1	Bir ve iki Yüksek Noktalı Çadır Sistemler	171
Şekil 6.4.2	Çadır Sistem Örnekleri	172
Şekil 6.4.3	Merkezde İlave Ankraj Noktalı Çadır Sistemler	173
Şekil 6.4.4	Kenarlardan Ankrajlı Çadır Sistemler	174
Şekil 6.4.5	Taban Noktalarına Göre Çadır Sistemler	175
Şekil 6.4.6	Sabit Noktaların Düzenlenmesine Göre Çadır Sistemler	176
Şekil 6.4.7	Cidde Hac Terminali	177
Şekil 6.5.1	Pnömatik Sistem Türleri	180
Şekil 6.5.2	Hava Destekli Pnömatik Sistemlerde Biçimler	181
Şekil 6.5.3	Kablo Takviyeli Pnömatik Sistemlerin Temel Tipleri	181
Şekil 6.5.4	Tek Cidarlı Pnömatik Sistemlerin Temel Tipleri	182
Şekil 6.5.5	Tek Cidarlı İç Ankraj Noktalı ve İç Basınçlı Sistemler	183
Şekil 6.5.6	Tek Cidarlı Pnömatik Sistem Örnekleri	184
Şekil 6.5.7	Hortum Strüktürler	185
Şekil 6.5.8	Mitsui Grubu Pavyonu	187
Şekil 6.5.9	Splendinger'de Çok Amaçlı Salon	188
Şekil 6.5.10	Metol Folyolu Pnömatik Kubbe	189
Şekil 6.5.11	ABD Pavyonu Osaka	190
Şekil 6.5.12	Boston Sanat Merkezi	191
Şekil 6.5.13	Lundy'nin Taşınabilir Sergi Binası	192
Şekil 6.5.14	Fuji Grubu Pavyonu	193
Şekil 6.5.15	Yüzen Sergi Salonu	194
Şekil 6.5.16	Değişebilir Pnömatik Çatı	195
Şekil 7.2.1	Sabit Mafsallı Sistem	205
Şekil 7.2.2	Rijit Bağlantılı Sistem	205



<b>Şekil</b>		<b>Sayfa</b>
<b>Numarası</b>	<b>Adı</b>	
Şekil 7.2.3	İki ve Üç Mafsallı Üçgen Kirişli Sistemler	205
Şekil 7.2.4	İki ve Üç Mafsallı Kemer Kirişi	206
Şekil 7.2.5	Kirişlerin Kolon Çıkıntılarında Oturma Durumu	206
Şekil 7.2.6	Lambda Sistemler	206
Şekil 7.2.7	Tek Parçalı Sistem	207
Şekil 7.2.8	Çok Parçalı Sistemler	207
Şekil 7.2.9	Lambda Sistemler	207
Şekil 7.2.10	Kemerler ve Üçgen Çerçevesel	208
Şekil 7.2.11	H. Formlu Çerçeve Elemanlar	208
Şekil 7.2.12	İki Mafsallı Çerçevesel	209
Şekil 7.2.13	T Formlu Sistemler	209
Şekil 7.2.14	T ve L Formlu Sistemler	209
Şekil 7.2.15	Karkas Sistemler	211
Şekil 7.2.16	Mantar Döşeme	211
Şekil 7.2.17	Tek Parçalı Monolitik Paneller	213
Şekil 7.2.18	Çok Parçalı Kompozit Paneller	214
Şekil 7.2.19	Duvar Panellerini Yerleştirme Yöntemleri	214
Şekil 7.2.20	Büyük Panel Sistemler	215
Şekil 7.2.21	Küçük Panel Sistemler	216
Şekil 7.2.22	Sandık Hücre	217
Şekil 7.2.23	Panellerden Oluşan Hücre	217
Şekil 7.2.24	Kapalı Hücre	218
Şekil 7.2.25	Açık Hücre	219
Şekil 7.2.26	İskelet + Hücre Sistemler	219
Şekil 7.2.27	Panel + Hücre Sistemler	220
Şekil 7.2.28	Panel + İskelet Sistemler	220
Şekil 7.2.29	Central Beheer İdare Binası	222
Şekil 7.2.30	WPV Münster Binası	223
Şekil 7.2.31	İzmit Toplu Konutları	224
Şekil 7.2.32	Tridal İdare Binası	225
Şekil 7.2.33	Vagelsang Konutları	226
Şekil 7.2.34	Ciba Geigy Hayat Bilimleri Binası	227

## RESİM LİSTESİ



<b>Resim Numarası</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1	Yığıma Sistem, Dolmen, Salisbury, İngiltere	10
Resim 4.1	Köhl Katedrali (1886)	38
Resim 5.1	Crystal Palace, 1851	50
Resim 5.2	Eiffel Kulesi, Paris	50
Resim 5.3	Home Life Insurance Building	51
Resim 5.4	Reliance Building, 1990	51
Resim 5.5	A. Perret Apartments (Paris)	52
Resim 5.6	T. Garnier, Cite Industrielle	53
Resim 5.7	Wainwright Binası, 1890, L. Sullivan	56
Resim 5.8	Carson Pirie C. Binası, Chicgo L. Sullivan	57
Resim 5.9	Werkbund Sergisinde Fabrika, 1914	63
Resim 5.10	Fabrika Merdiven Holü	63
Resim 5.11	Fagus Werke, 1914	63
Resim 5.12	Tugendhat Evi, 1930	65
Resim 5.13	Seagram Building, New York, 1958	66
Resim 5.14	Skyscraper Apartmanları, Chicago, 1951	67
Resim 5.15	Marsilya Konut Bloğu Unite'd Habitation Marseilles	70
Resim 5.16	Notre Dame Du Hout Kilisesi	72
Resim 5.17	İsviçre Öğrenci Yurdu, 1932	73
Resim 6.1.1	Algericas Pazar Holü, İspanya, 1934	107
Resim 6.1.2	Meksika Xochimilco Lokantası	112
Resim 6.1.3	San Jose Obrero Kilisesi	114
Resim 6.1.4	Sydney Opera Binası, Avusturya	115
Resim 6.2.1	Beton Rouge	131
Resim 6.2.2	Montreal Sergisi ABD Pavyonu	131
Resim 6.3.1	Coalbrookdale Köprüsü	140
Resim 6.3.2	Menai Köprüsü	141
Resim 6.5.1	Silverdome, Pontiac	191
Resim 6.5.2	Fuji Grubu Pavyonu	193



## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo Numarası</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Tablo 8.1	Endüstri Devrimi Öncesi Strüktürel Gelişme	231
Tablo 8.2	Endüstri Devrimi Öncesi Strüktürel Gelişme	232
Tablo 8.3	Endüstri Devrimi Sırasındaki Strüktürel Gelişme	233
Tablo 8.4	Çağdaş Strüktürel Gelişme	234
Tablo 8.5	Endüstrileşmiş Yapım	235





## ÖNSÖZ

Taşıyıcı Sistemlerin ortaya çıkması ve gelişmesinde insanın içgüdüsel barınak gereksiniminin yanı sıra, daima kendisini asma, daha iyiyi bulma çabası da etkili olmaktadır.

Mimariyi meydana getiren temel elemanlardan birisi olan strüktür, zaman içinde malzemeye paralel olarak teknik ve teknolojik aşamaları izleyen bir gelişme göstermiştir. Taşıyıcı yönünden mimarlıkta amaç yani ihtiyaç daima en az maliyet ile gerekli ve yeterli etkinlikte strüktürlerin gerçekleştirilmesi olmuştur.

Bu çalışmada ilk insanın yapmış olduğu ilkel barınaklardan başlayarak, günümüzün çağdaş yapılarına kadar geçen zaman içindeki strüktürel gelişme, olumlu ve olumsuz yönleri ile incelenmiş, örnekler verilerek biçime etkisi vurgulanmıştır. Strüktür sistemlerini bu açıdan incelemek isteyen tasarımcıların yararlanabileceği bir kaynak olarak düşünülmüştür.

Bu çalışmanın hazırlanmasında öneri ve eleştirileri ile yardımcı olan tez danışmanım sayın Doç. Dr. Orhan Reman'a ve yardımını ve desteğini esirgemeyen eşime içtenlikle teşekkür ediyorum.

Balıkesir 1998

Fatma Necla SAY



## 1.GİRİŞ

Mimarlık, salt barınmak gibi adeta içgüdüsel bir ihtiyaçtan doğmuş, uygarlıkla birlikte toplumsal hayatın gelişmesine paralel olarak insanın daima kendisini aşma ve daha büyük alanları daha ekonomik olarak örtmek istemesinin gündeme gelmesiyle zenginleşerek günümüze kadar gelmiştir.

Geçmişten bugüne mimari formun yaratılmasında en etkin rolü “strüktür” oynamıştır.

Strüktürün gerçek ihtiyaçtan gerçek imkana uzanan değerlendirme sistemine uygun olarak mimariyle bütünleşmesi, ait olduğu toplumun uygarlık düzeyini belirleyen en gerçekçi davranış biçimi olmuştur.

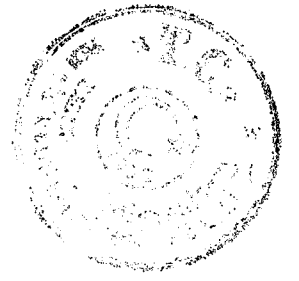
Mimariyi meydana getiren temel elemanlardan biri olan strüktür, zaman içinde malzemeye paralel olarak teknolojik aşamaları izleyen bir gelişme göstermiştir. Strüktür her dönemde mimariyi biçimlendiren tüm kuruluşa bağlı olarak tümel formu etkileyen en etkin faktörlerin başında gelmiş ve spontone sistemlerden başlayarak pek çok yapının tümel formunu adeta doğrudan doğruya meydana getirerek tümel form ile strüktürel formun özdeşleştiği yapılara olanak sağlamıştır.

Başlangıçtan günümüze tüm strüktürel gelişme, bu gelişmenin etkenleri, süresi ve hızı bakımından üç dönemde ele alınmaktadır.

- Endüstri Devrimi Öncesi Strüktürel Gelişme
- Endüstri Devrimi Sırasındaki Strüktürel Gelişme
- Çağdaş Strüktürel Gelişme

Spontane sistemlerden başlayarak yapı sanatındaki becerisini arttıran ve daha bilinçli bir şekilde kullanmasını öğrenen insanoğlu ilk etkin strüktürleri ortaya koymaya başlamıştır. Bunlar ;





- Lentolu sistemler,
- Kemer – Tonoz- Kubbe sistemler,
- İskelet Sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Böylece kagir giriş ve lentolardan kemerlere, dairesel kemerlerden parabolik gotik kemerlere, kemerlerin bir doğrultuda ötelenmesiyle elde edilen tonozlara yine kemerlerin bir eksen etrafında döndürülmesiyle meydana gelen küresel kubbe, gotik kubbe gibi eğri taşıyıcı sistemlere doğru izlenen gelişme sağlanmıştır.

Tarih boyunca lentolu sistemler Eski Yunan, Mısır ve Mezopotamya Mimarilerinde, Kemer-Tonoz-Kubbe sistemleri Roma, Bizans ve Osmanlı Mimarileri'nde, İskelet Sistemler ise daha çok Gotik ve Barok Sanatları'nda kullanılmıştır.

1779'da John Wilkinson'un ilk demir köprüsünden sonra, demirin bünyesindeki karbon maddesinin azaltılması ile demirden çok daha güçlü olan çelik inşaat malzemesi olarak 1855'ten itibaren kullanılmaya başlanmıştır.

1850'de 600 m. uzunluğunda, 120 m. genişliğinde ve 37 m. yüksekliğinde inşa edilen Crystal Palace'ta ilk defa cam ve demir birarada kullanılmıştır. Yine bu dönemde ilk kez fonksiyonel biçimlendirme temel prensip olarak mimaride yerini almıştır. 1885 yılında Chicago'da 12 katlı olarak inşa edilen "Home Insurance Building" ilk gökdelen olarak tanımlanmıştır. Fransa'da 1850'lerde ilk kez fonksiyonel biçimlendirme temel prensip olarak yerini almıştır.

Bu yeni inşaat anlayışı ile yüksek bloklarda prefabrike elemanların demir kirişlerin ve kabloların son olarak da iskelet sisteminin kullanılmasına başlanmıştır.

19.yy'ın sonunda demir ve camın yanında mimariye üçüncü bir yapı unsuru olarak beton girmiştir. Paris'te Perret'in 22 Rue Franklin'deki apartmanı yeni bir malzeme olarak betonun serbestçe kullanıldığı ilk yapıdır.

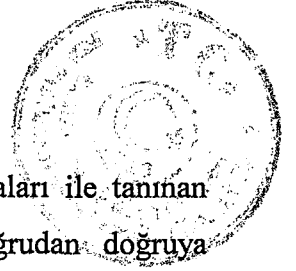


1900'lerden sonraki dönem, mimari özellikleri ve yapısal nitelikleri açısından üç dönemde değerlendirilmektedir. Bu üç temel dönemden her biri belirli mimarlar tarafından temsil edilmiş ve karakterlerini o mimarların tutum ve davranış biçimlerinden almışlardır. I. Dönemin (1919-1929) mimari tarzı karelerden ve küplerden oluşmakta Haering, Gropius, Van Doesburg, Mies Van der Rohe , Le Corbusier ve Mandelsohn tarafından temsil edilmektedir. Aalto, Lucio Casta, Niemeyer, Breuer, Eiermann, Jacobsen, Van den Broek, Terregni, ve Sakakura II. Dönem mimarları arasındadır ve bu dönem yapılarında tabiatla uyuşma sözkonusu olup eskiyle yeni arasında bir uyuşmaya gidilebileceği ispatlanmıştır. III. Dönem'in önde gelen mimarları Bunshaft, Saarinen, Candela, Philip Johnson, Yamasaki, Tange olarak sıralanmaktadır. Bu dönemde mimaride basitleşmeye, dış görünüşte sadeleşmeye doğru bir değişim oluşmaktadır.

Bugün çağdaş strüktür dizayncılarının amacı, canlı strüktürlerin incelenmesinden elde edilen bulgularla sadece basit çekme ve basınç gerilmelerinin bulunduğu ve en az malzeme ile en büyük açıklıkların geçilebileceği sistemleri gerçekleştirmektir. Hergün gelişen teknoloji sonucu ortaya çıkan yeni malzemelerin de hızlandırdığı çağdaş gelişmenin sonuçları dört grupta toplanmaktadır. Bunlar ;

- Yüzeysel Strüktürler,
- Uzaysal Strüktürler,
- Asma-Germe Sistemler,
- Pnömatik Sistemlerdir.

Günümüzde de özellikle strüktürün ağır bastığı geniş açıklıklar ve büyük boyutlar kapsayan yapıların hemen hemen tümünde tümel form, strüktür formunun bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Erken örneklerden birinde Freyssinet'in 1915'te dizaynladığı parabolik kesitli dişli form, "V" şeklinde katlanmış plak kesitli kemerlerden türemişken Hellmuth, Yamasaki ve Leinweber'in St. Louis uçak hangarlarının üst ötrüsü de haçvari tonoz şeklinde kesişen yarım silindirik tonoz parçalarından oluşmuştur.



Yüzeysel strüktürler, özellikle kabuklar alanındaki çalışmaları ile tanınan Candela'nın her yapısında tümel form strüktürel form ile doğrudan doğruya özdeşleşmektedir.

Pnömatik konstrüksiyonların biçimsel özelliklerini belirleyen yumuşak eğrisel hatlar ve kapanıklık genel strüktürel gerekliliğinin dolaysız bir sonucu iken, asma germe sistemlerde yapıyı oluşturan tüm elemanların çalışma tarzları görsel olarak da izlenebilecek kadar açık bir şekilde kullanılmıştır.

Gerçekten de Münih Olimpiyatları Kompleksi'nde sadece taşıyıcı elemanlarla taşınan kısmın değil taşıyıcılar arasında hangilerinin saf çekmeye hangilerinin de saf basınca çalıştığı açıkça izlenebilmektedir.

Buckminster Fuller'in Montreal'de düzenlenen EXPO-67 için dizaynladığı ABD Pavyonu'nun küresel formu da yine strüktüründen, bu defa uzaysal sistemlerden kaynaklanmıştır. Sistemi oluşturan çeşitli yönlere dağılmış basınç ve çekme çubukları burada cephe dokusunu oluşturarak ayrıca dekoratif bir etki de yaratmaktadır.

Çağımız mimarlığı özellikle son 25 yıldır önemli değişme ve gelişmelere tanık olmaktadır. Günümüzde mimarlık "Çoğulcu" bir görünümde olup birçok mimari akım ve dilin beraberce varlığını sürdürdüğü bir ortama dönüşmüştür. XX. yy. başlarından günümüze kadar pek çok mimari teori ve ideoloji üretilmektedir.

### **1.1 Çalışmanın Kapsamı**

Bu çalışmanın kapsamında;

1.Bölümde : Spontane sistemlerden başlayarak günümüze kadar olan dönemlerde kullanılan strüktürün biçimi nasıl etkilediği hakkında genel bir fikir verilerek konunun ne şekilde ele alınacağı ortaya konacaktır.



2.Bölümde : Başlangıçtan günümüze mimari strüktür ile ilgili tanımlamalar yapılarak strüktürel gelişmenin bir sınıflandırması yapılacaktır.

3.Bölümde : Endüstri Devrimi öncesi strüktürel gelişme, spontane sistemlerden başlayarak endüstri devrimine kadar ele alınacaktır. Bu bölümde dönemi yansıtan mimari stiller, ortaya çıkışları, mimariye kattıkları yeni malzemeler ve strüktürel elemanlar açısından tek tek incelenecek konu, ilgili şekiller ve resimlerle açıklanacaktır.

4.Bölümde : Değişik uygarlıklardaki mimari stiller tarihi gelişimi içerisinde incelenecek, geçmişteki uygarlıklarda kullanılan mimari tasarımlar örnek şekil ve resimlerle açıklanacaktır.

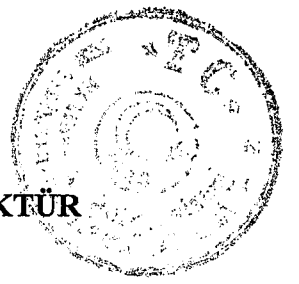
5.Bölümde : Endüstri devriminin etkileriyle yeni malzemelerin bulunması ve yapım sistemlerindeki gelişmeler ele alınacak, çelik, beton ve demirin mimariye girmesiyle mimari üsluptaki değişimler dönemlere ayrılarak incelenecektir. Bu dönemlerin önemli mimarları, mimariye kattıkları yapısal nitelikler ve yaptıkları tasarımlarla ele alınacak, konu örnek resim ve şekillerle aynı başlık altında ancak bölümün alt başlıkları halinde analiz edilecektir.

6.Bölümde : Çağdaş strüktürler gelişim sırasına göre; “Yüzeysel Strüktürler”, “Uzaysal Strüktürler”, “Asma Germe Sistemler”, “Pnömatik Sistemler” olarak alt başlıklar halinde ele alınacaktır. Bu sistemlerden her biri için tanımlama ve tarihçe, gelişim sürecindeki yeri, sistem ve analiz prensipleri, uygulanmış örnekleri ve strüktür-biçim ilişkisi şekillerle ve resimlerle incelenecek, mimariye sağladıkları strüktürel etkinlik olumlu ve olumsuz yönleri ile ele alınacaktır.

7.Bölümde : Endüstrileşmiş yapım sistemlerinin tanımı ve tarihçesi kısaca özetlenecek, kısmen endüstrileşmiş yapım sistemleri ve prefabrikasyon, bölümün alt başlıkları olarak analiz edilecektir. Kalıp yöntemlerinin tanımı, sınıflandırması, mimariye katkıları ve sistemin önemi vurgulanacak, bu yöntemler olumlu ve olumsuz yönleri ile ele alınacaktır. Prefabrike betonarme sistemler ise sistemin özelliklerine

göre incelenecek; imalat yeri, taşıyıcı sistemi, üretim ve pazarlama sistemi ve prefabrike elemanların ağırlık ve boyutlarına göre sınıflandırılacak; konu ilgili şekillerle açıklanacaktır. Bölüm sonunda uygulanmış örneklere yer verilecek ve sistem olumlu ve olumsuz yönleri ile incelenecektir.

8.Bölümde :Konu, sonuç olarak değerlendirilecektir. Bu bölümde, açıklanan tüm strüktürel sistemler analiz edilerek, tablolar halinde grafiksel anlatım şeklinde ifade edilecektir. Teknolojik ilerlemelerle yeni malzemeler ve yeni strüktürel düzenlemelerin mimariye kazandıracığı yeni boyutlar vurgulanacak, insanın kendini aşma isteğinin ve azminin son bulmayacağı belirtilerek konu sonuca ulaştırılacaktır.



## 2. BAŞLANGIÇTAN GÜNÜMÜZE MİMARİDE STRÜKTÜR

İnsan zayıf fiziksel yapısının bir gereği olarak daima kendisine bir barınak aramıştır. İnsanın doğaya hakimiyetinin gerçekleşmesiyle barınak gereksinimi kültürel ve özel yaşamın bir parçası biçiminde gelişmeye başlamıştır.

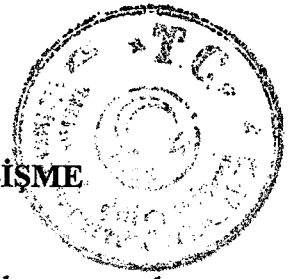
Barınak yapmak, barınak inşa etmek aslında taşıyıcı bir düzen kurmak, başka bir deyişle bir 'strüktür' oluşturmaktır. İlkel insanların içgüdüleriyle yapmış oldukları barınaklar, sistem açısından günümüz yapılarından pek değişik değildir. Başka bir deyişle bir çok ülkenin geleneksel mimarisi incelendiğinde insanların içgüdüleriyle bulmuş olukları taşıyıcı sistemlerin çağdaş strüktür sistemlerine yakın benzerlikleri görülmektedir.

Yapım ve üretim tekniklerinde, çağımızın özellikle ikinci yarısına doğru görülen gelişme, kısaca endüstri devriminin doğurduğu teknolojik olanakların ve toplumsal sorunların bir sonucu şeklinde yorumlanmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte bulunan yeni yapı malzemeleri (plastik malzemeler vb.), yeni yapım teori ve yöntemleri, uzay çağının getirdiği bir takım bilgilerin yapım sistemlerinin araştırılmasında ve hesaplanmasında kullanılmasıyla strüktür sistemlerinde ilerleme sağlanmıştır.

Taşıyıcı sistemlerin ortaya çıkması ve gelişmesindeki en büyük etken şüphesiz ki insanın içgüdüsel barınak gereksinimidir. Bu gereksinim sonucu insan yine içgüdüsel veya doğa örneklerinden esinlenerek onları taklit ederek bir takım taşıyıcı sistemlerin doğmasına imkan sağlamıştır [2].

Başlangıçtan günümüze tüm strüktürel gelişme, bu gelişmenin etkenleri, süresi ve hızı bakımından üç dönemde ele alınmaktadır.

- Endüstri Devrimi Öncesi Strüktürel Gelişme
- Endüstri Devrimi Sırasındaki Strüktürel Gelişme
- Çağdaş Strüktürel Gelişme



### 3.ENDÜSTRİ DEVRİMİ ÖNCESİ STRÜKTÜREL GELİŞME

İnsanlığın gelişim süresinde insanoğlunun doğa etkilerinden korunma çabası kadar yerçekimini yenme, ona karşı koyan direnme uğraşı da gözlenmektedir. İnsanın en doğal gereksinimlerinden olan barınma gereksinimi söz konusu olduğundan basınca ve çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerin, bir iç güdü veya rastlantı sonucu da olsa, daha tarih başlarında aynı zaman dilimlerinde uygulanmaya başlamış olması, dünyanın farklı bölgelerinde yaşayanlar tarafından biliniyor olması ilginçtir. Tarihsel süreç içinde taşıyıcı sistemlerin uzun bir zaman dilimine yayılarak yavaş yavaş geliştirdikleri daha az malzeme kullanımına doğru iyileştirmelerin getirildiği görülmektedir. [7].

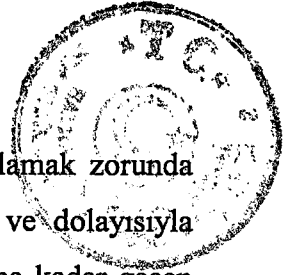
Paleolitik Çağ'dan M.S. 1700'lere, çeliğin yüksek fırınlarda üretilmesine kadar süren Göçebe Uygarlık ve Tarım Uygarlık dönemlerini kapsayan bu devrede insanoğlu önce çevresinde elde edebildiği taş ve ahşap gibi doğal malzemelerden yararlanacak sonraları ise kerpiç ve tuğla gibi ilkel olanaklarla üretilen malzemeleri kullanacaktır. M.Ö. 1700'lerde Hititlerce bulunan demirin strüktürel amaçla kullanımına ancak Endüstri Devrimi sırasında rastlanacaktır.

İnsanoğlunun o günlerde hatta teknolojide aşama yapamamış toplumlarda bugün de rastlandığı gibi bulduğu küçük müdahalelerle kullanabildiği bir mağara, çattığı ağaç dalları, üst üste yığıldığı taş mimarinin, dolayısıyla mimari strüktürlerin ilk örnekleri olarak kabul edilmektedir. Bu sistemler şöyle sıralanmaktadır [1].

#### 3.1 Spontane Sistemler

- Oyulmuş Sistemler (Mağara) [Şekil 3.1]
- Çatılmış Sistemler (Çadır, Kulübe) [Şekil 3.2]
- Yığma Sistemler (Tümülüs, Dolmen) [Resim 3.1]
- Karma Sistemler (Hendek ev) [Şekil 3.3]

İnsanlık tarihi büyük bölümler halinde üç önemli kültür dönemine ayrılır. Bunlar; yağma kültürü, tarım kültürü ve bilimsel teknoloji kültürüdür. İnsanlar bu



kültür aşamalarının birinden diğerine geçmek için binlerce yıl çabalamak zorunda kalmışlar, geçiş dönemleri büyük savaflara, inanç değişikliklerine ve dolayısıyla büyük acılara sebep olmuştur. Yağma kültüründen sitelerin doğmasına kadar geçen zaman içinde sanat eserlerinin üslubunda anıtsal nitelikler olmadığından bu devrin eserlerine primitif halk sanatları denmektedir. Bu devirdeki yapılar ağaç ve kerpiçtir. Tümülüs denilen mezar yapıları bu devrin yapılarıdır. Primitif halkın devlet kurması ve siteler halinde yaşamaya başlamasıyla insanlığın yeni ihtiyaçları sanatta anıtsal nitelikli taş yapıların ve heykellerin biçimlenmesine imkan vermiştir [3].

Bu önemli oluşum sonucu, sanatta 'arkaik' dediğimiz üslupta eserlerin doğması mümkün olmuştur. Arkaik üslup anıtsal sanatların ilk aşaması kabul edilmektedir. Arkaik üslup özellikleri, her işi yapan köy insanı yerine herkesin iş bölümü sebebiyle ayrı bir meslek sahibi olduğu toplum ortamında oluşmaktadır. Bu nedenle belli bir teknik yetkinlik arkaik üsluplu eserlerin önemli bir özelliği olarak belirmiştir.

Megalit kültürlerin taş yapıları (kurgan, menhir, tümülüs vb.) insanoğlunun yerleşik düzenle tanışmasından öncedir. Bu nedenle bu dönemde sanat eseri niteliği taşıyan taş yapılara rastlanmamaktadır. İnsanların devlet kurup siteler halinde yaşamaya başlamasıyla sanatta arkaik dediğimiz üslupla eserlerin doğması mümkün olmuştur. Arkaik üslup, anıtsal sanatların ilk aşaması olarak kabul edilmektedir. Arkaik mimari özellikleri;

- Yapılar geometrik-matematiksel biçimlerden oluşmaktadır.
- Evin dışına bakan pencere fikri yoktur. Bu çağda yapılar birer savunma yapısı özelliği taşımaktadır.
- Süs unsurundan şiddetle kaçınılmaktadır.
- Yapılar yalnız dinle ve mezarla ilgilidir.
- Çatılar konik, piramit, düz, kırma ya da beşik çatı ile örtülmektedir.
- İkel toplumların aksine çok gözlü yapılar meydana gelmektedir.
- Mezar ve tapınak yapıları taştandır.



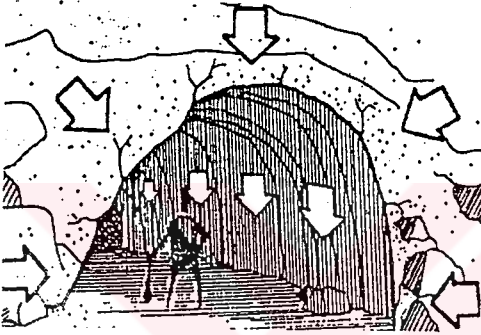
Yapı sanatındaki becerisini artıran, malzemeyi işlemesini ve daha bilinçli bir şekilde kullanmasını öğrenen insan daha sonra ilk etkin strüktürleri ortaya koymuştur. Bunlar;



### 3.2 Lentolu Sistemler (Mısır Mimarisi, Yunan Mimarisi)

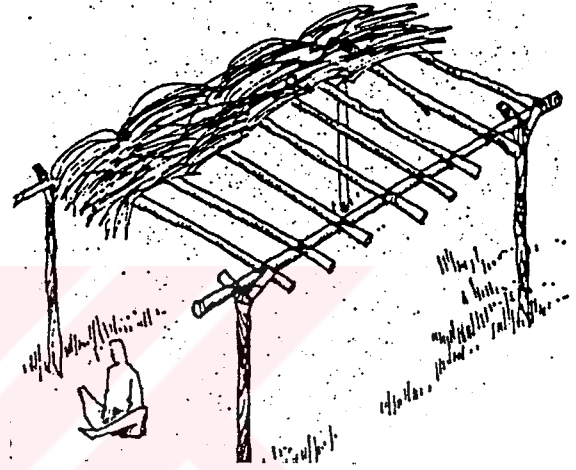
3.3 Kemer-Tonoz-Kubbe Sistemler (Roma Mimarisi, Selçuklu-Osmanlı, Rönesans]

### 3.4 İskelet Sistemler (Gotik Mimarisi) [1].



Şekil 3.1

Oyulmuş Sistem; Mağara  
[25,s:IV.4]



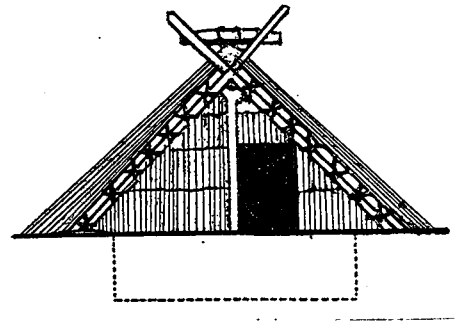
Şekil 3.2

Çatılmış Sistem; Sazdan Kulübe  
[25,s: I.I]



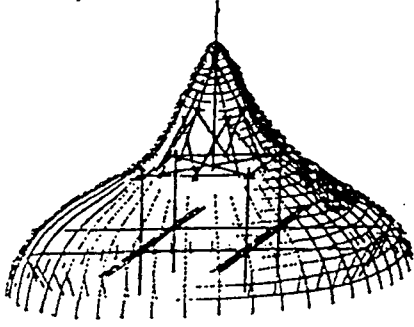
Resim 3.1

Yığma Sistem: Dolmen  
Salisbury, İngiltere [23,s:9]



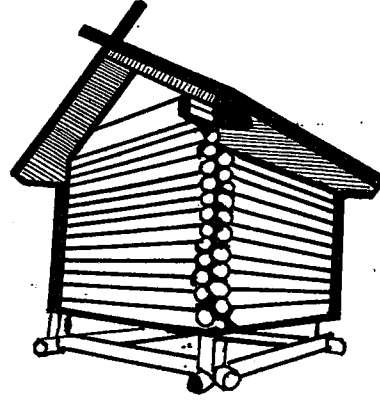
Şekil 3.3

Karma Sistem, Hendek Ev  
[1,s:1]



Şekil 3.4

'Churuata' Konstrüksiyon Şeması  
Piaroa, Venezuela [2,s:1]

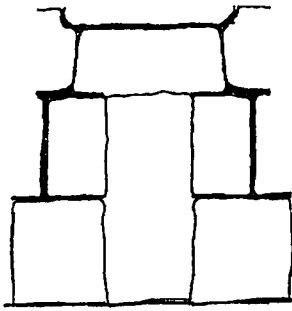


Şekil 3.5

Ahşap Yiğma Ambar, (1522)  
Vannhus, İsveç [2,s:1]

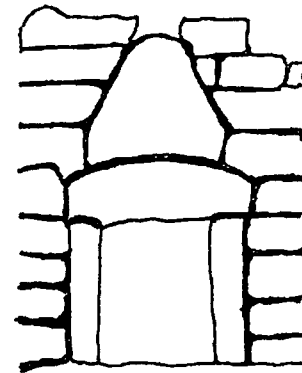
### 3.2 Lentolu Sistemler

Bu sistemlerin kapsamına açıklıkların basit yatay elemanlarla geçildiği düşey taşıyıcı olarak duvar ve kolonların kullanıldığı tüm yığma yapılar girmektedir. Eski Mısır ve Yunan mimarilerinin en belirgin örnekleri olarak kabul edilen bu sistemde, sistemin rijitliği ağır kitlelerin doğurduğu düşey kuvvetlerle sağlanmakta ve açıklıklar doğal malzemenin boyutları ile sınırlanmış bulunmaktadır.



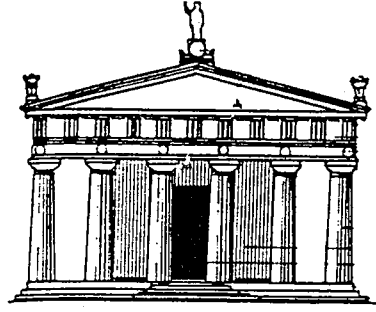
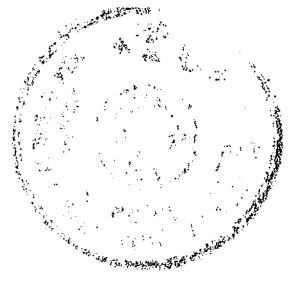
Şekil 3.6

Açıklık Üzerinde Taş Lento  
[23,s:10]



Şekil 3.7

Aslanlı Miken Kapısı (M.Ö.1500)  
[23,s:10]

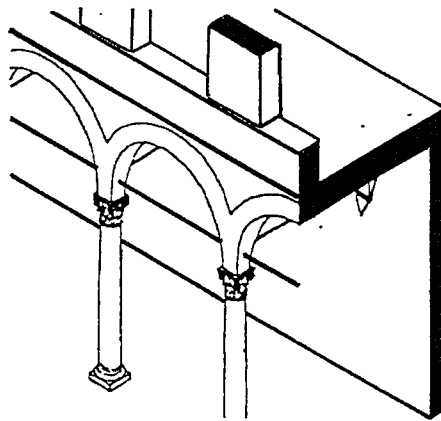


Şekil 3.8

Yunan Mimarisi, Zeus Tapınağı  
(M.Ö.5.yy.) [5,s:435]

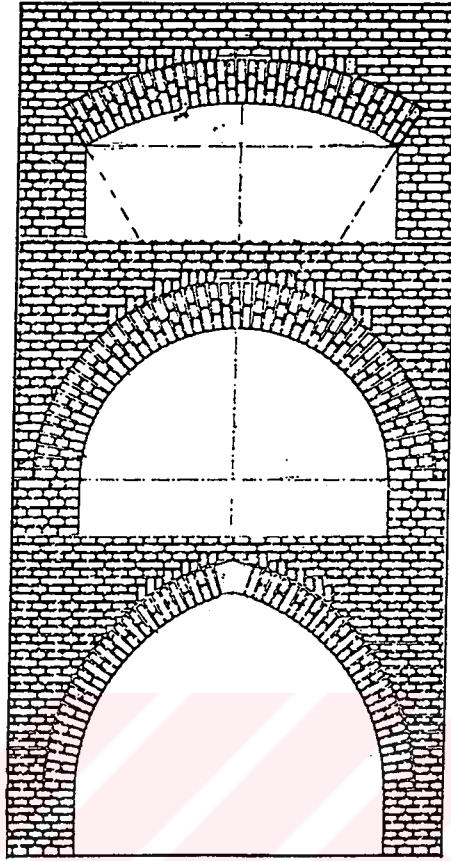
### 3.3 Kemer-Tonoz- Kubbe

Lento olarak, kullanılmaya elverişli boyutlarda taşların pek bulunmadığı yerlerde açıklıklar yaslama yüzeyleri bir merkeze yönlendirilmiş karma şekilde küçük elemanlarla oluşturulan yarım daire, yarım silindir, yarım küre veya bunlara yakın formlarda taşıyıcılarla geçilmiş yani sırasıyla kemer, tonoz ve kubbeler inşa edilmiştir. Bu sistemlerde genel formu belirleyen eğri yatıktan uzaklaşarak dikleştikçe taşıyıcılık artmakta ve üzengi satıhları üzerinde doğan açma kuvvetleri azalmaktadır. Bu açma kuvvetlerine karşı geçmişin ustaları kemer formu veya ağırlık ile düşey kuvvetleri artırmak, payanda, devam kemerler ve ek basınç gergi çubukları gibi çekme elemanları kullanmak yoluna gitmişlerdir.

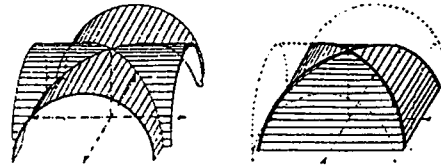


Şekil 3.9

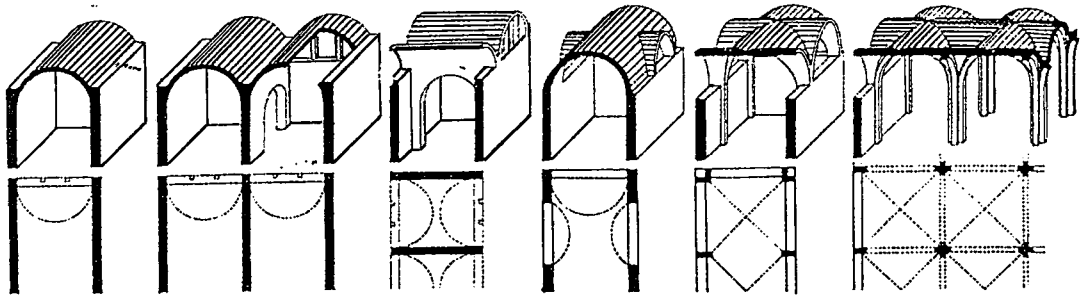
Açma Kemerlerin, Kemer ve Gergilerle Karşılanması [1,s:3]



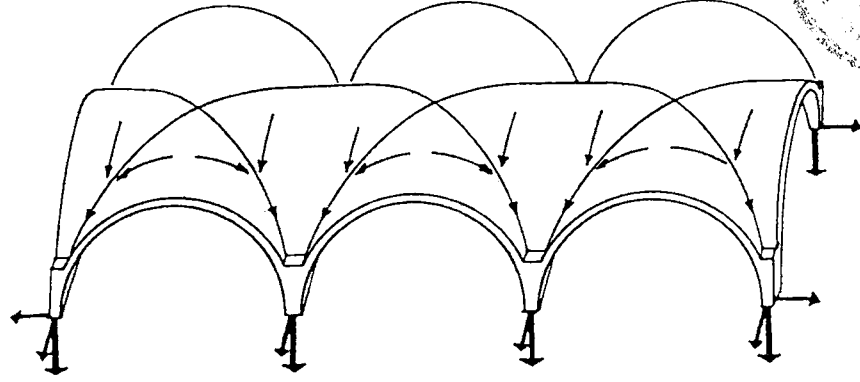
Şekil 3.10  
Çeşitli Kemer Tipleri [1,s:5]



Şekil 3.11 Haçvari Tonoz-Manastır Tonozu [1,s:5]

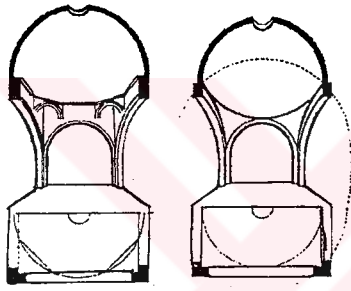


Şekil 3.12 Çeşitli Tonoz Kullanımları [1,s:5]



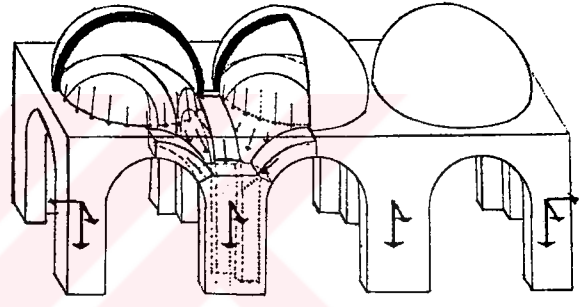
Şekil 3.13

Tonozlu Sistemlerde Yük Dağılımı [1,s:5]



Şekil 3.14

Tromp-Pendantif [1,s:6]



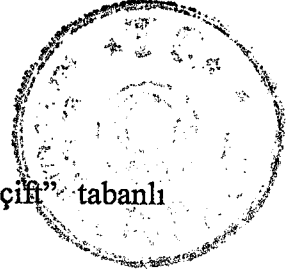
Şekil 3.15

Kubbeli Sistemlerde Yük Dağılımı [1,s:6]

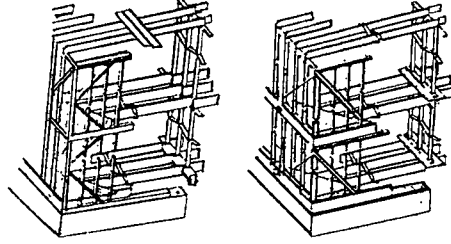
### 3.4 İskelet Sistemleri

Sistemi oluşturan elemanların taşıyıcı ve örtücü gibi farklı görev yüklendikleri iskelet (karkas) sistemlerin ilk örnekleri ağaç dallarından yapılmış hayvan postu veya ağaç dalları ile kaplanarak çamurla sıvanmış kulübelerdir. Endüstri devrimi öncesinde iskelet, iki cins malzemeye bağlı bir gelişme göstermektedir. Bu malzemeler ahşap ve kagirdir.

Statik bakımdan hem basınca hem de çekmeye çalışan ahşap, yapıda dikme, kiriş, kuşak ve payanda olarak kullanılmakta ve sistemin rijitliği düşeyde payanda, destek ve göğüslemelerle, yatayda ise döşemelerle sağlanmaktadır. Ahşap iskelette



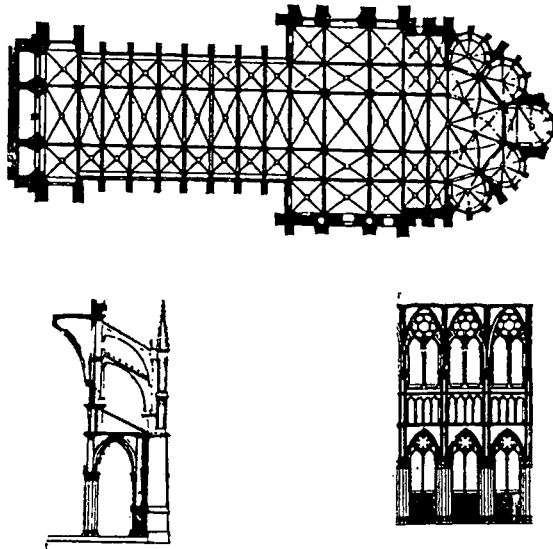
1800'lerde "Balloor-Frame"nin ortaya çıkışına kadar "tek" veya "çift" tabanlı sistemler söz konusu olmuştur.



Şekil 3.16

Tek Tabanlı Ahşap İskelet, "Balloor Frame" [1,s:7]

Kagir yığma yapılarda bünyenin çözümlenerek taşıyıcı ile dolgu elemanlarının ayrıldığı ilk örneklere Roma mimarisinde rastlanmaktadır. Ortaçağ'da "bazilikal doğrultu"da üç açıklıklı uzanan aydınlık iç mekânlı katedraller yaratma çabaları sonucu ortaya çıkan yapılar taş veya tuğladan yapılmış ilk iskelet örnekleri olarak kabul edilmektedir. Kaburgalı ve sivri kemerli haçvari tonozların oluşturduğu Gotik yapılarda masif taşıyıcı duvarlar çözülmekte, planda belli bir ritimle yayılan ayaklar, yan itmeleri alan "uçan payanda"lar ve yüklerin sistem içinde kalmasını sağlayan "ağırlık kuleleri" belirgin özellikler olarak görülmektedir [19].



Şekil 3.17 Rems Katedrali: Plan, Kesit, Cephe (1220) [1,s:7]



## 4. TARİHİ STİLLER

### 4.1 Mezopotamya Mimarisi

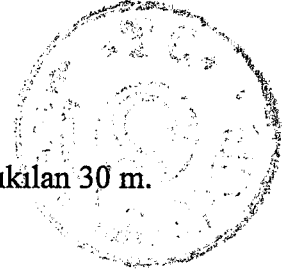
M.Ö. 4000'lerde başlayarak zaman zaman Sümer, Akad, Babil ve Asur medeniyetlerinin beşiği olmuş bu bölgede meydana gelmiş mimari eserler, ırk ve sosyal yapıları farklı kavimler tarafından meydana getirilmiş olmalarına rağmen aynı isim altında "Mezopotamya Mimarisi" olarak toplanmaktadır. Bu her şeyden önce değişmeyen iklim şartları ile mümkün olması bakımından dikkatimizi çekmektedir. Ağaç ve taşın yok denecek kadar az oluşu toprağın verdiği malzeme (kil) ile insan zekasını birleştirerek güneşte kurutulmuş veya pişirilmiş kerpiç malzemenin icadına yol açmıştır.

Açıklıkların monolit lento ve mekanın dallar ile kapatılmasına küçük elemanlarla bu imkanın aranmasına ve sonuçta kemer, tonoz ve kubbe gibi konstrüksiyon elemanlarının bulunmasına sebep olmuştur. Fakat kemer ve tonozların kullanılması bu elemanların tesirlerine karşı düşey yapı kısımlarının takviyesini gerektirmiştir. Bunun sonucu olarak boşluğu az, masif bir duvar mimarisi karşımıza çıkmaktadır.

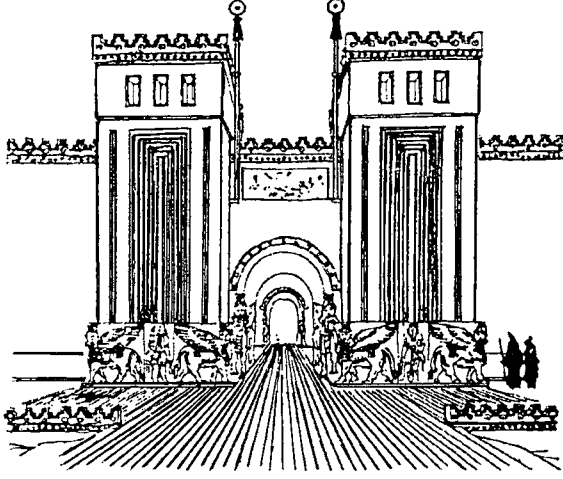
Mezopotamya mimarisindeki teraslar, konstrüktif bir zorunluluktan ziyade büyük su baskınlarına karşı bir emniyet tedbiri olarak meydana getirilmiştir. Bunun sonucu olarak boşluğu az, masif bir duvar mimarisi karşımıza çıkmaktadır. Jeopolitik ve sosyal durumun doğurduğu savunma gereği malzemenin karakterini ve ölçüsünü etkilemiştir.

Ziguratların dış formu normal konstrüktif zorunluluğun bir ifadesidir. Toprağı veya taşı ana malzeme olarak alıp yükseltmek için yığma sistemle piramidal form inşa edilmiştir. Tamamen sembolik bir karakteri olan zigurat için ana amaç tanrıya yakınlıktır.

Yapı formu kolon-lento ilişkisine dayanan strüktürlerin açıkça yansıtıldığı somut bir sonuçtur.

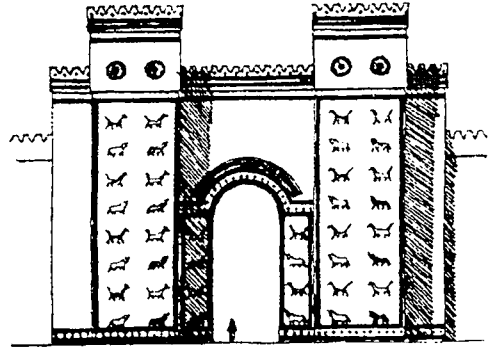


Taş malzeme ile inşa edilen saraylar rampa veya merdivenlerle çıkılan 30 m. yüksekliğindeki büyük toprak setler üzerinde kurulmuştur [4].



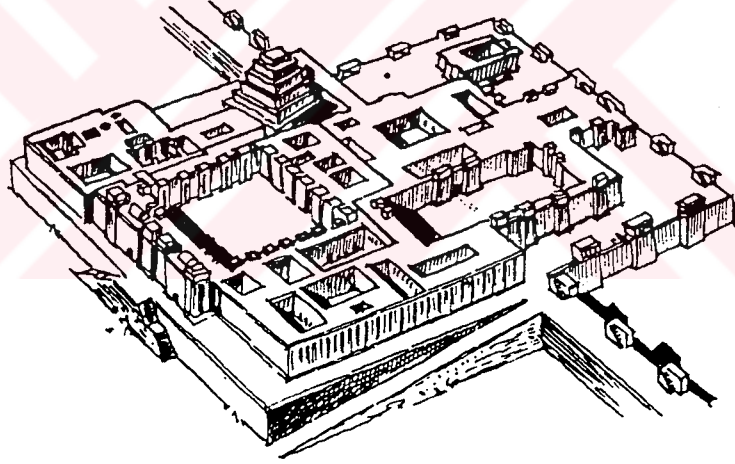
Şekil 4.1

Sargon Sarayı Kapısı [4,s:3]



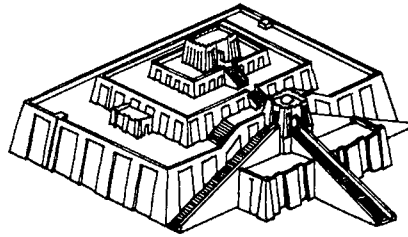
Şekil 4.2

İştar Kapısı [4,s:3]



Şekil 4.3

Sargon Sarayı Perspektivi [4,s:4]



Şekil 4.4 Ur Ziguratu [4,s:4]





## 4.2 Mısır Mimarisi

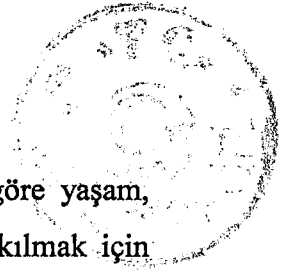
M.Ö. 5000 yıllarında başlayan medeniyetten Nil boyunca sıralanmış çeşitli mimari eserler zamanımıza kadar ayakta kalabilmiştir. Bir taş memleketi olan Mısır'ın taş mimarisinde killi toprak mimarisinin bazı formları da kullanılmıştır. Eski Mısır uygarlığı üç döneme ayrılır; Eski İmparatorluk (M.Ö. 3000- 2300), Orta İmparatorluk (M.Ö. 2000-1700), Yeni İmparatorluk (M.Ö.1600-1095). Aradaki boşluk anarşi ve iç karışıklık dönemlerini kapsamaktadır.

Mısır tapınağı aynı zamanda konstrüksiyonunun meydana getirdiği doğal bir mimari olarak karşımıza çıkmaktadır. Mısır tapınağının sadece;

- Taşıyan
- Taşınan

konstrüksiyon unsurlarından oluştuğu kabul edilmektedir. Taşıyıcılar duvar ayak veya kolonlar, taşınanlar lento ve bunların üzerini örten geniş taş plaklardır. Mısır tapınaklarının planda bir aksa sahip oluşları form bakımından belirleyici olmuştur. Malzemelerin doğal oluşu kadar detaylarda da tabiata bağlı kalınmıştır. Bunun en güzel örneği Mısır sütun başlıklarıdır. Bunlar Nil vadisinin verdiği ilhamın eseridir. Ayak ve kolonlarda tam bir düzenin olmaması değişik türde iki sütunun aynı çapta olması, kolon giriş sisteminde taşın sağladığı imkanların son sınırlarına götürülmemiş olması, proporsiyon kaygısının, sonsuzluk endişesi ve sağlamlık arzuları yanında ihmal edildiğini göstermektedir.

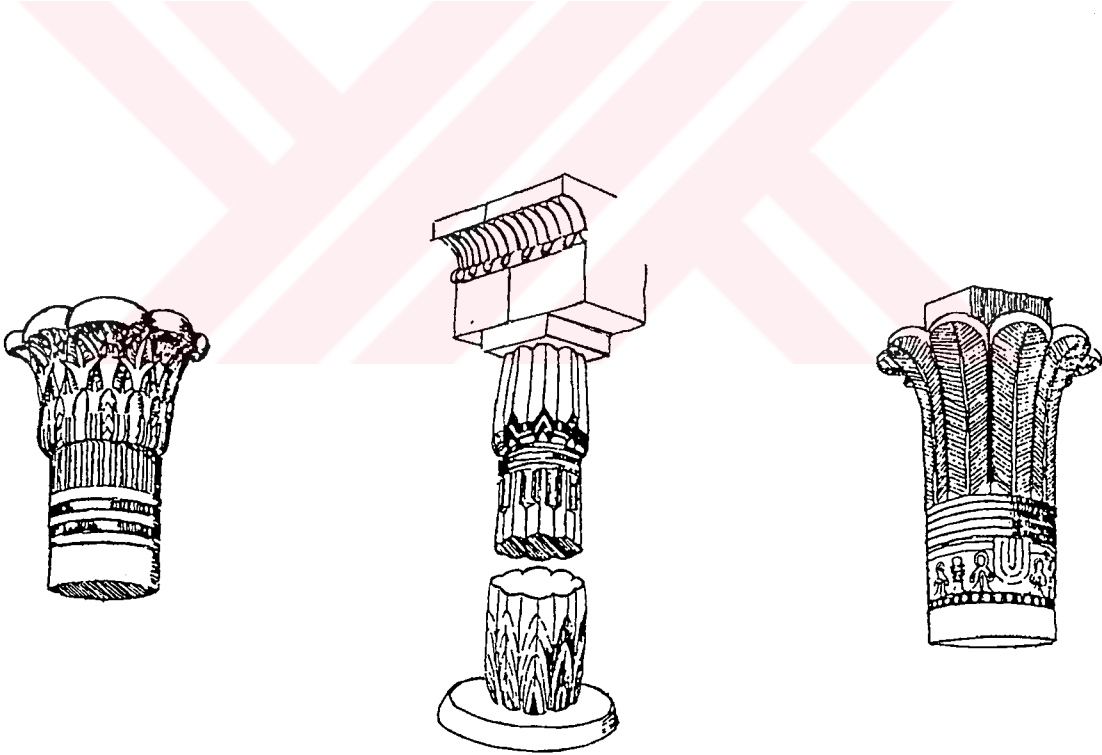
Etrafi sfenkslerle bezenmiş tapınağın derinliğine aksı üzerindeki kutsal yolun sonunda pilon karşımıza çıkmaktadır (Pilon; bir anıtın taş kapısını meydana getiren dört yüzü yekpare kapı, kuleli kapı) [5]. Pilonun sonra etrafi sütunlarla çevrili üstü açık avluya (Peristil), buradan da sütunlara oturan monolit lentoların taşıdığı taş plaklarla örtülü salon (hipostil) veya salonlarla ulaşılmaktadır [4].



Mısır sanatı dinsel uğraşların etkisi altında kalmıştır. Dine göre yaşam, sonsuzluğa hazırlıktır, sonsuzluğa meydan okumak ve tanrıları mutlu kılmak için granit, kalker, gre gibi çok sağlam malzemeler kullanılmıştır. Evler ve saraylar çoğunlukla toprak ve kerpiçtir. Eski İmparatorluk dev boyutlu piramitler dönemidir. Gize'deki Keops-Kefren-Mikerinos piramitlerinin bir kenarı 200 m'ye ulaşmaktadır. [5].

Plan şeması basit ve konstrüktif olan Mısır tapınakları ağır ve kitlevi etkisi ile insanlar üzerinde korku ve ihtişam yaratmaktadır.

Genel olarak özetlenecek olursa Mısır Mimarisinin fonksiyonu olmayan unsurlardan meydana gelmiş bir mimari olduğu ortaya çıkmaktadır. [7].



Şekil 4.5

Papiriform Sütun Başlığı

[4,s:8]

Şekil 4.6

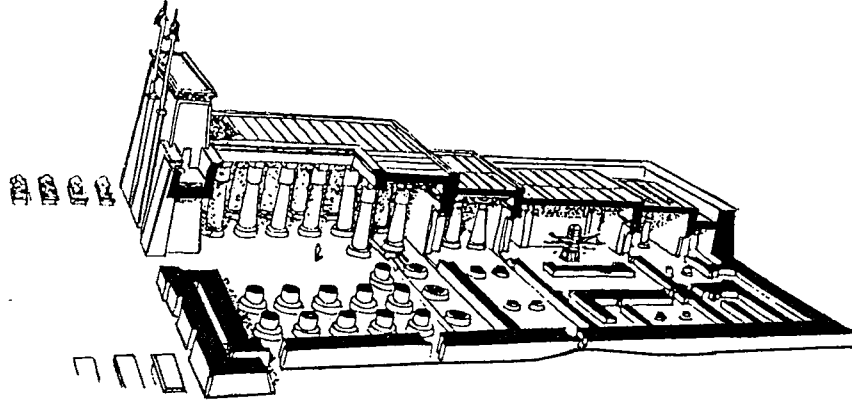
Lotiform Sütun Başlığı

[4,s:8]

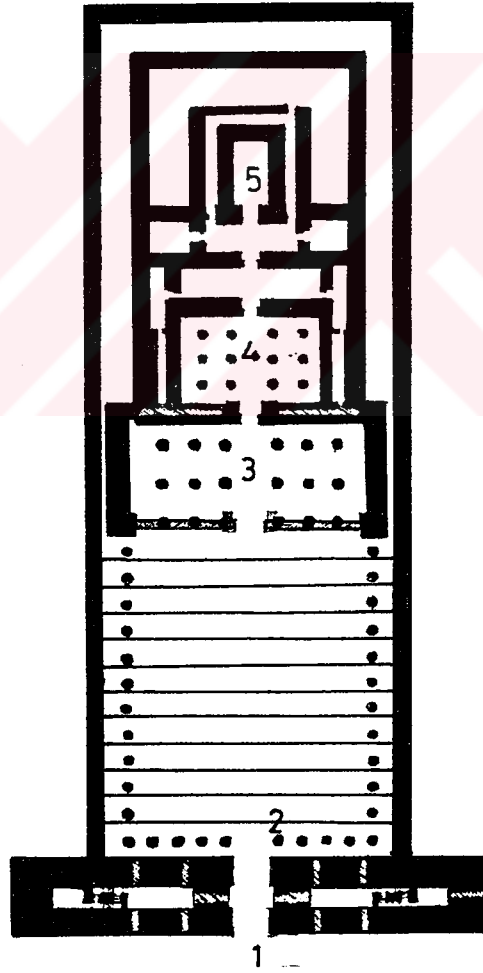
Şekil 4.7

Palmiform Sütün Başlığı

[4,s:8]

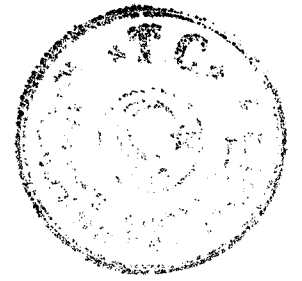


Şekil 4.8 Khansu Tapınağı, Kesit, Plan, Perspektif [4,s:8]



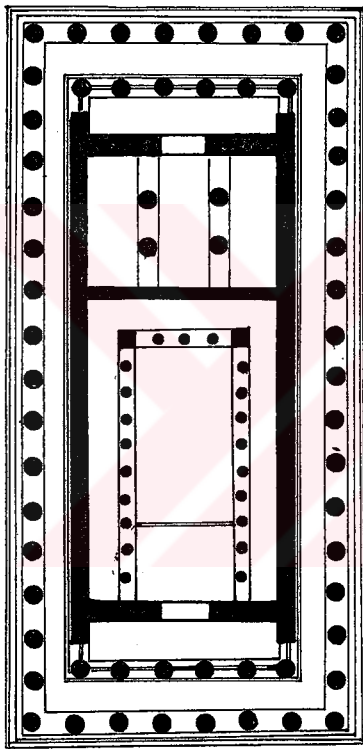
Şekil 4.9

Mısır Tapınak Planı, (1) Pilon, (2) Peristil,  
(3) (4) Hipostil ,(5) Sancuatory [4,s:8]

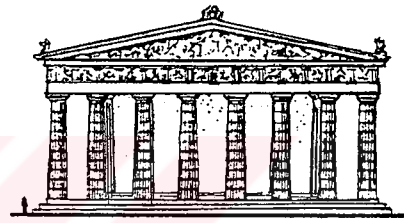


### 4.3 Yunan Mimarisi

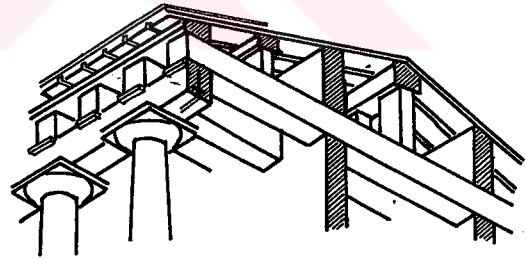
Güneşin, denizin kayaların ve iklimin kısaca çevresinin ve sanatçıların meydana getirdiği ve M.S. IV. ve V. yy.'da doruğa ulaşan Grek mimarisi için bütün mimarlık tarihçileri gerek detayda gerekse bütünde erişilemez diyebilmektedir. Grek sanatında mimarlık hiçbir zaman Mısır ve Mezopotamya'da olduğu gibi görkemli ölçülere ulaşmamış, insancıl ölçüler içinde kendi anlayışında kalmıştır[3].



Şekil 4.10  
Parthenon Planı [4,s:15]

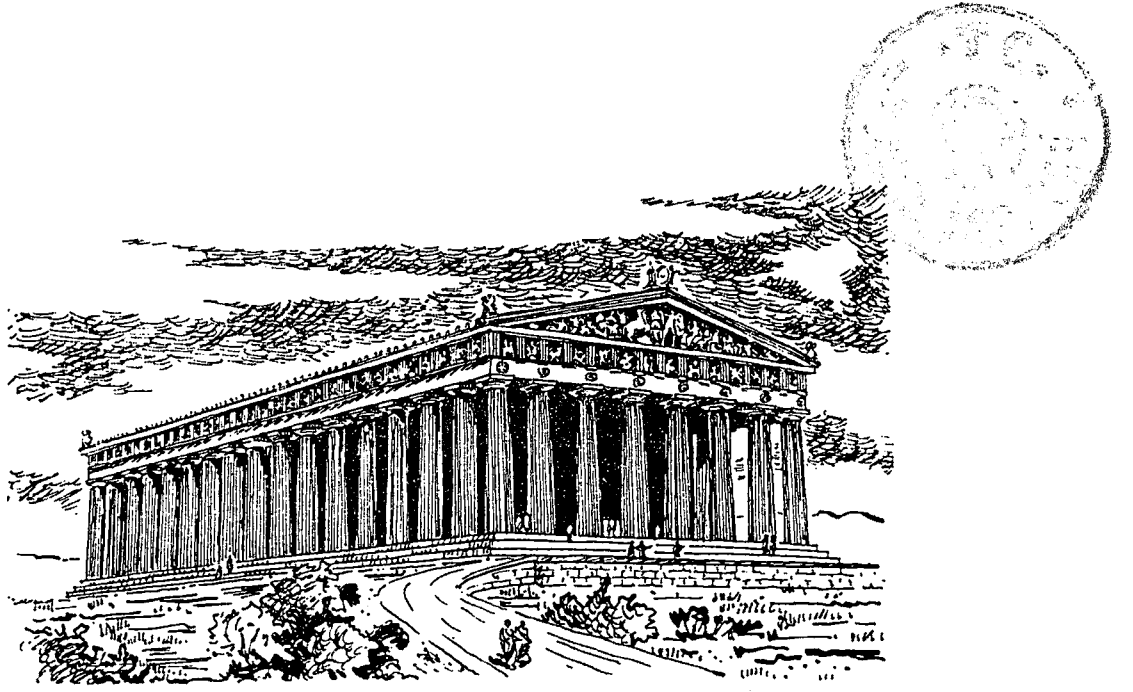


Şekil 4.11  
Parthenon Doğu Cephesi [4,s:16]



Şekil 4.12  
Sistem Detayı [4,s:15]

Yunan mimarlığı köklerini tarih öncesi çağlardan alan ihtiyaç-form ilişkisi ile oluşan sebep sonuç ikilemi ve kendi kuralları ile işleyen bir mimari biçimlenme yaratmış, çok kesin ve net kurallara sahip belirli mimari kalıplar benimsemiştir. Kendi içerisinde birkaç farklı bölüme ayrılabilen bu dönemde farklılaşma mimariyi oluşturan temel sistemde değil, ayrıntılarda oluşmuştur[7].



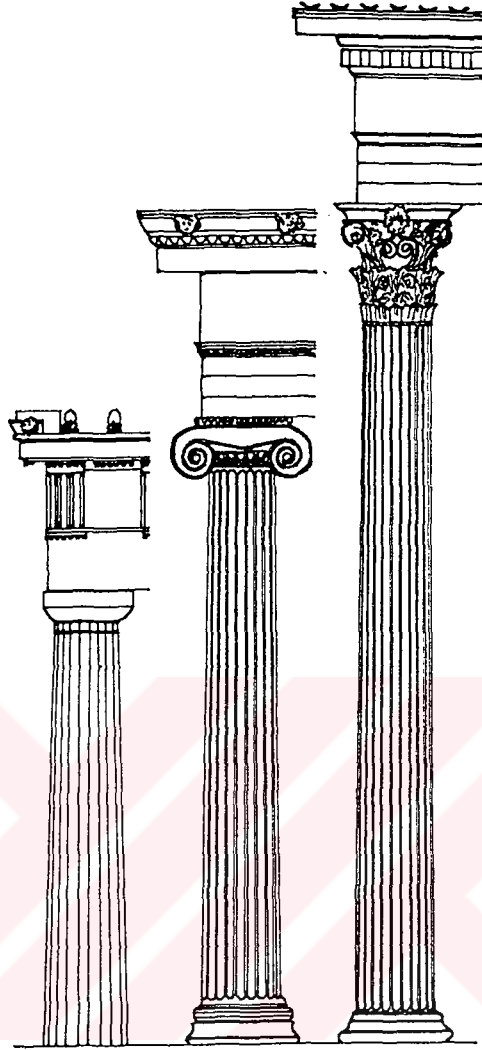
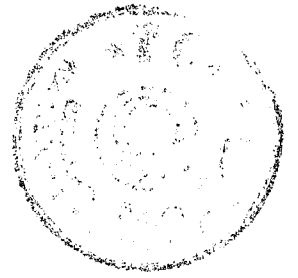
Şekil 4.13 Parthenon'un Güneybatı Perspektivi [4, s: 16]

Düzen olarak tanımlanan bu temel sistemlerin rahat ve en kolay izlenebildiği , bu bakımdan en kristalize olmuş yapı tipi tapınaklardır . Toplumsal yapılarda ve konut yapılarında da düzende bir değişme görülmemiş ancak yaşamın en önemli parçası olan din , Yunan toplumunda da büyük öneme sahip olduğundan antik mimari düzenler , özellikle tapınaklarla bağdaştırılmıştır [ 8 ] .

Antik mimaride hemen hemen bütün yapılarda göze çarpan ancak tapınaklarda daha rahat gözlenebilen düz atkılı sisteme “ düzen” denilmiştir . Bunlar dikey taşıyıcılar üzerine oturan yatay örtücülerden oluşmuş, bu taşıyıcı öğeleri tapınağı çevreleyen sütun dizeleri , yatay öğeleri ise üçgen alınlık ile son bulan çatı ve saçaklık parçaları meydana getirmiştir .

Yunan mimarlığında yapılar “Dor “ ve “İyon “ denilen iki ana düzen ile tasarlanmış , bu temel düzenlerden bir süre sonra İyon düzeninin çeşitlemesi olan “Korint “ düzeni önce ayrıntılarda daha sonraları ise tüm tasarımda kullanılmaya başlanmıştır [ 7 ] .

Yunan mimarlığında , basit planlı yapılar mükemmel ayarlanmakta , küçük ölçek olduğu halde saygınlık ve büyüklüğün hakim olduğu bir birlik göze çarpmakta , simetrik düzenlemeler bazı toplum yapılarının dışında tasarımın ana kriterlerinden birini oluşturmaktadır . Işık , tasarımda yönlendirici bir etki yaratmakta , özellikle tapınaklarda ve konut yapılarında iç mekanların gün ışığından yararlandırılması düşüncesi , tasarımın diğer bir kriteri olarak ortaya çıkmaktadır .



Şekil 4.14

Dor-İyon-Korint Sütun Düzenleri [5,s:421]

Cephe düzenlemelerinde, yapılarda süreklilik anlayışı hakim olmuş düşey öğeler olan kolonlar bir süreklilik içerisinde, düzenler doğrultusunda kullanılmıştır.

Taş, kolon ve duvarları insancıl ölçüler içinde kullanan sanatçılar tabiat kuvvetlerinin etkisinde kalmadan, başka konstrüksiyonları reddetmişler ve yüzyıllarca yalnız bu elemanlarla estetik yaratmak için çalışmışlardır. Bunun sonucu olarak ağır olan bu malzemelerle yüzyıllarca ayakta kalabilen ve dünyanın hayranlıkla izlediği eserler yaratmışlardır [4].



Yunan konut yapılarında, tasarımın en önemli noktaları, konutların genellikle tek katlı inşa edilmeleri ve kolonlarla çevrelenmiş bir orta avlu etrafında mekanların gruplandırılması olarak ortaya çıkmıştır. Avluya sokaktan ulaşım, dar bir giriş ile sağlanmış girişin karşıladığı kısım avluyu çevreleyen kolon gruplarının meydana getirdiği uzun bir koridor olmuş, bu koridor evlerin diğer ucunda yer alan bir mekan ile tamamlanmıştır.

Konut yapılarında içe dönük tasarımlar, cephelerin büyük sadeliğine sebep olmuş, girişler bu etki ile abartılı tasarımlardan uzak tutulmuştur [9].

Ana ilkeleri ve tasarım kalıpları ile yüzyıllar boyunca tüm mimari kültürleri etkileyen Yunan konut ve toplum yapıları Avrupa mimarisinin ilk belirgin biçimlenmeleri olmuşlardır. Bu formlar iklimsel, coğrafi ve jeolojik etkiler ile şekil değiştirerek tüm mimari biçimlerde görülmüşler, kent ve konut mimarisinin gelişiminde ve çeşitliliğin sağlanmasında önemli bir yer tutmuşlardır. Bu karakterleri ile Yunan mimarlığı, Avrupa'da mimarlık akımlarının oluşumuna etkileri bakımından mimarlığın temeli sayılmaktadır.

#### 4.4. Roma Mimarisi

İmparatorluğun merkezi olan İtalya Yarımadası Roma Mimarisi için gerekli her türlü malzemenin hazinesidir. Apeninler'in karakteristik ormanları, volkanik tüfler, çeşitli taşlar, tuğla için çok uygun toprak, bunlardan başka Ege Adaları, Yunanistan ve Galia'nın çeşitli mermerleri ve hatta Yunan ve Mısır tapınaklarının çeşitli malzemesi Roma mimarisinin emrinde olmuştur. Fakat bütün bunlar daha önce de bilinen ve kullanılan malzemelerdir. Roma'nın devlet yapısı ve siyasi karakteri çok hızlı ve kitlevi yapılar yapmayı gerekli kılmıştır. Çünkü fethettiği memleketlerde yerleşebilmek, siyasi ve askeri güçlerini hissettirebilmek amacıyla şehirciliğe, yollara ve askeri mimariye diğer imparatorlukların hepsinden fazla değer vermişlerdir. İşte bu sebeplerin sonucu olarak M.Ö. II.yy.'dan itibaren kireç ve kum harcı ile çakıl taşlarını veya her türlü taş kırıntılarını karıştırarak dayanıklı ve konstrüksiyonu yekpareleşiren bir yapı malzemesi bulmuşlardır. Bu bir çeşit dökme



betondur ve bununla kubbe, tonoz ve duvarlar inşa etmişlerdir. Tuğlaların biçimi ve ölçüleri çeşitlidir. Özellikle yüzünü tuğla örerek arasını beton doldurdıkları tonozlardaki kemerlerde veya dış tarafları kaplama ve tuğla örgüsü olan duvarların hatıllarında 30×45, 60×60, 20×20 cm. ölçüsünde tuğlalar kullanmışlardır. Roma mimarisinde mozaik malzeme de bir yeniliktir. Roma inşaat malzemesi arasında yaldızlı bronz (Pantheon çatısı) ve hatta altın gibi madenlere de (Neron evi) rastlanmaktadır [4].

Roma mimarisinde kemer, tonoz ve kubbe gibi inşaat elemanları çeşitli binalarda kullanılarak mimariyi hem olgun hale getirmiş hem de yepyeni şekiller ortaya çıkarmışlardır.

Büyük nehirleri geçebildikleri gibi ticaret ve idari işlerin görüldüğü büyük toplantı salonlarını (bazilika) da bu tonozlarla örtmüşlerdir. Yunan mimarisinde olmayan yuvarlak planlı tapınakların üzerine muazzam bir kubbe oturtarak konstrüksiyon unsurlarını mimari bir şekil unsuru olarak kullanmışlardır. Roma duvarı en çok dökme betondan ve üzeri kaplamalı olarak inşa edilmiştir. Duvarların dış yüzeylerindeki mermer ve dış kaplamalar harçla oturtulup kenetlenmiştir. Kolonlar bazen yekpare olarak bazen de tamburların üstüste birleştirilmesiyle yapılmıştır. Açıklıkları tam kemer dediğimiz yarım daire taş veya tuğla kemerlerle kapatmışlardır.

Roma'daki sonsuzluk düşüncesi gayet sağlam kalın duvarların meydana gelmesini sağlamıştır. Roma mimarisinin çeşitli eserleri bu ölmez duvarlar sayesinde yaşamıştır. Büyük hacimleri kapatmasında başarı ile kullanılan tonoz ve kubbelerle sütunlu salonlardan kurtulmuştur.

Yunan mimarisinin form unsurlarını küçük değişikliklerle benimseyen Roma ona taşkın gibi bir Etrüks düzenini, iyon ve korint karışımı kompozit üslubunu ilave ederek beş düzen kurmuştur. Ancak Romalılar bu elemanları birer cephe süs elemanı olarak genellikle plastrlar şeklinde silme ve korniş gibi mimarinin ikinci derecede plastik elemanları ile birlikte kullanarak sanatın saflığını bozmuşlar ve dekoratif bir mimari yaratmışlardır. Sonuç olarak küçük malzeme ile büyük açıklık örtmek prensibinin doğurduğu yeni bir strüktür ortaya çıkarmışlardır.



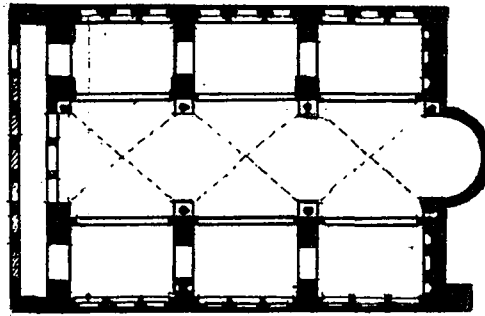


Roma mimarisinin karakterine tesir eden diğ er önemli bir özelliğ i de konstrüktif elemanların mümkün olduğ u kadar basit şekilde inşaatta kullanılmasıdır. Yunanlıların aksine dekorasyonu sonradan ilave edilecek bir kaplama olarak düşünmüşlerdir. Bu, zamanla strüktür ile dekorasyon arasında tam bir ayrılığın doğmasına sebep olmuş ve dekorasyonun zamanla ağır ve organik olmayan bir karakter kazanmasına sağlanmıştır.

Bazilika formu üç nefden oluşmuş, binanın orta nefi yüksek tutulmuş ve üç çapraz tonozla örtülmüştür. Yarım yuvarlak beşik tonozla örtülü yan nefler birbirlerine yarım daire kemerli açıklıklarla bağlanmıştır. Hakim ve idarecilere ayrılan mihrap şeklindeki yer ve yarım yuvarlak nişler çeyrek küre parçası ile örtülmüştür. [4].

Romalılar her kentte bir ya da daha çok sayıda hamam inşa etmişlerdir. Hamamda yıkanılan odanın tabanının altında bir boşluk bırakılmıştır ve döşeme 60 cm. ya da daha yüksektedir. Duvarın içine kanal ya da tüp biçiminde tuğla künkler yerleştirmişlerdir [6] .

Roma Mimarlığı, konut mimarlığının yanı sıra toplumsal yapıların inşasında konstrüksiyon sistemlerinde büyük gelişmelere yol açan bir devre mimarlığı olması açısından büyük önem taşımış, imparatorluğ un yıkılmasından sonra Roma Mimarisi kurallarını devam ettiren yeni biçimlerle Avrupa Mimarlığındaki oluşumunu sürdürmüştür. Duvarların tuğla iskeleti arası harç ve çakıl ile dolgudur. Sıra ile hatıl ve kornişler bu çift cidarlı duvarı ve ayakları bağlamaktadır.

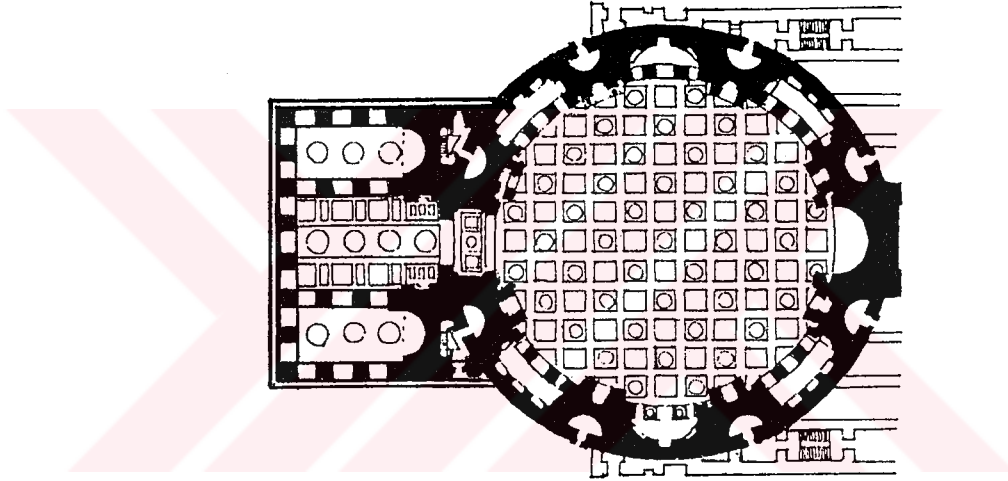


Şekil 4.15 Konstantin Bazilikası [4,s:23]

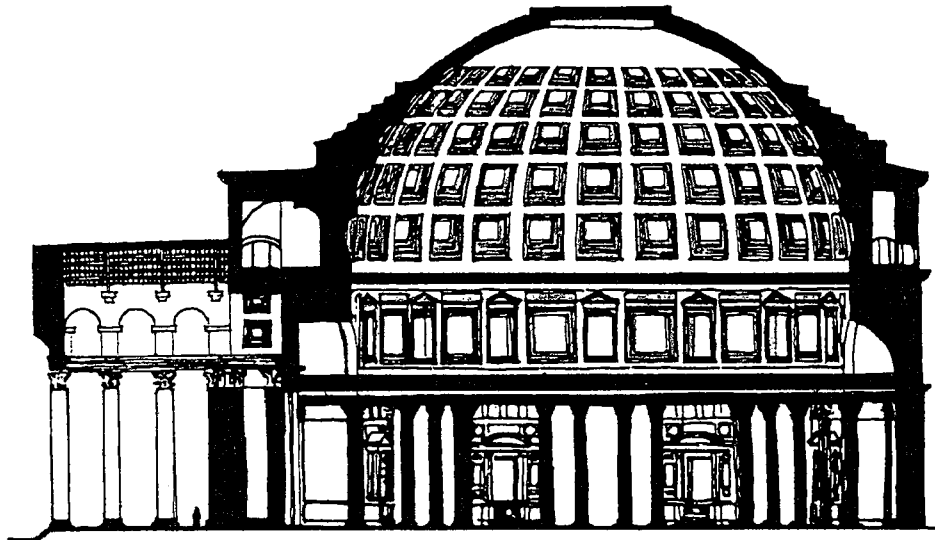


Pantheon Yunan mabedlerini andıran bir cephe, bu portiğin dayanması için tertiplenmiş bir dikdörtgen ve kubbe ile örtülü masif bir yapıdır. İçine girdiğimiz zaman ise aynı zamanda, konstrüksiyondan doğmuş olan gerek nişler ve gerekse kasetlere bölünmüş nervürler bu basit hacime mükemmel bir proporsiyon vermektedir.

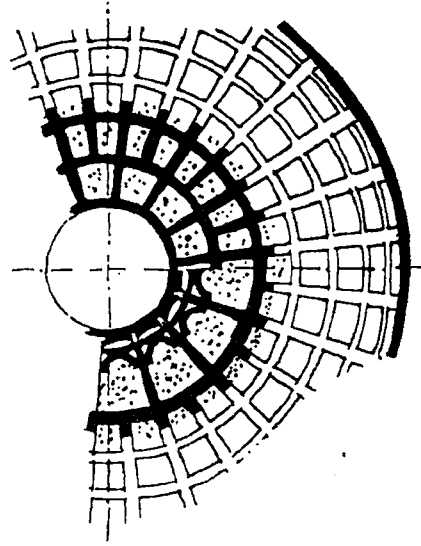
Netice itibariyle kıymetli kaplama malzemelerinin sökülmesi olmasına rağmen iç form, tapınağa girenler üzerinde plandan tahmin edilemeyecek kadar büyük bir etki bırakmaktadır. Bundan dolayıdır ki ölçü ve teknikte mimarlık tarihinin ilk rekoru sayılan Pantheon merkezi inşaat sistemi ile Doğu ve Batı Orta Çağ mimarilerine ve özellikle Rönesansa öncülük etmiştir [4].



Şekil 4.16 Pantheon Planı (M.S. 120-124) [4,s:24]

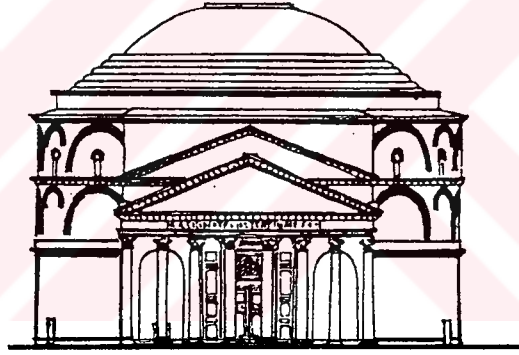


Şekil 4.17 Pantheon Boyuna Kesit [4,s:25]



Şekil 4.18

Pantheon Kubbe Nervürleri [4,s:25]



Şekil 4.19

Pantheon Esas Cephe [4,s:259]

### 3.5. Bizans Mimarisi

Costantinus 324 yılında Bizans İmparatorluğu'nu kurmuş, Hıristiyanlığı resmen kabul etmiş ve İstanbul'u da İmparatorluğunun başkenti olarak inşa etmiştir [6].

Bizans sanatı Doğu ile Batı mimarisinin ve diğer sanat unsurlarının bir potada erimesinden ortaya çıkmıştır [3]. Bizans mimarisi bir tuğla mimarisidir. Kubbele,



kemer ve tuğla ile inşa edilmiştir. Tuğlalar, kireç, kum ve horasandan oluşan harçla birleştirilmiştir [6].

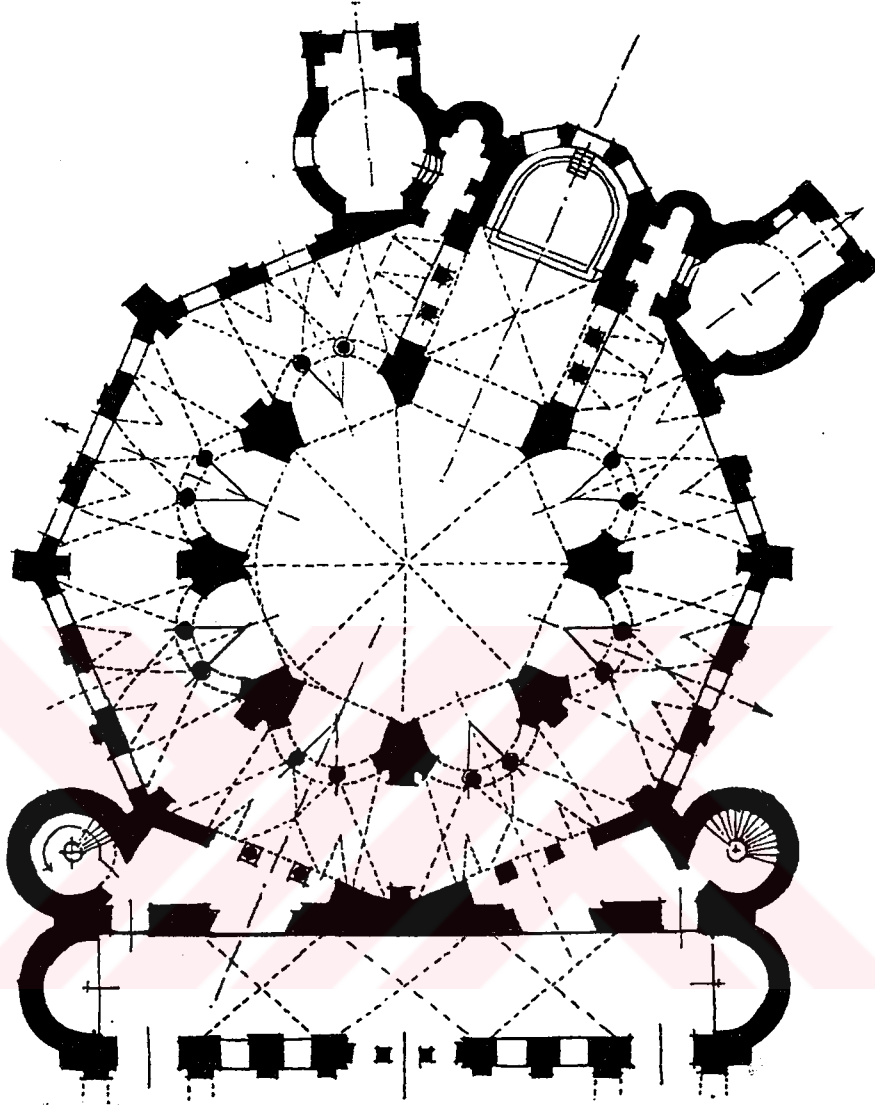
Bizans duvar konstrüksiyonu tekniğinde çeşitli malzemelerin kullanılması taşın tuğla ve harcın dekoratif bir şekilde düzeni malzeme ve konstrüksiyon tekniğinin Bizans Mimari karakterine getirdiği özelliklerden biridir.

Bizans Mimarisinde kubbe esas örtü unsurudur ve kubbenin yüzünü konstrüksiyon elemanlarına nakletmenin olanaklarını aramışlardır. Dayanak noktalarının aralarına geniş pencereler açılmıştır. Bu öyle bir konstrüksiyon metodudur ki dairesel tambur üzerinde kubbe inşası prensibinden, kare plan üzerinde, pandantiflerle yarı küresel kubbe inşası sistemine geçişi sağlamıştır. Bizanslılarda, geniş açıklıklarda birbirine bağlanmış mekan anlayışı hakimdir. Bizans'ta Roma'nın ağır kitlelerinin yerini kubbeyi taşıyan ayak ve kontrfor sistemi (kontrfor: dayanma ayağı) almıştır. Bunların binanın formuna ve görünüşüne de etkisi olmaktadır. Kubbe ve kubbelerin desteklenmesi planın şekillenmesinde de büyük rol oynamıştır. Merkezi planlı kubbenin desteklenmesi problemi, üç Bizans kilise tipini meydana getirmiştir. Bunlar;

- Kubbenin dört tonozla simetrik olarak desteklenmesi (haçvari plan).
- Kubbenin dört yarım kubbe ile örtülü nişle desteklenmesi (merkezi plan).
- Kubbenin asimetrik desteklenmesi (Ayasofya'da olduğu gibi) [4].

### 3.5.1. St. Vitale Kilisesi (Rovenna 526 Viyana)

Ortası kubbe ile örtülmüş, iç içe birbirine paralel iki sekizgenden meydana gelen yapıya apsis kısmı çıkıntı şeklinde ilave edilmiştir. Orta kubbe yarım dairesel kemerlerle bağlı sekiz kuvvetli ayak üzerinde oturmakta ve sekizgenin yedi yanındaki yarım dairesel aksedralar (ek oylum) yarım kubbelerle desteklenmektedir. Sekiz köşeli düşey sistemden, tuğladan yapılmış olan kubbeye ayak hizasında bulunan çok büyük pandantiflerle geçilmektedir [4].



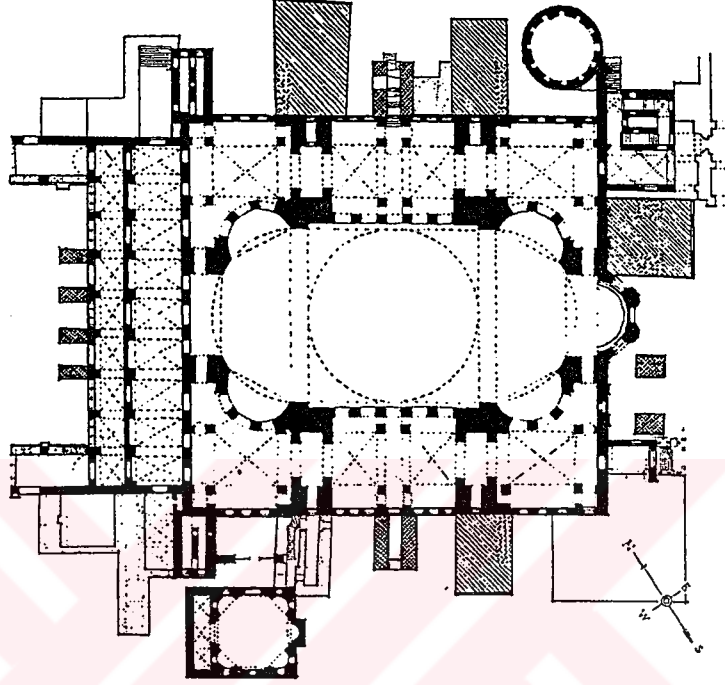
Şekil 4.20

St. Vitale Kilisesi, İtalya, 526 [4, s: 30]

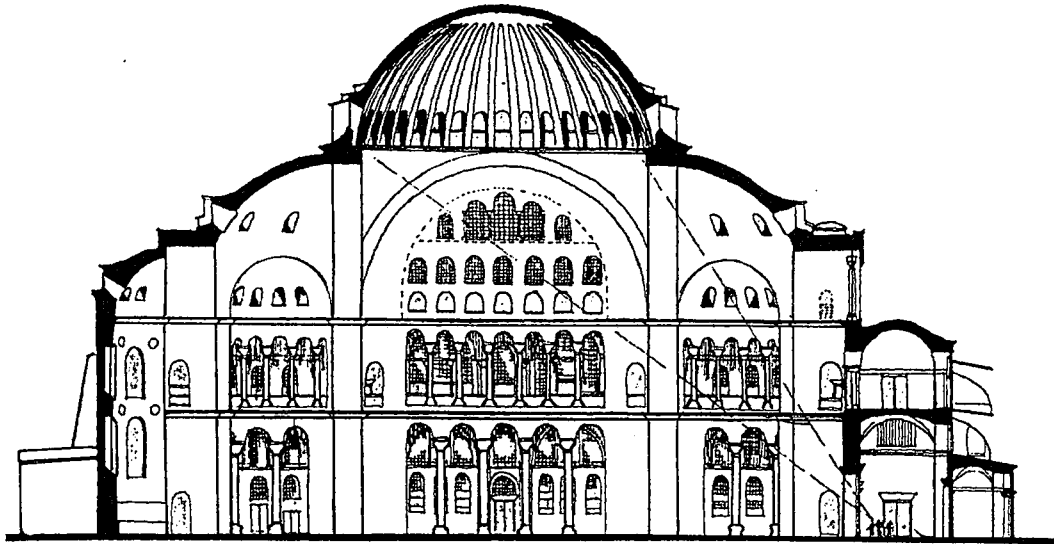
#### 4.5.2. Hagia Sofia Kilisesi (Ayasofya Kilisesi) (532-537, İstanbul)

Ayasofya Bizans sanatının ana örneğidir. Mimarları olan Tralles’li Anthemios ve Milet’li İsidor bu yapıyı, bir esas kubbenin iki yarım kubbeye bağlanması ile elde edilen bazilika olarak planlamışlardır. İşte bu yapı şekli Bizans mimarisinin bir buluşudur.

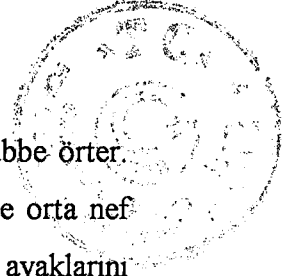
Ayasofya dikdörtgen plan üzerine oturmaktadır. Dikdörtgenin batısında bir narteks, (Narteks: Bizans kiliselerinde nef girmeden önce gelen, nefden sütunlarla veya duvarla ayrılan bölüm, dehliz) narteksin önünde de bir atrium yani iç avlu bulunmaktadır.



Şekil 4.21 Ayasofya Kilisesi Planı [4, s: 38]



Şekil 4.22 Ayasofya Boyuna Kesit [4, s: 39]



Yapı üç neflidir. Orta nefin üzerini bir esas kubbe ve iki yarım kubbe örter. Yarım kubbelere çeyrek küre parçaları yani eksedralar eklenmiştir. Böylece orta nef büyütülmüş, yan nefler ise tonozlarla örtülmüştür. Tonozlar arasında, kubbe ayaklarını ana beden duvarına bağlayan kemerler bulunur. Bu kemerler kubbe ağırlığının yanlara olan itme kuvvetini, beden duvarlarına aktarır. Apsid (Apsid:Kiliselerde korunun arkasında bulunan ve camilerin mihrap kısmının karşılığı olan yarım daire veya yarım çokgen şeklinde çoğu zaman tonozla örtülü kısım) yarım çember biçimi ile doğudaki beden duvarından dışarı taşmıştır. Kubbe çapı 31 m. dir. 40 adet penceresi vardır ve 107 sütunla taşınmaktadır [3].

Ayasofya'da esas taşıyıcı ayaklar blok taştan, kubbe ve payanda ayaklar tuğladandır. Kırk tuğla kaburgadan inşa edilen kubbenin mesnetlerinde bu kaburga aralarının tamamen açılabilmiş olması konstrüksiyon sisteminin hazırladığı bir imkandır. Böylece yerle bağlantısı kesilen kubbe göğe erişmiş, özellikle duvarların üst kısımları mozaiklerle süslenerek bir ışık ve renk cümbüşü yaratılmıştır [4].

#### 4.6. Roman Sanatı

5.-12. yy. arasında Roma sanatından türeyen Latin kentlerinin mimarisidir. Malzeme tuğla ve taşdır. Konstrüksiyon unsurları kemer, tonoz ve kubbedir. Plan Latin haçı şeklindedir [4].

Erken Roman mimarisinde kare bölüm açık olarak ortaya çıkmış, ayaklarla sınırlanmış ve üzerine bir kubbe gelmiştir. Üzeri tonozla örtülü bir bağlayıcı sistem ortaya çıkmıştır. Sütunlar kitle etkisi yapan, kalın ayaklar şeklindedir. Yapı ağır bir görünümündedir.

Olgun Roman mimarisinde orta nef bazen beşik tonozla, bazen haçvari tonozla örtülmüştür. Sivri kemer ilk kez görülür. Orta nef ilk kez kuburgalı haç tonozla örtülür. Dış duvarlar kat çıkıntıları için parçalanmıştır. Yapı yüzeylerinde sütuncuklar ve yuvarlak kemerlerle hareketlenmeler başlamakta, sütun başlıklarında

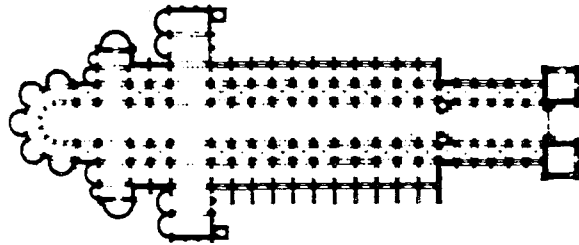


insan ve hayvan motiflerine rastlanmaktadır. Kuleler küplerden oluşmakta ve kare kısım çevresinde sıralanmaktadır.

Geç Roman mimarisinde duvarlar yukarıya doğru yükselir. Kule çatısı köşeli bir külah biçimini alır. Erken ve Olgun Roman pencereleri yalnız yuvarlak kemerlidir. Geç Roman pencerelerinde ise anahtar deliği, dört yapraklı yonca, zambak, çan adlarını taşıyan şekillere rastlanmaktadır [3].

Sonuç olarak bütün bu farklılıklara rağmen, Latin haçı plan şeması üzerinde yükselen Roman kilisesinin, dolayısıyla Roman mimarisinin ne malzeme ne de kontrüksiyon bakımından kendinden önceki mimarilerden fazla bir yenilik getirmediği ortaya çıkmaktadır. Ancak 10.yy.' dan sonra yeni bir strüktür sisteminin arandığı, Gotik mimarisinin esasını oluşturan ve tonoz inşasını kolaylaştıran nervür sisteminin doğmakta olduğu görülmektedir [4].

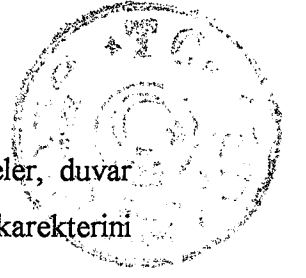
Dikkat edilirse Gotik mimari unsurlarının hemen hemen hepsi ortaya çıkmaktadır [3].



Şekil 4.23 Tipik Roman Kilise Planı [5,s :384]

Roman yapılarında, ilk Hıristiyan bazilikalarında ve Roma yapılarında görülen tüm formlar bu sentez içerisinde kullanılmış, yarım daire şeklinde kemerler,





küt ve silindirik gövdeli korint, iyon başlıklı kolonlar, yuvarlak pencereler, duvar arkadlarını meydana getiren kaba başlıklı bitişik kolonlar süsleme karakterini oluşturmuşlardır [10].

Biçiminde ve özde ortak bir ifadenin görülmediği Roman dönemi konut mimarisinde görülebilen en önemli değişimler, yapılarda dikdörtgen planların, dini mimarinin etkisi ile yan kanatlara eklemeler ile oluşturulmuş “L” ve “H” tipi planlara dönüşmesi olmuştur.

Cephe düzenlemelerinde orta dikdörtgen bölümün simetrik ve düşey elemanları, pencere ve kapı açıklıklarının uyumlu beraberlikleri göze çarpmaktadır .

Kısaca, Roman mimarisinde, Avrupa mimarisinin konstrüksiyon ve yapım sistemlerine getirdiği büyük değişimler, biçimde ve özde ülkelerin kendi mimari kültürlerini oluşturmalarına katkıları ve resimsel saygın anlatımı ile kayda değer bir biçimlendirme oluşmuştur.



Şekil 4.24 St. Nectaire Kilisesi (M.S. XI) [4,s: 40]



#### 4.7. Gotik Sanat

Avrupa mimarlık tarihinin yüzyıllar boyunca etkisi altında kaldığı 12. yy da Fransa'da ilk etkilerini gösteren tüm Batı ülkelerine yayılarak Ortaçağ boyunca Avrupa'da Roman mimari biçimlerinden geliştirilmiş plan tipleri ve biçimleri ile görülen kuvvetli bir mimari tarz olan Gotik mimari, temelde konstrüksiyon sistemlerinde ve inşaat tekniklerindeki gelişmelere dayandırılmış Rönesans'ın hümanist dünya görüşünün etkileri ile önceleri kavramsal yönden sonradan ise mimari biçimlerinin yetersizliği ile arka plana atılmış bir Avrupa mimarlık akımıdır.

Temelini Roman mimari tiplerinin geliştirilmesi anlayışının ortaya çıkardığı yeni konstrüksiyon sistemlerinin oluşturduğu Gotik mimari, dönemin sosyo-kültürel değerleri ve Hıristiyanlığın kuvvetli etkileri ile yalnızca Avrupa toplumlarının değil tüm Hıristiyanlık dünyasının mimarisi durumuna gelmiştir.

Mimaride, dini yapının büyük ağırlığının olduğu, kilise gücünün arttığı bu dönemlerde, ruhani bir anlayış görülmüştür. Tüm kalıplar ve biçim ilkeleri, büyüklük ihtişam ve sonsuzluk düşüncelerinin yoğunlaştığı dini yapılara yöneltilmiş, tüm amaç, büyüklük hissinin yapılara aktarılabilmesi olmuştur [9].

Katedraller ve kaleler bu dönemde, mimari elastisitesi ve mükemmelliği sağlanmış yeni konstrüksiyon sistemlerin kullanımı ile dikkat çekmiş, Roman yapılarında kullanılan yuvarlak kemer ve Roma planları üzerindeki tonoz uygulaması, yerini sivri tonozların, sivri kemerlerin ve uçan payandaların konstrüksiyonu teşkil ettiği, kısmen Bizans kısmen ilk Hıristiyan kiliselerinin planlarının kullanıldığı tiplere bırakmıştır. [9]

Planlarda simetrik düzenlemelerin kaybolduğu rahatlık ve kolay ulaşılabilirlik anlayışının çeşitlendirildiği biçim dönüşümlerinin simetriye tercih edildiği görülmüştür. Kiliselerde orta mekan birkaç kısma ayrılmış bu düzenleme yapılara uzunluk ve mükemmellik hissi vermiştir. İç mekanlarda, dikdörtgen planlamalara



gidilmiş, mekanlar kaburga ve panel kemerler veya konstrüksiyonu görülebilen ahşap çatılar ile örtülmüştür.

Duvarlar genellikle moloz taşından oluşturulmuş, bağlantılar ile uzatılmamış, malzemeler ufak parçalar halinde konstrüksiyonu oluşturmuştur [9].

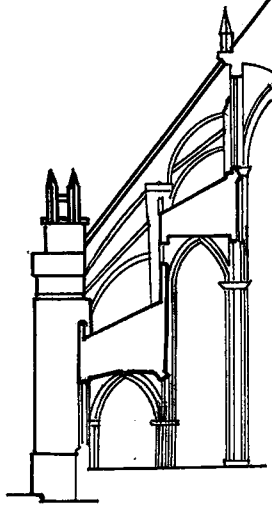
Cephelerde, kapılar ve pencereler simetri anlayışından çok, mümkün olduğunca uyum ilişkisi içerisinde yerleştirilmiş, Roman döneminin yarım daire pencere ve kapı formları, sivri kemerlere, pencere ve kapı biçimlenişlerine dönüşmüştür.

Konut mimarisinde Gotik etkileri, Avrupa ülkelerinin iklimsel ve coğrafi şartlarına göre farklılıklar içermiş, ana düşüncede savunma ve gizlilik kriterleri altında tasarımlara gidilmiştir.

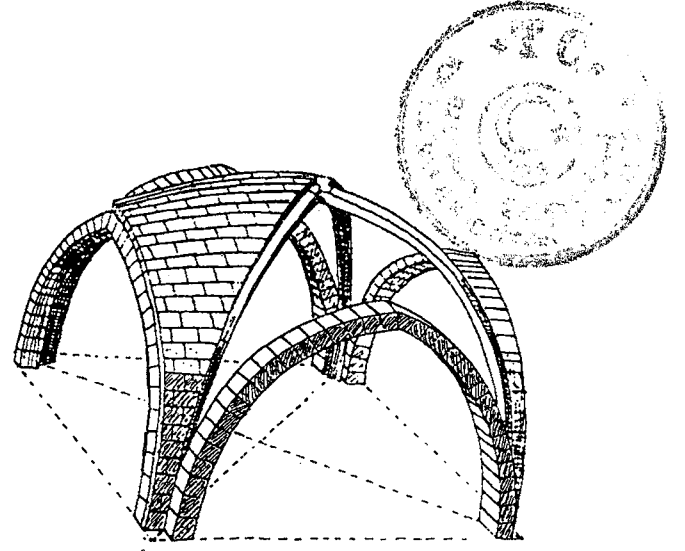
Orta mekanın Gotik mimarisinde yükseltilecek kullanımı mutfak, kiler, depo gibi servis hacimlerinin yan kanatlara dağıtıldığı, merdivenin girişle irtibatlandırılarak orta mekan ile birlikte tasarımının yapıldığı konutlarda rahatlık ve büyüklük etkisinin yanında, cephelerde büyük pencere gruplarına yer verilerek mekanların aydınlatılması sağlanmıştır.

Cephe düzenlemelerinde, sivri kemerler, kapılarda ve pencerelerde kullanılmıştır. Düşey etkinin vurgulanması, pencerelerde dar ve uzun biçimlenmeye yol açmış, kanatları ile de bu vurgu kuvvetlendirilmiştir. Cephelerde Gotik mimari biçimlerde, düşeylik ve açıklık vurgulanmaya devam etmiş, pencereler ve kapılar Gotik formlar ile oluşturulmuştur [9].

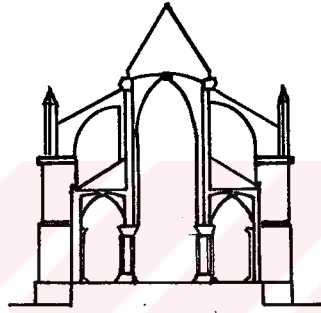
Ortak ilkeleri açısından Ortaçağda Gotik mimarisi, konut planlamalarında, daha sonraki yüzyıllarda tüm Avrupa toplumlarında görülen bir davranış olmuş, ancak en yoğun kullanımı İngiliz konut mimarisinde bulmuştur. Özellikle 18. ve 19. yy'da eski formların ve biçimlerin yeniden kullanılması anlayışının egemen olduğu mimaride, Gotik İngiliz konut mimarisinin başvurduğu ve sahiplendiği bir biçimleniş olmuştur.



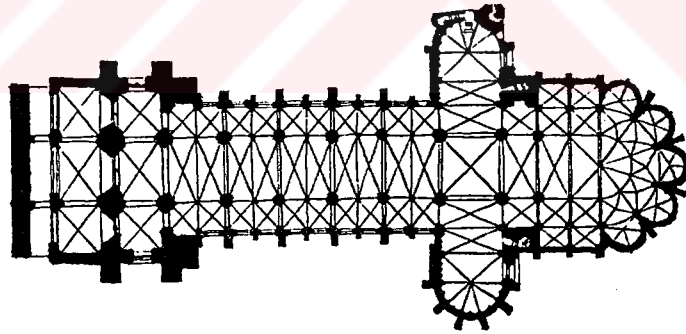
Şekil 4.25 [1,s:29]



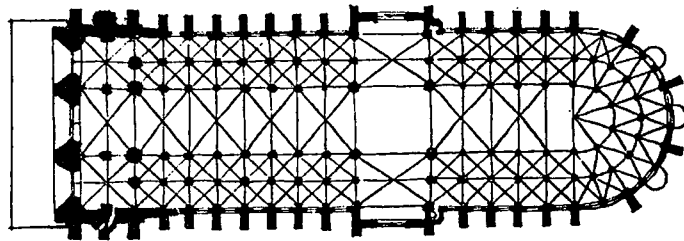
Şekil 4.26 [1,s:28]



Şekil 4.27 Gotik Sanatı Yapım Öğeleri [1,s:28]



Şekil 4.28 Noyan Kilisesi (M.S. 1140) [4, s:45]



Şekil: 4.29 Notre Dame De Paris (1163) (4, s: 45)

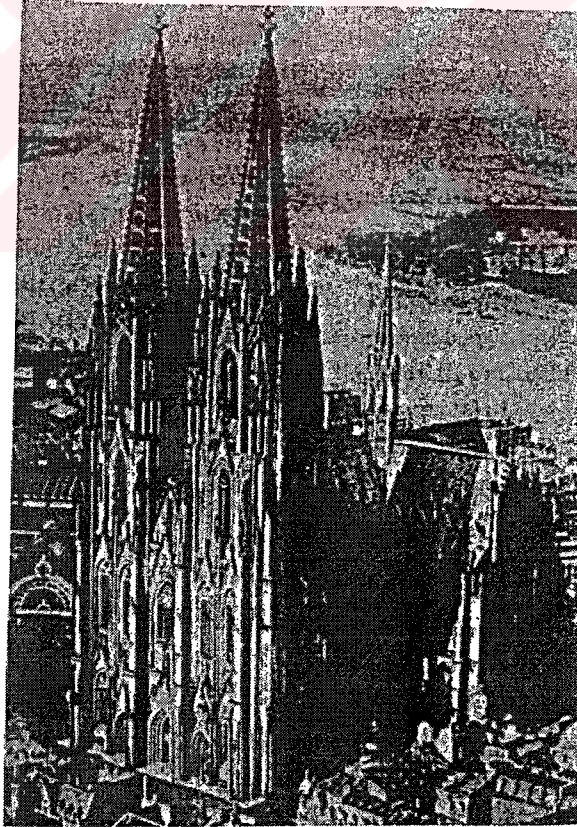


#### 4.7.1. Köln Katedrali

Almanya'nın en geniş ve en güzel binası olan Köln Katedrali 1886'da tamamen bitirilmiştir. Katedral tamamen Gotik olmakla beraber Roman Kilise planına da benzemektedir. Bina 61 m. genişlik, 144 m. uzunluk, ve 104 ayak üzerinde yükselir. Kulelerin yüksekliği 160 m. dir.

Bina akslarının kesiştiği yerlerdeki dört ana ayak 16 koloncukla çevrilidir. Bu koloncuklar 40-60 cm. uzunluktadır.

Köln Katedrali taşın sağladığı olanakların devasa binalarda nasıl kullanılabildiğine güzel bir örnektir [4].



Resim 4.1

Köln Katedrali (1248-1886) [4, s: 47]



#### 4.8. Rönesans

İtalya'da milli bir mimari haline gelememiş olan Gotik sanat XIV. yy.'dan itibaren zaten yeşeremediği İtalya'yı mimari eserlerde eski Helen ve Roma'nın tekrar düzenlenmesi demek olan Rönesans'a bırakmıştır.

Tabiatı araştırıp, olduğu gibi ifade ederek Rönesans naturalizmi oluşturulmuştur. Gotik mimarları eserlerini meydana getirirken statik açıdan bir endişe duymamışlardır. Rönesans mimarları ise eski eserlerde form ararken statik şemalar hakkında da bilgi sahibi olmuşlardır [4].

Gotik'e karşı Rönesans mimarisinin kurucusu Floransa'lı Brunelleschi'dir. Sloganı "Sanat sanat içindir" dir. Gotik'te her yöneliş derine ve yukarı doğru hareket halinde olduğu halde, Rönesans'ta mekan hareketsizdir [3].

Yeniden doğuş olarak tanımlanan bu sanat anlayışı, Antik dünyanın felsefesi ve sanatından etkilenmiş, İtalyan mimarları tarafından Yunan ve Roma mimarisi formlarının ve tüm öğelerin benimsenmesi yoluyla yepyeni bir mekan ve biçim anlayışını meydana getirmiştir [11]. Bu temel anlayış beraberinde oluşturduğu mekanı, hacmi, boyutları, hareketi ve ifadesi ile Avrupa mimarlığında varlığını göstererek, çeşitli kültürler ve toplumlar içerisinde dahi kendine kuvvetli bir yer bulmuştur.

Rönesans mimarlığı Yunan ve Roma mimarlığının tüm özelliklerini çok iyi incelemiş, elemanların ve düzenlerin taklitçi bir yapıda kullanılmalarının aksine bir karakter taşıyarak Antik Mimari'ye körü körüne bağlanmayan kendi mekan anlayışları ve kendi özgün yapı tipleri ile eserler vermiştir [12].

Mekarlarda boyutlar, basit oranlara dayandırılmış, merkeziyetçi ve simetrik plan şemalarının ayarlanmasına gidilmiştir. Rönesans yapılarında yapının taş iskeleti yapının tümündeki görevi en az olacak şekilde düzenlenmiş, bu nedenle küp ve paralel yüz gibi basit geometrik şekiller kullanılmıştır. Çatı desteği olarak çapraz tonoz yerine



hem görünüş hem de yapısal bakımdan daha uygun düşen basit tonoz tercih edilmiştir. En çok kullanılan kemer biçimi ise yapının geri kalan bölümü ile geometrik bakımdan kolaylıkla bağlantı kurmasını sağlayan ölçü ve biçim olarak da tek bir ögeye, yarıçapa dayanan tam yarım daire biçimi olmuştur. Konstrüksiyonun bir diğer elemanı da kubbeler olmuş, dönemin kilise modellerinde çokca kullanılan bu biçim tuğladan çift cidarlı yapılmış ve değişik bölümlerinde yarım kemerlerle belirlenmiş kaburgalar yer almıştır [9].

Cephe düzenlerinin ilki “Rustik” tip olmuş 15.yy. boyunca kullanılmıştır. Rustik cephelerde kabaca yontulmuş büyük taş bloklar birbirine derin derzlerle bağlanarak cephenin tümünde kullanılmıştır.

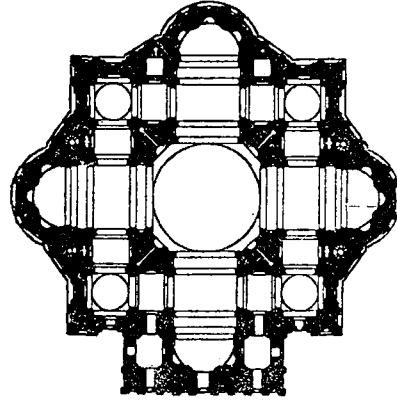
İkinci cephe biçimi değişik düzenlerin katlarda ayrılarak kullanıldığı cephe biçimi olmuş, pencereler birbirinden her katta başka bir düzende yapılmış duvar elemanları ile ayrılmışlardır.

Üçüncü cephe düzeni ise diğerlerine göre daha az uyumlu olan katlar arasında ayrımı sağlayan süslü bir şeridin kullanıldığı ve cephelerin en üstünde çok etkili bir kornişin bulunduğu düzendir.

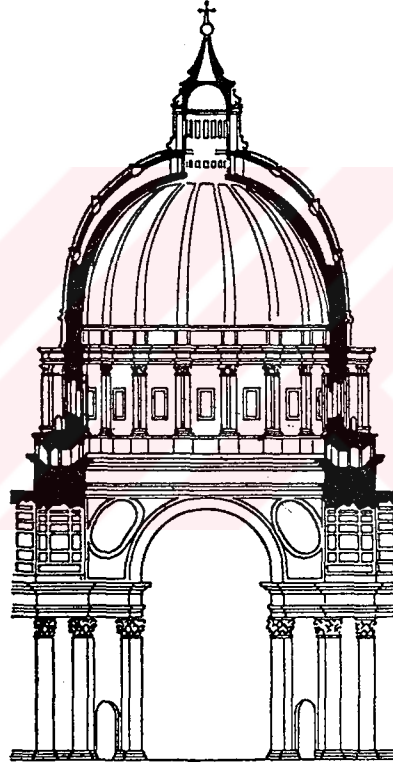
Rönesans mimarisi üslup olarak taşkınlıktan uzak tutulmuş olmakla beraber, tamamen süsleyici ve estetik bakımından göze hoş gelen bazı özellikleri kapsamaktadır [13].

Konut planlarında simetri, dönemin tüm yapılarında olduğu gibi ana tasarım ilkesi olarak ön plana çıkmış, mekanların organizasyonu simetri kaygısıyla oluşmuştur.

Avrupa ülkelerinde Rönesans formlarının konut mimarisinde kullanımları, 18.yy.’ın ikinci yarısına kadar kesintisiz sürmüştür bu değişik mimari davranışın yöresel durumları “Maniyerizm” ve “Barok” adı altında kendini göstermiştir.



Şekil 4.30 St. Pierre Kilisesi Planı [4,s: 53]



Şekil 4.31 St. Pierre Kesit [4,s:55]

#### 4.9. Barok Sanatı

Michelangelo önderliğinde, önemli değişimler göstermeye başlayan 16.yy Avrupa mimarlığında, yüzyıl sonlarından itibaren, hem kavramsal hem de biçimsel olarak aynı özelliklere sahip bir mimari görülmeye başlamıştır.





Rönesans'ın simetrik ve bir bakışta anlaşılabilen geometrik biçimleri, tekrarcı dinginliği, yerini asimetriye, öne ve arkaya giriş ve çıkışlar yapan ve birbirini izleyen başı ve sonu bir bakışta anlaşılmayan eğrisel biçimlere, bitmeyen bir hareketliliğe bırakmış, bu şaşırtıcı ve süprizli biçim anlayışı, aslında sözlük anlamı “gülünç veya saçma” olan Barok sözcüğü ile tanımlanmıştır [11].

Diğer bir tanıma göre Barok “düzensiz, kabaca biçimlenmiş” demektir. Bu tanımlama 17. yy . sanatına, 13. yy. estetleri tarafından verilmiş ve Barok sanatının klasik sanatlara oranla kaba düzensiz bir sanat olduğu anlatılmak istenmiştir [13].

Bütün bu tanımlamalara rağmen, Barok üslupta eserler veren 17.yy mimarları Rönesans'ın kültürel mirasından yararlanmışlar, Rönesans'ta olduğu gibi tümünü Antik yapılardan aldıkları sütun, paye, saçak silme gibi biçimleri kullanmışlar, ancak bu elemanlar Rönesans düzenleri ve yerleşik ilkeleri bir kenara atılarak, daha çok çeşitlik ve görkemlilik elde etmek amacı ile değişik şekillerde bir araya getirilerek özgün asimetri ve kıvrımlarla yerleştirilmişlerdir [14].

Barok dönemi yapılarında Rönesans yapılarında görülen içe kapanıklık yerini dışa doğru bir açılışa, bir mekanı parçalama isteğine, sonsuzluğa varmak istemekten doğan bir serbestlik anlayışına bırakmıştır. Bu anlayış yeni tasarım kalıplarının ve mekan düzenleme ilkelerinin ortaya çıkmasına olanak sağlamış, Rönesans döneminin, simetrik, ölçülerde ve biçimlerde kalıplanmış formlarının yerini asimetric düzenlemelere, kare ve dikdörtgen mekan konutlarının yerini ise yuvarlatılmış, kıvrılmış hatlara bıraktığı görülmüştür [15].

Barok mimari akımının 18.yy.'ın ikinci yarısında genellikle dekoratif bir anlayış olan “Rokoko” ile birlikte kullanımı görülmüş, bir çeşit deniz hayvanı kubuğu olan “Rocaille” den türetilen Rokoko, Barok binaların dış ve iç cephelerinde süsleme sanatı olarak ortaya çıkmıştır [15].

Mekan düzenlemelerinde de yapılmak istenen mekanların asimetri içindeki simetrikliğinin sağlanması olmuş, cephe akslarının uygunsuzluğu ile ortaya çıkan



asimetride, mekanlar eğrikli hacimler arasındaki karanlık köşelerdeki odalar, dolaplar, küçük servis alanları ile simetriye yönlendirilmeye çalışılmıştır.

Barok mimari üslubunu özetleyecek olursak;

- Büyük törenlere, resmi kabullere hizmet edecek saraylar yaptırılmıştır.
- Dini yapılar da saraylar gibi süslenmiştir. Mermer, heykel, yıldız ve düzensiz süs yapının yapısal kuruluşunu yok edecek kadar fazladır.

- Barok yapıda apaçık geometriler kalkmış, beden duvarlarında girintili çıkıntılı bir planlama belirmiştir. Yapı yüzeyi fonksiyonsuz bir hal almıştır.

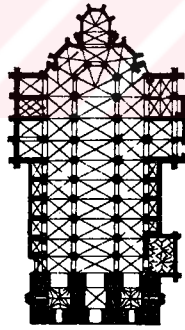
- Pencerelerin çoğalmasıyla yapı içi aydınlanmaktadır.

- Yapılarda balkon unsuru ortaya çıkmıştır.

- Merdivenlerin çift koldan gelişen şekilleri ağır trabzanlarla donatılmıştır.

Yapı içi duvarları ağır bir süsleme ile doludur.

- Saray mimarisinde ilk kez bahçe mimarisi önem kazanmıştır [3].



Şekil 4.32 St. Marie Kilisesi (Lubeck) [5,s:183]

#### 4.10. Türk-İslam Sanatı

##### 4.10.1. Selçuklu Mimarisi

11.yy'dan 14.yy'ın başlarına kadar Karadeniz ve Adana arasındaki bölgede hüküm süren Anadolu Selçuklu Devleti zamanında ülkenin her yerinde dini, sosyal ve ticari amaçla cami, han, medrese, kervansaray kümbet ve köprü yapılmıştır. Anadolu'da yapılmış olan Selçuklular devri camilerinin çoğu çok sütunlu ulucami tipindedir. Diğer yanda kubbe mimarisi büyük gelişme göstermiştir.



Anadolu Selçuklu Mimarisinde taş sütunların yerini ayaklar almıştır. Kemerler ve kubbeler kalın dörtgen ayaklara binmiştir. Selçuklu yapılarında giriş cephelerinde yer alan kemerler ile büyük yüksek ve çok süslemeli taç kapılara rastlanır. Duvarlar tuğla olup üzerleri oymalı taşlar, renkli tuğlalarla kaplanmıştır [6].

Anadolu Selçuklu medreseleri avlulu ve kubbeli olmak üzere iki tiptir. Selçuklu medreseleri dört eyvanlıdır. Girişin sağında ve solunda yönetim hizmetleri için ayrılmış mekanlar vardır [6].

Anadolu Selçuklu türbelerinin çoğunluğu taştandır ve çokgen planlıdır. Ayrıca silindirik gövdeli olanlar da vardır. Türbeler içten kubbe ile ve planlarına göre dıştan konik ya da piramidal vb. külahlarla örtülmüşlerdir [16].

Dikkat edilirse Selçuklu yapılarında yalnız ön cephe bir süslemeye tabi tutulmuştur. Diğer beden duvarları ise düzdür. Ve hiç bir duvar şekillendirmesi görülmektedir [6].

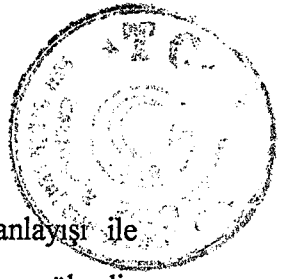
#### 4.10. 2. Osmanlı Mimarisi

Osmanlı İmparatorluğunu 16. yy'da mimari yönünden şekillendirmeyi başaran ender ve ender olduğu kadar da uygun zamanda yetişmiş olan Mimar Sinan tek başına çağını şekillendiren büyük bir sanatçıdır. Tarihte ender görülen bir mucize olmuş ve Tanrıların inanılmaz bir lütfu olarak yalnız başına o Bizans'ın muhteşem unutulmaz biçimini, kendi başına ve kendi ömrü içinde "kubbeler şehri" İstanbul'a çevirmiştir. Türk-İslam dünyasında ismi çok iyi bilinen Sinan tek başına Türk-Osmanlı klasik mimarisinin biçimlendiricisidir [6].

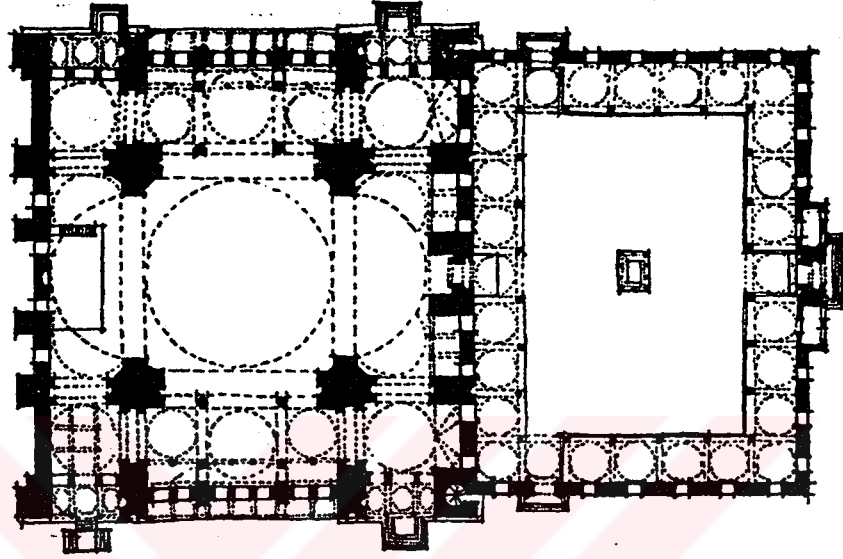
Osmanlı cami formu kare prizma ile üstünde kubbe ve kare prizma önünde yer alan ve kubbelerle örtülü olan son cemaat yeridir. Buna ilave olarak caminin yanında bir de minare yer almaktadır.

#### Süleymaniye Cami:

1550'de yapılmaya başlayan ve 1557'de tamamlanan bu cami Mimar Sinan'ın en büyük eserlerindedir. 53 m. yüksekliğindeki kubbesi dört kalın ayağa oturmakta ve kaidesinde yuvarlak kemerli 32 pencere bulunmaktadır. Caminin dış görünüşü hangi yönden bakılırsa bakılsın bir ahenk örneğidir. Yarım kubbeler meyilli bir çizgi izleyerek aşağıya doğru sıralanan ağırlık kuleleri ve caminin köşelerindeki küçük kubbeler bir piramit oluşturarak büyük kubbenin baskısını hafifletmektedir.



Süleymaniye’de iç ahenk ile dış ahengin derin bir sanat anlayışı ile denkleştiği görülür. Cami avlusunun köşelerindeki dört minare de bu yükseliş duygusuna uyandıran düzenin ayrılmaz parçalarıdır [16].



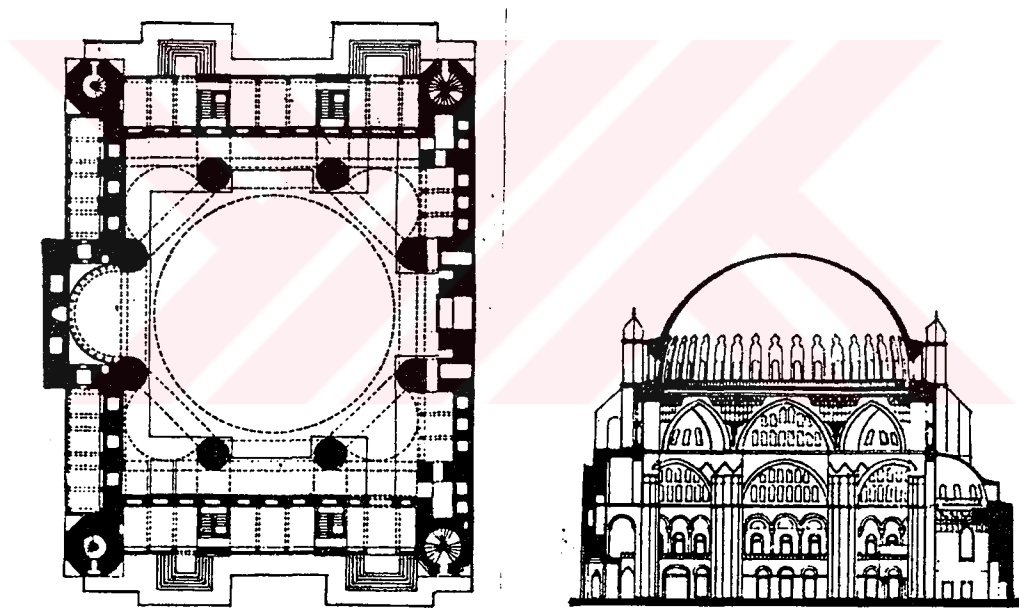
Şekil 4.33 Süleymaniye Cami [4,s:67]



### Selimiye Cami:

Kanuni'nin oğlu II. Selim zamanında Sinan tarafından yapılan bu camide yarım kubbeler ortadan kalkmıştır. Buna karşılık 43.28 m. çapındaki 31.28 m. yükseklikteki orta kubbe sekiz ayağa oturtulmuştur. Caminin dört köşesinde bulunan 70.89 m. yükseklikteki dört minarenin yapıda kulelerle birlikte bir yükseliş sağlayan estetik rolü yanında baskıyı hafifleten teknik bir görevi de bulunmaktadır [16].

Sinan'ın bu yapıtında iç mekan tamamen dışa aksetmiştir. Cami zarif silüeti ile eski serhat kentimiz Edirne'nin bir sembolü olmuştur [16].



Şekil 4.34 Selimiye Cami [1,s:29]

### Batıya Açılış ve Osmanlı İmparatorluğunda Son Dönem:

18.yy'da Batı özellikle Fransa ile ilişkilerin gittikçe artması ve buna paralel olarak yeni kurumların oluşturulması istekleri mimari alanda da giderek karşılığını bulmuştur. Lale Devrinde tüm çabalara rağmen mimari açıdan biçime yönelik belirgin bir Batılaşma gerçekleşmediği gibi özel bir mimari üslupta yaratılmamıştır. 18.yy ve 20.yy'a kadar uzanan dönemde ise Batı etkisi tüm alanlarda Osmanlı toplum yapısını



sarmış ve seçmeci akım egemen olmuştur. Bu dönemde .Batı mimarlığının Antik Çağından başlayarak kullandığı tüm mimari elemanlar ve üsluplar hiç bir kural tanımaksızın birbirine karıştırılarak kullanılmıştır.

1900'den sonraki mimari eylemlerde ise toplumun üst yapısındaki kültürel ve sosyal düşüncelerin ulusçuluk çerçevesi içinde Batı'ya bir tepki olarak gelişmesi sonucu Avrupa seçmeciliğinden uzaklaşmış onun yerini Klasik Osmanlı ve Türk mimarisinin biçimsel öğelerini geri getiren bir anlayış almıştır (Neoklasik Türk Üslubu).

#### 4.11. Değerlendirme

Mimarlık salt barınmak gibi adeta içgüdüsel bir ihtiyaçtan başlayarak, uygarlıkla birlikte toplumsal hayatın gelişmesine paralel yeni ihtiyaçların gündeme gelmesiyle zenginleşerek günümüze kadar gelmiştir.

Mimariyi meydana getiren temel elemanlardan biri olan strüktür, zaman içinde malzemeye paralel olarak teknik, teknolojik aşamaları izleyen bir gelişme göstermiştir. Strüktür her dönemde mimariyi biçimlendiren tüm kuruluşa bağlı olarak formu etkileyen en etkin faktörlerin başında gelmiş ve spontone sistemlerden başlayarak pekçok örnekte yapının tümel formunu adeta doğrudan doğruya meydana getirerek tümel form ile strüktürel formun özdeşleştiği yapılara imkan hazırlamıştır. Doğal malzemelerin kullanıldığı bu yapılarda form-fonksiyon, form strüktür ve malzeme ilişkileri, tamamen ait oldukları toplumların ihtiyaçlarıyla imkanlarının adeta bir göstergesi olmuştur.

Mezopotamya, Mısır ve Eski Yunan Mimarilerine yapı formu kolon lento ilişkisine dayanmakta ve strüktürler cepheye açıkça yansımaktadır ve biçimin oluşmasında etkilidir.

Roma, Bizans ve Osmanlı Mimarilerinde kemer-tonoz ve kubbe kullanılmaya başlanmıştır. Tonoz ve kubbeler bu dönemde strüktürel imkanlarının



yansıra formları ile de mimarinin biçimsel özelliklerine yön vermişlerdir. Roma Pantheon'nun dairesel planlı yapısı, kubbesinin doğrudan sonucu olduğu gibi Ayasofya veya Selimeye'nin kubbeli pandantifli ve tromplu karmaşık formlu üst yapıları da gerek plan gerekse kitlesel etkisiyle içten dışa yine kubbe gibi bir strüktürel elemandan kaynaklanan yapılardır.

Tonoz açısından da durum aynıdır. Önceleri basit silindirik tonoz, sonraları manastır tonozu veya haçvari tonoz şeklinde kesleştirilerek yeni strüktürel formlar kazanılmış, sivri kemerlerin haçvari tonozla uygulanması ise Gotik mimariyi hazırlamıştır.

Gotik mimaride bir katedralin iç mekanı tamamen taşıyıcı sisteminden gelen gerçek strüktürel elemanlardan oluştuğu gibi cephelere en belirgin özelliği veren de cephelerdeki düşey etkiyi yaratan düşey taşıyıcı elemanlar, perdesel payanda ayaklar ve uçan payandalar gibi yine strüktürel elemanlardır. Gotik mimaride strüktür sistemi, kuvvetlerin yayılımının ve kuvvetler çatışmasını dengelemenin adeta somut karakterde bir anlatım grafiği şeklinde mimariyi biçimlendirmiştir.

Barok dönem dekoratif veya yoğun plastik eğilimlerin etkisiyle strüktürün yapıda açıkça yansımasına imkan vermemiştir. Bu dönemde bir kilisenin iç mekânını hemen hemen aynı yapı tekniği ve malzemeyle yapılmış bir Gotik dönem katedralinin iç mekânıyla görsel açıdan karşılaştırdığımızda ikincisinin açıkça belirgin strüktür elemanlarının aksine birincide taşıyıcı sistemin eğrisel hatlar karmaşası ve çeşitli yüklü bezemeler arasında kaybolup gittiği görülmektedir. Biçim abartılı ve bağımsızdır.

Mimari yaratı açısından Antik Yunan ve Roma izlerini taşıyan Rönesans mimarisi kaburgalı kubbeler dışında o dönemlerin mimari imkanlarına göre motif aktarımcılığından ileri gidememiştir.



## 5. ENDÜSTRİ DEVRİMİ SIRASINDAKİ STRÜKTÜREL GELİŞME

1700'lerde çeliğin yüksek fırınlarda üretilmesinin başlattığı "Endüstri Devrimi" beraberinde strüktürel gelişmeyi olumlu yönde etkileyecek iki faktörü getirecektir.

- İki yeni malzeme çeliğin ve betonun bulunması
- Artan iş hacminin ortaya koyduğu güncel iki konu, Dünya Sergileri ve ilk gökdelenler [1].

Yüzyılımızın başında mühendislik ve mimarlık birbirini tamamlayan meslekler olmuş ve sanat ile konstrüksiyon birbirine muhtaç alanlar haline gelmiştir. Böylece mimari konstrüksiyon madde olanaklarına göre değişmiş ve fonksiyonun formu belirlemesi gerektiği görüşü doğmuştur [3].

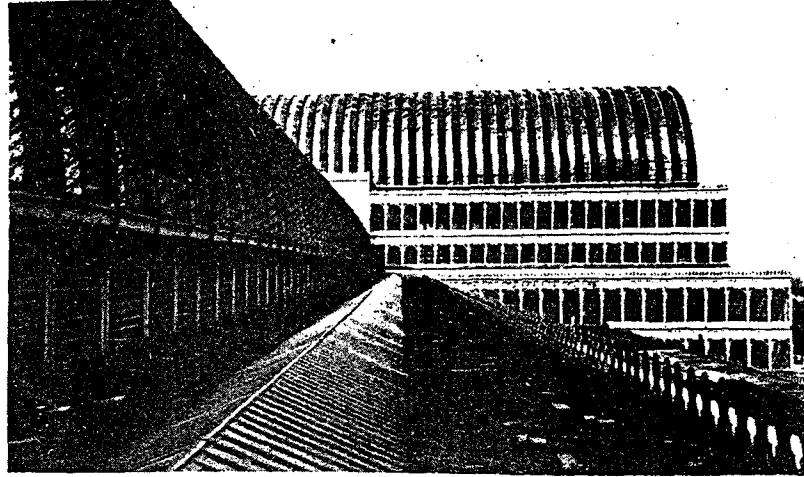
1779'da John Wilkinson'un ilk demir köprüsünden sonra, demirin bünyesindeki karbon maddesinin azaltılması ile demirden çok daha güçlü olan çelik inşaat malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çelik, 1855 'de ilk defa Henry Bessemer tarafından bulunmuştur.

Çeliğin taşıyıcı ve ayak olarak kullanıldığı konstrüksiyonlar sağlamdır ve mekan tayin edicidir. Camın ağırlık taşıma olanağı yoktur. Böylece çeliğin dantela gibi olan delikli ve açık durumu cam ile mekan haline geldiği gibi yeni dünyanın güneşe olan gereksinimini de temin etmektedir.

1850'de Joseph Poxton Londra'daki Hyde Park'ta büyük Crystal Palace'ı inşa etmiştir. 600 m. uzunluk, 120 m. genişlik ve 37 m. yükseklikteki bu yapı cam ve demirden inşa edilmiştir. Crystal Palace tarihte ilk kez önceden hazırlanmış fabrikasyon inşaat parçalarından kurulmuştur. Bu yeni sistemle yalnız yapıların inşası çabuklaşmamış, aynı zamanda daha rasyonel ve ekonomik olması temin edilmiştir [3].

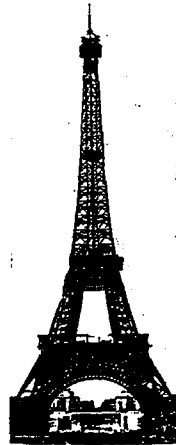
Fransa'da 1850 'de ilk kez fonksiyonel biçimlendirme temel prensip olarak mimaride yerini almıştır. Bu dönemde "Bir form hizmet ettiği forma uygun olmalıdır" düşüncesi oluşmuştur.





Resim 5.1 Crystal Palace, (1851) [36,s:11]

Dikkat edilecek olursa yapılar artık demir çubukların oluşturduğu bir mekana doğru gitmektedir. İşte bu gelişme doğrultusunda çelik konstrüksiyondan anıtsal bir kule inşasını ilk defa Jean Eiffel Paris'te gerçekleştirmiştir. Kule 300 m gibi muazzam bir yüksekliktedir. Eiffel'in kulesi sırsırta gelen dört eğrinin kare köşelerinden hareket edip yükselerek dikleşmesi ve karenin merkezi üzerinden 300 m. yükseklikte birleşmesinden meydana gelmiştir. Yapının özelliği demir konstrüksiyonudur. Yapıda sınırlanmış bir mekan yoktur. Yatay, dikey ve diyagonal olarak birbirini tutan çubuklar, birbirine bağlanarak çeşitli yönlerde hareket eden bir mekanlar topluluğu meydana getirilmiştir. Eiffel yapının konstrüksiyonunu hallederken bilmeden ve ancak on yıl sonra anlaşılabilir yeni bir mekan biçimlendirmesine de ulaşmıştır [3].



Resim 5.2 Eiffel Kulesi, Paris [1, s:32]

Chicago'da kısa zamanda çok sayıda ve hafif bina yapılması gereği, ortaya çelik iskeletli gökdelenleri çıkarmıştır. O zamana kadar bilinen bütün yapı



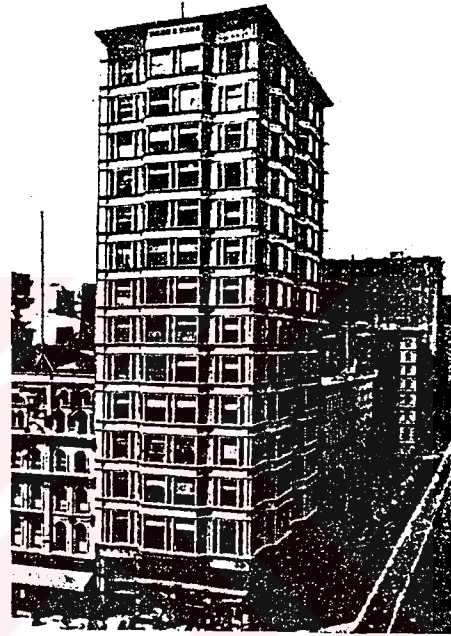
malzemelerine oranla gerek basınca gerekse çekmeye karşı kıyaslanamayacak bir mukavemet gösteren çelik, mimariye yepyeni açıklık ve kesit boyutları getirmiştir.

1885 yılında William Le Baron Jenney'in tasarımı yaptığı 12 katlı "Home Life Insurance Building" düz çatısı ve cepheleriyle Erken Rönesans çizgileri taşıyan ilk gökdelenler arasındadır. Ayrıca Burnham ve Root'un Reliance Building'i de (1890) ilk gökdelen örneklerindedir.



Resim 5.3

Home Life Insurance Building  
Chicago (1885) [1,s: 32]



Resim 5.4

Reliance Building (1890)  
Chicago [1,s: 32]

### 5.1. Betonun Mimariye Girişi

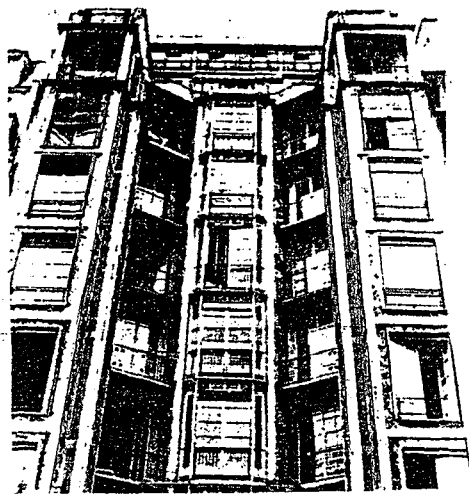
XIX.yy. sonunda demir ve camın yanında mimariye üçüncü yapı unsuru olarak beton girmiştir. Betonun XX. yy. mimarisinde önemli bir yeri vardır. İngiliz duvarcı ustası Joseph Aspdin tarafından bulunmuştur. 1824'te yanmış kil ve kirecin karıştırılmasından elde edilen bu yeni maddeye "Portland Çimentosu" denmiştir. Kum ve su karıştırılan bu madde birkaç saat içinde sertleşmeye başlamış ve üç hafta içinde taşlaşp inanılmayacak bir taşıma gücüne sahip olmuştur. Beton önce yalnız ağırlığı fazla olan yapı temellerinde, sonra yatay kirişler ve tavan içinde kullanılmıştır. 1867'de Monier demir-beton mucidi olarak tanınmıştır.



Betonun plastisite ve döküm olarak her şekli alabilmesi çağımız mimarisinin bütün formlarını uygulamaya olanak vermiştir [3].

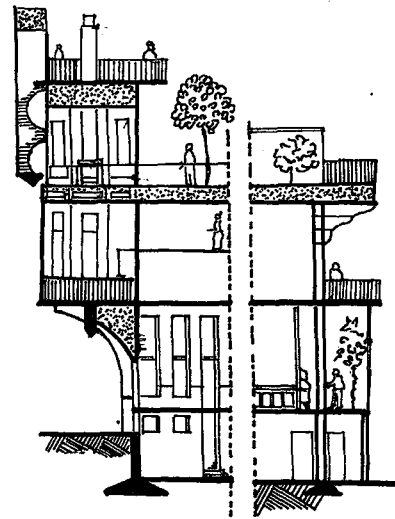
Paris'te Perret'in 22 Rue Franklin'deki apartmanı betonarmenin yeni bir malzeme olarak serbestçe kullanıldığı ilk yapıdır. Bu binada beton, cephede çıplak olarak bırakılmıştır. Planlama her katta değişik ve bağımsız olarak yapılmıştır [4].

Betonun kalıp içine dökülerek uygulanması işçilik yönünden büyük olanaklar getirirken içine çekmeye karşı demir yerleştirerek "betonarme" olarak kullanılması da strüktür yönünden yeni sistemlere gidilmesinde ve mimarinin yeni boyutlara ulaşmasında etken olmuştur. F. Hennebique 1892'de kendisi için dizaynlayıp inşa ettiği villada karkası ve konsolları ile betonarmeyi tüm olanakları ile kullanırken, strüktür açısından gerçekleştirdiği aşamayı mimaride sürdürmemiş, terkedilmiş bir takım biçim ve mimari elemanların taklidinden kaçınmamıştır. A. de Baudot da Montmartre de (Paris 1899) betonu Gotik sistemleri hatırlatan bir şekilde kullanmıştır. T. Garnier'in Cite Industrielle projesinde de betonarmenin tüm olanakları çağdaş dizayn anlayışı içinde ele alınmıştır [1].



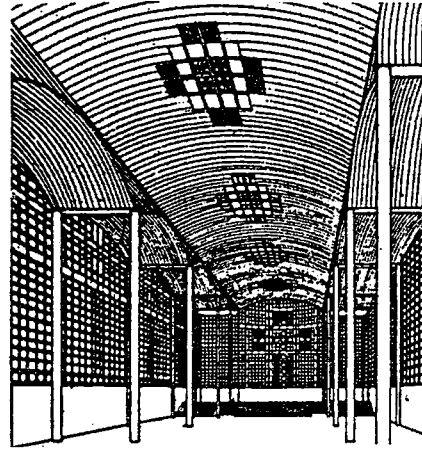
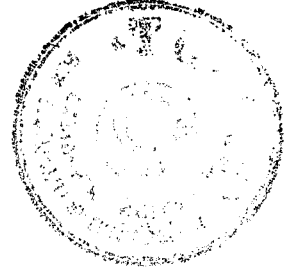
Resim 5.5

A. Perret Apartman (Paris) [1, s: 34]



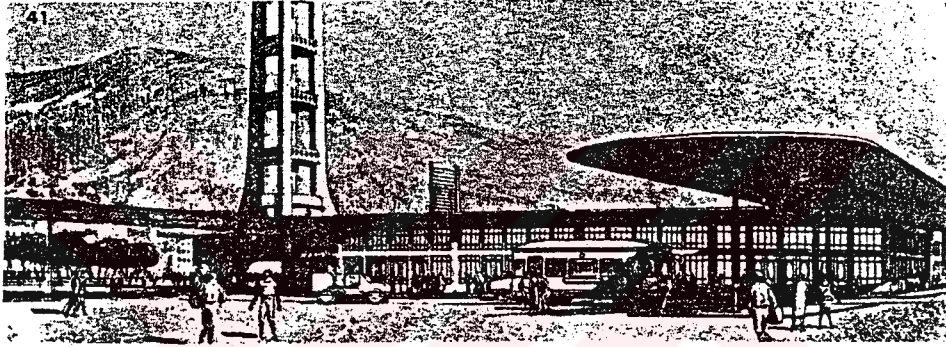
Şekil 5.1

F.Hennebique Villa Bourq [1, s: 34]



Şekil 5.2

A.Perret Notre Dame du Raincy [1,s:34]



Resim 5.6 T. Garnier, Cite Industrielle [1, s:34]

## 5.2. 1900'lerden Bu Yana Avrupa'daki Mimari Üslup

Bu dönem, mimari özellikleri ve yapısal nitelikleri açısından üç bölümde değerlendirilmektedir;

- I. Dönem 1919-29 yılları arası
- II. Dönem 1930-39 yılları arası
- III. Dönem 1939'dan günümüze

Bu üç temel dönemden her biri belirli mimarlar nesli tarafından temsil edilmiş karakterlerini o neslin tutumundan almışlardır.

### 5.2.1. Birinci Dönem (1919-1929)

Mimarları Hearing (1882), Gropius (1883), Van Doesburg (1883), Mies Van der Rohe (1886), Le Corbusier ve Mondelsohn (1887) olan bu dönemin mimari tarzını kareler ve küpler oluşturmaktadır. Bu dönemin temel prensipleri şöyle sıralanmaktadır:



- Masif yapı yerine iskelet sistem kullanılmıştır.
- Taşıyıcı ve bölücü elemanlar arasında belirgin ayrılma vardır.
- Planlamada basit geometrik formlardan yararlanılmıştır.
- Serbest plan ve serbest cephe düzeni kullanılmıştır [36].

### 5.2.2. İkinci Dönem (1930-1939)

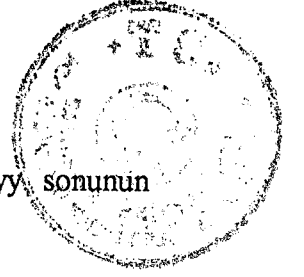
İkinci dönem birinciye has sürekliliğin ve disiplinin çözüldüğü, bir takım görüş ayrılıklarının belirlediği bir dönemdir. Aalto (1898), Lucia Casta (1902), Niemiye (1907), Breuer (1902), Eiermann (1904), Jacobsen (1902), Van den Broek (1898), Terregni (1904), Sakakura (1904) dönemin mimarları arasındadır. Bu dönem yapılarında tabiatla uyuma arzusu söz konusu olup ahşap, taş vb. gibi yine tabiatla uyum sağlayan malzemeler kullanılmıştır. Bu gibi davranışlar mimaride her türlü geleneği reddeden tutumu yumuşatmış eskiyle yeni arasında bir uyuma gidilebileceğini ispat etmiştir [36].

### 5.2.3. Üçüncü Dönem (1940-1964)

Dönemin önde gelen mimarları Bunshaft (1909), Saarinen (1910), Candela (1910), Philip Johnson (1900), Yamasaki (1912) ve Tange (1913) olarak sıralanmaktadır. Bu dönemde çeşitli kaynaklardan yararlanma çabası içinde eski çağların espirisine özenilmiş, hatta o çağlardan biçimsel ilhamlar alınmaya başlanmıştır. Böylece mimaride basitleşmeye, dış görünüşte sadeleşmeye doğru bir değişim oluşmaktadır. Amaç bütünde bütünün parçalarında ve her parçanın arasındaki ilişkiden en basit sonuçları elde etmek olmuş, teknik mükemmeliyet mimari çalışmalara yeni bir karakter kazandırmıştır.

### 5.2.4. Louis SULLIVAN (1850-1920)

Sullivan için işlevi izleyen açık bir kafes değil fakat fiziksel gücü olan bir biçimdir. Gökdelen büro binalarına bağlı yeni programıyla büyük kentlerde insan



kudret ve gücüne saygın bir imge kazandırmış olması bakımından XIX. yy. sonunun en büyük belki de biricik hümanist mimarı olmuştur [40].

Chicago Okulu'nun en önemli mimarlarından. XX. yy.'ın mimarlık karakterini yansıtan "form follows function" (form fonksiyonu izler) sözü ile bir görevi olmayan formun gereksiz olduğunu belirtmiş ve fonksiyonun görevi olduğunu kabul etmiştir. Bu görüş XX.yy.'daki yeni mimarlık estetiğinde Sullivan'ın yerini ayırmış ve önemli bir adımın öncüsü olarak kabul edilmesini sağlamıştır.

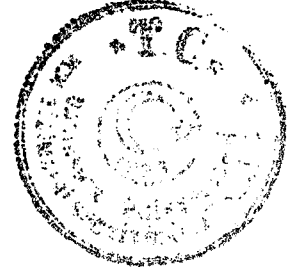
Sullivan kelimenin tam manasıyla "gerçek bir sanatı ifade eden bir mimari, halktan geldiği, halk için ve halk tarafından yapıldığı için yaşayan bir mimari olacaktır" fikrini savunmaktadır. Yapılarında tabiat, formla fonksiyonu açıkça birleştiren, çakıştıran bir unsur olarak belirlemiştir. Soyut ve zaman ötesi güzellik anlayışı yerine işleve (fonksiyona) dayalı bir mükemmellik ortaya çıkmıştır.

Gerçek fonksiyonalizm kişinin açıklanmayan estetik üstünlüğünden hareket etmektedir. Mimari yaratmanın işleve sıkı sıkıya bağlı hale geçmesi geleneksel bir takım görüşlerden sıyrılmayı olanaklı kılmış, böylece modern mimarlığın temelleri atılabilmiştir.

#### **5.2.4.1. Wainwright Binası, St. Louis (1890-1891)**

Gökdelenlerin ilki olarak bilinen bu binada Sullivan, çelik iskelet sistemini mimaride ilk kez uygulamıştır. Dış duvarlar taşıyıcı değildir, kendileri de kirişlerle taşınmaktadır. Sullivan cephede Rönesans etkisinde kalmış, dış duvarda çelik iskeletin kolonlarını çıkarmış ve oraları da plastrlarla bölmüştür.

Düşey taşıyıcıları ikilemiş yatay ve düşey taşıyıcılardan meydana gelen dokuyu temel, çatı ve köşe düzlemlerinin meydana getirdiği bütün içine yerleştirmiştir. Bunlardan birinin içinde taşıyıcı kolon bulunmamaktadır. Sullivan bilinçli bir şekilde yapının hem düşeyliğini hem de plastik yoğunluğunu vurgulamakta ve strüktürel birimi ifade etmekten kaçınmaktadır.



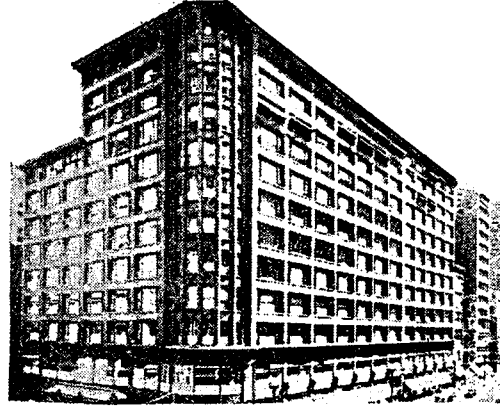
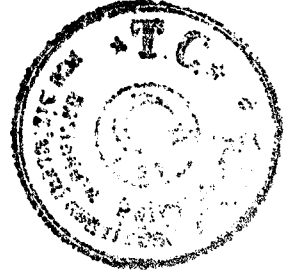
Resim 5.7. Wainwright Binası (1890-91) L. Sullivan [4,S:108]

#### 5.2.4.2 Carson Pirie Scott and Company Binası, Chicago, 1899-1904

Louis Sullivan

İskelet sistemi açıkça gösterilmiş, cephede fazla girinti ve çıkıntılara yer verilmemiştir. Aynı ölçüdeki destekler ve yatay taşıyıcılar büyük geniş pencereler cepheden çok az ileri alınmış ve yüzey birliği sağlanmıştır. Bu satış mağazası mantıklı ve amaçlı bir yapıdır ve kuruluşuna uygun karakteristik bir güzelliği vardır.

Bir cadde ya da meydanı belirleme gücüne sahip, bütünleyici, mekan sınırlayıcı bir tip yaratmıştır. Yapının yüzeyleri içerden gelen basınçtan ötürü parçalanmış gibidir ve etkiyen köşeleri dışında yatay olarak süreklidir. Kolonlar daha geride bir düzleme tutturulmuştur. Bu yüzden üst katlar zeminle bir bağlantıları olmaksızın özgürce tasarlanmışlardır. [40].



Resim 5.8

Carson Pirie C. Binası, Chicago

L. Sullivan 1899-1904 [4,s:108]

#### 5.2.5. Frank Lloyd Wright (1867-1959)

Sullivan'ın öğrencisi olan Wright yeni buluşları ile Avrupa mimarlığını da etkilemiştir. Genellikle tarla evleri, bahçeli ev tipi ile uğraşan Wright halkın eğilimine önem vermeden kendi inancına göre bir mimari yaratmıştır [3].

Onun mimarlığı insan temellidir. Her türlü geleneği, tek büyük gelenek olan "insanın varolma geleneği" adına reddeder. Mimarlığın asıl amacı insanın yaşamını sürdürebileceği yapılar tasarlamaktır. Bunu da yerel koşullar ve çevresel veriler ile sınırlayarak, mimarlığı rasyonel bir çerçeveye oturtur. Bu anlamda Wright'ın mimarlığı yerel olan ile evrensel olanın uzlaştırılması üstüne kurulmuştur.

Wright'ın biçimlendirışı gerek amacı gerekse yarattığı etki bakımından son derece mekansaldır. Bu biçimlendirişte 80'li yılların açık, yatay olarak yayılmış planları evin ortasına konmuş şömineler aracılığıyla dizginlenip tutulmuş ve sundurmalara kadar uzatılmıştır. Bütün örgü bu mekansal fikir etrafında dokunmuş böylece yapının sürekliliğinin artırılması ve bunun plastik olarak hem içerde hem de dışarda ifade edilmesi sağlanmıştır. Yapıtlarında mekânın belirleyici öge olması, bir bakıma Baroğu anımsattığı halde Wright'ta mekân herşeyi zorlarcasına yaygın ve akışkandır.





Wright'ın biçimlendirişindeki tutarlı ve akışkan mekansal nitelik en ağır katı ve yoğun kütleli kagir evlerde bile görülmektedir. Böylece Wright, sürekli mekanı yeni bir çeşit anıtsal kütle ile kaynaştırabilmeyi başarmıştır. Bu yapılar kalıcı ve toprağa bağlı olup, yontusal bir eylemi değil tersine kendilerini etraflarında yarattıkları zorunlu çevre ile tamamlayan mekansal bir amacı açıklamaktadırlar.

Yapının ağırlığında hala kendini duyurmakta olan eski katı düzen parçalanıp bileşenlerine ayrılmış ve bunlar mekan boyunca süregelen bir devinimin değişik örnekleri içinde yeniden düzenlenmişlerdir [40].

Wright'a göre herşeyi kavrayarak toprağa kavuşturan yatay düzlem içindekileri kutulamak yerine hayal gücünü kullanarak mekanı ifade eden bir biçim anlayışını tamamlamak için organik mimariye ulaşmak gerekmektedir.

#### **5.2.5.1. Şelale evi (1935), Pennsylvania**

Wright'ın bu yapısının Şelale evi olarak mimarlık tarihine geçmesi, bölgedeki en önemli çevresel veri olan akarsu ve şelale ile arasındaki dinamik ve yaratıcı ilişkiye dayanmaktadır.

Bina yatayda ve dikeyde bir dizi geometrik formun kombinasyonundan oluşmuştur. Bu geometrik formlar , içten gelen bir güç ve parçalanma ile değişik yönlerde doğru fırlamış görünümündedirler. Burada amaç, nesnenin kendisini parçalamaktır.

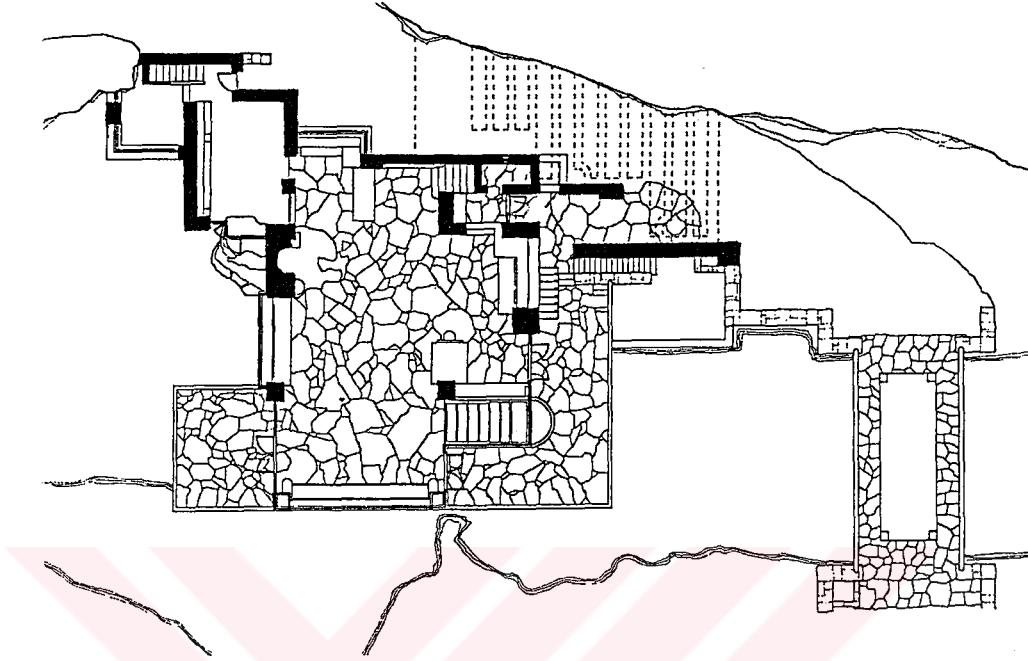
İnce metal doğramalar kullanılarak geometrik formların kombinasyonu esnasında oluşan boşluklar sınırlanmıştır. Köşelerde doğrama kullanılmamış, cam, cam ile birleştirilmiştir.

Şelale Evinin planlarında da aynı etki hakimdir. Masif, ağır taşıyıcı duvarlar ile ince metal doğramalarla zıtlık teşkil etmektedir [17].

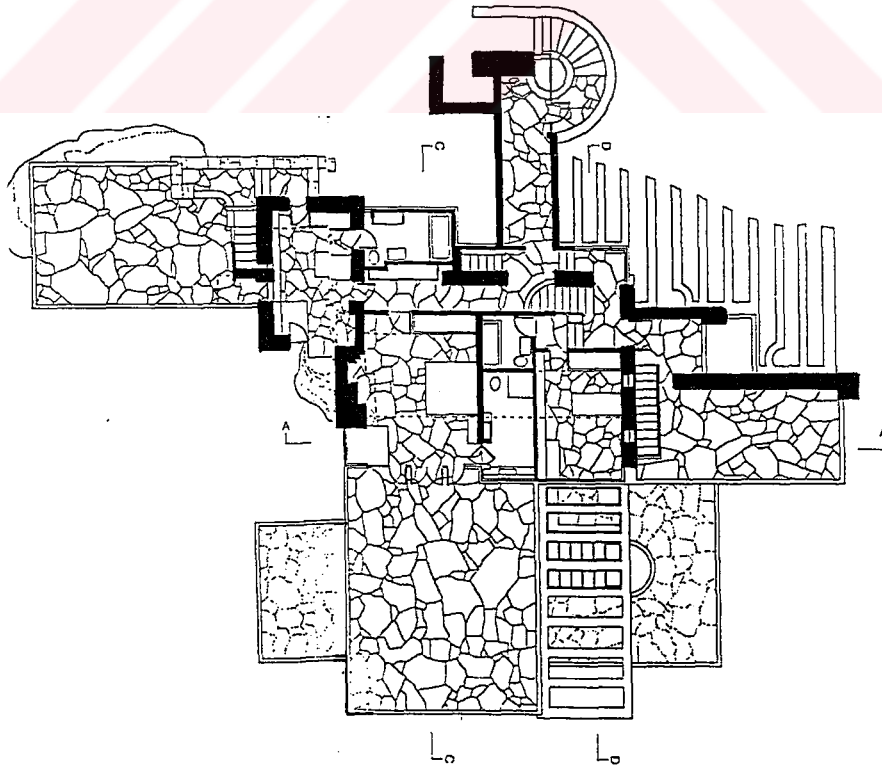
Bu yapıda Wright o güne kadar ulaşılmış herşeyi bir araya getirip kaynaştırmıştır. Yapılarında sürekli mekan ve betonarmede strüktürel sürekliliği



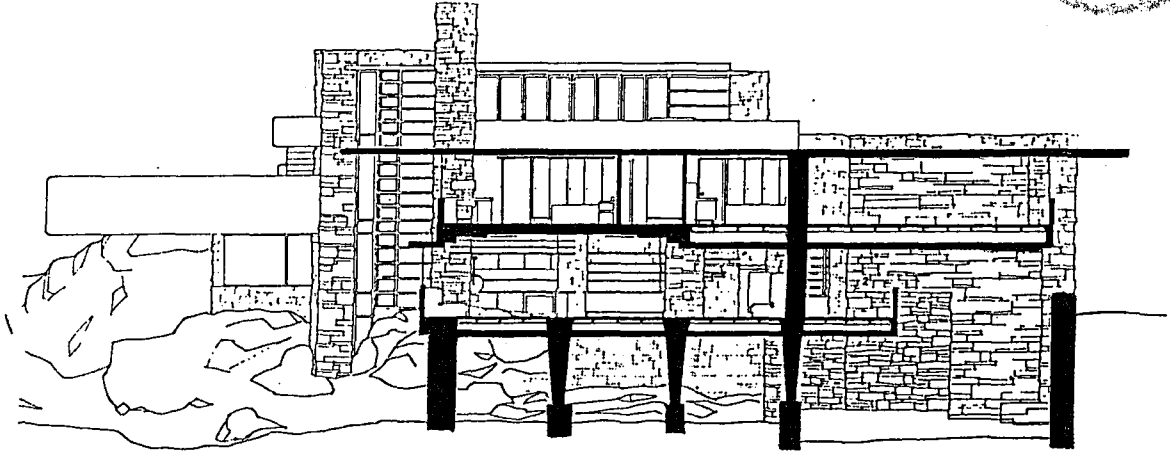
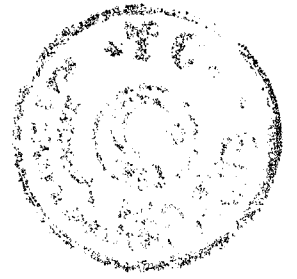
neoplastisizm ile metal romantik-naturalizmin asimetrisini, doğaseverliği ve romantik-klasik biçimlerin geometrik berraklığını bir arada kullanmıştır [40].



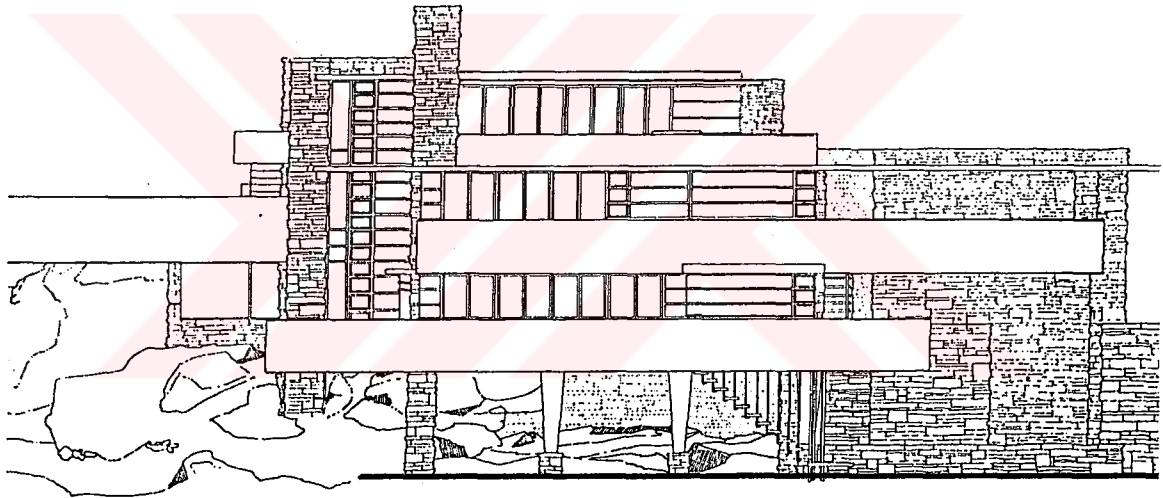
Şekil 5.3 Şelale Evi Zemin Kat Planı [21, s:70]



Şekil 5.4 Şelale Evi İlk Kat Planı [21,s:71]



Şekil 5.5 Şelale Evi A-A Kesiti [21, s: 73]



Şekil 5.6 Şelale Evi Görünüş [21,s:75]

Wright'a "modern mimarlığın romantığı" denilmiştir. Doğasız bir Wright mimarisinin düşünülmesi olanaksızdır.

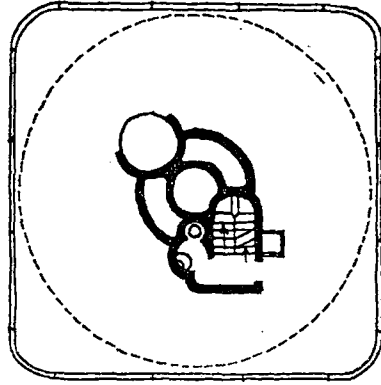
#### 5.2.5.2. Araştırma Laboratuvarı Racine Wisconsin, Llyod Wright

Kullanış ve fonksiyonun tam olarak arandığı laboratuvar son derece parlak, ince ve zarif bir mimariyle inşa edilmiştir. Kulenin formu ve camın kullanılmasıyla muhteşem bir plastik tesir yaratılmıştır.

Bu kule biri kare, diğeri dairevi platformlardan meydana gelmektedir. Temeli 17 m. derinliğe kadar inmekte, bu aks toprak seviyesine çıktığında içi boş beş sütun halinde yukarı uzanmakta, içinden asansör ve merdiven çıkmaktadır.

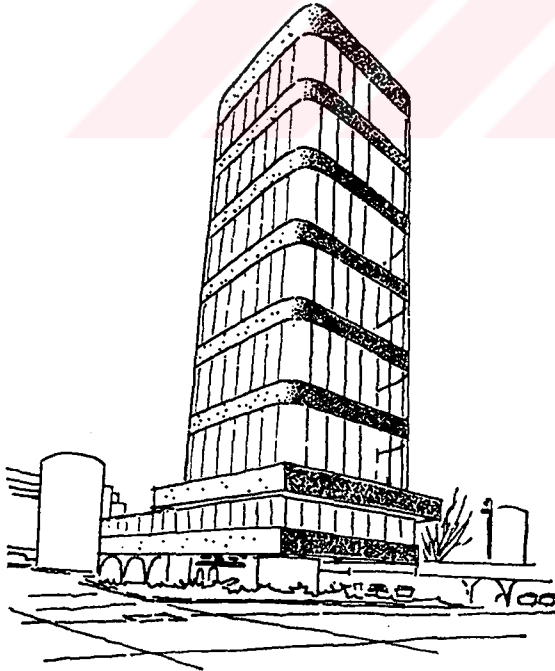


Dış cephede konstrüksiyon olmaması sebebiyle binanın tamamen sarılması organik bir dış etki yaratmaktadır. Ayrıca yapıda camın devamını sağlamak için zarif ve şeffaf bir sistemden yararlanılmıştır.



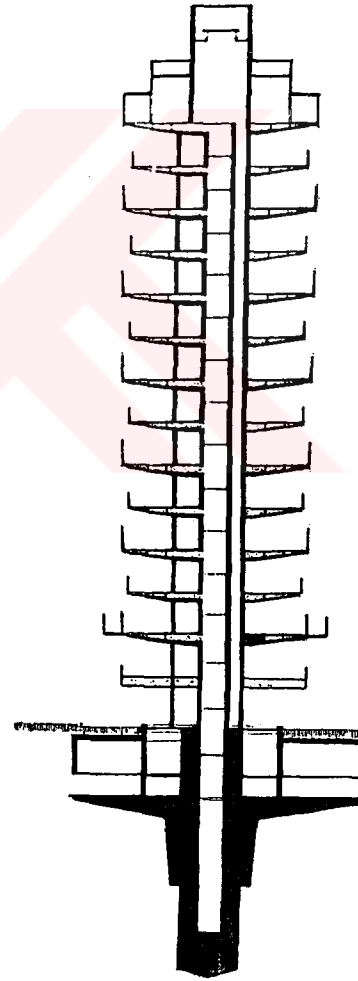
Şekil 5.7

Araştırma Laboratuvarı Planı [3, s:116]



Şekil 5.9

Araştırma Laboratuvarı Perspektivi  
[3,s:116]



Şekil 5.8

Araştırma Lab.Kesit, Racine Wisconsin.  
Lloyd Wright [3,s:116]



Diğer önemli yapıları, Barnsdall Evi 1920, Willits Evi Highland Park Chicago 1902, Robie Evi 1909 Chicago, Martin Evi Buffalo 1904, Johnson Wax Binası Racine Wisconsin 1936 Guggenheim Müzesi, New-York, 1946 olarak bilinmektedir.

### **5.2.6. Walter Gropius (1883-1969)**

Mimar, eşya biçimlendiricisi, şehirci ve en önemlisi büyük bir eğitimcidir. Modern yaşamın biçimlenmesinde fikri birlik ve koordinasyondan hareket etmiştir. Yeşil saha ve doğa ilişkisine önem vermiştir. Gropius yüksek çok katlı evlerin ışık, yeşil saha ve şehircilik açısından çok avantajlı olduğunu ilk kez ortaya çıkarmıştır.

Gropius 1919'da "Bauhaus" u kurmuştur. Bu okul endüstriyel eşyanın biçimlenmesinden mimariye kadar bütün sanatlarda devrimci denemeler atölyesi olarak kurulmuş ve bir biçimlendirme laboratuvarı olarak işlev görmüştür [3].

Bauhaus yaratıcı çabaları tek bir bütün halinde bir araya getirmeye pratik sanatın tüm disiplinlerini yeni bir mimarlığın ayrılmaz öğeleri olarak yeniden birleştirmeye çaba göstermiştir.

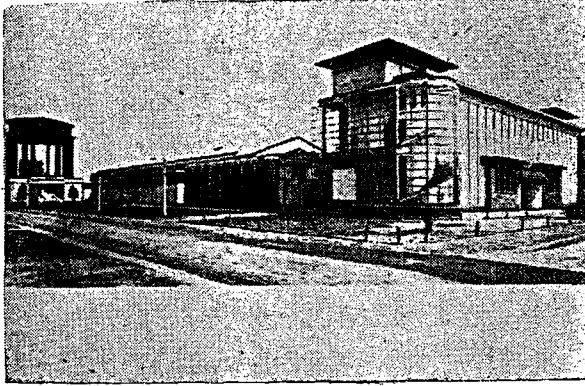
Gropius bir çeşit süreklilik ve mekansal devinim ifadesi aramış, ama bunu kapalı, sert, romantik-klasik ve makinemsi bir kutu içinde elde etmek istemiştir. Böylece 1920'lerden sonra ortaya çıkan "de stijl" diye adlandırılan akıma katılmış ve yapılarıyla Neo-Plastisizm'in ve Konstrüktivizm'in ilkelerini ortaya koymuştur.

#### **5.2.6.1. Werkbund Sergisinde Fabrika Cologne, 1914, Köln**

Burada ilk defa cam içine alınmış spiral merdiven görülmektedir. Yapıda camın ve demirin verdiği imkanlar sonucunda, boşlukta yer alan serbest mekanlar ortaya çıkmıştır. Çatıdaki terasta yeni malzemelerin sağladığı imkanlardan faydalanılmıştır. Dışarı çıkıntı yapan merdivenlerde de yine yeni konstrüksiyonlar kullanılmıştır. Wright'ın sürekli yatay düzlemlerden etkilendiği halde son derece

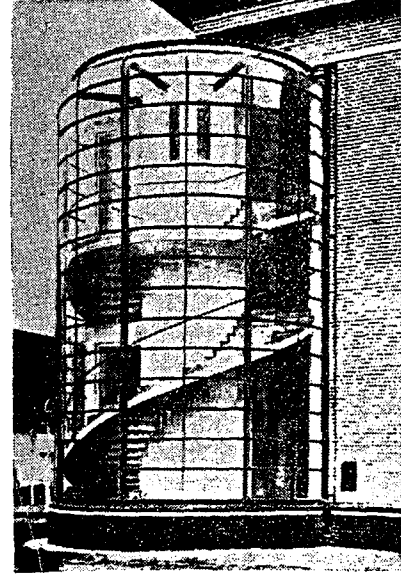


mekansal olarak kütle plastikliğinden kaçınmak istemesi yapının profillerini kapatıp sınırlamıştır [40].



Resim 5.9

Werkbund Sergisinde Fabrika (1914) [4,s: 108]



Resim 5.10

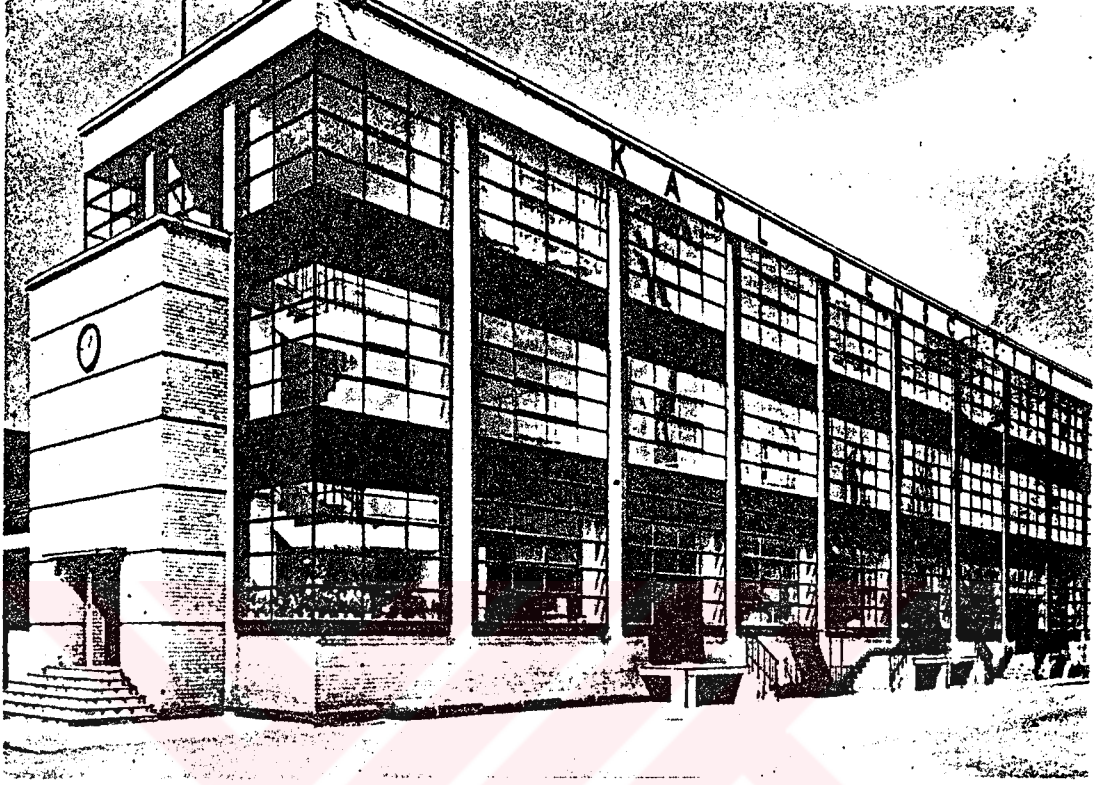
Fabrika Merdiven Holü [4,s:108]

#### 5.2.6.2. Fagus Werke Binası 1914

Geçmiş on beş yılın getirdiklerini bir araya toplayan Gropius, cama strüktürel önem kazandırmıştır. Bu yapısında, camın, yaşama duygumuzun yükselmesinde yeri olduğunu düşünmüş ve onu mekan sınırlayıcı bir unsur değil aynı zamanda bir gösteri materyali olarak kullanmıştır. Bu yapıda yalnız yüzeylerde değil yapının taban ve tavanında da cam kullanılmıştır [3].

Yapı bir bütünlüğe ulaşmıştır. Strüktür mantığı süreklilik ve klasik eğilimler arasında var olmuş yeni bir çözümle kolonları köşeden geri tutmakta fakat bu defa köşeyi sıkı sıkıya camla sarmaktadır [40].

Diğer önemli yapıları; Bauhaus Dessau 1925, Hausing Scheme Berlin 1929, İmpington College Cambridgenshire İngiltere 1936, Total Theatre 1927, Harvard Graduate Center Cambridge 1949 olarak bilinmektedir.



Resim 5.11 Fagus Werke, 1914 [3, s:110]

### 5.2.7. Ludvig Mies Van Der Rohe (1886-1969)

Mies Van Der Rohe'nin mimari alanda yapmış olduğu yenilik Le Corbusier'in demir betonunu yüksek eve uygulaması gibi elik ve camı yüksek eve uygulamasıdır. O, düz hatlardan meydana gelen demir iskeleti, saydam bir satıh olarak dşnmş, camı da bu iskelet üzerine germiştir. Le Corbusier, mekanları birbirinin içine iterken o mekanları bu form içinde toplamıştır.

Rohe, 1923'te Wright'ın yaptığı gibi mekanları duvarlarla sınırlamamış ve duvarı, çatıyı ayakta tutan bir unsur haline getirmiştir. Böylece hareketlerle gelişen bir ayak duvar anlayışı ortaya çıkmıştır. Mekan içinde serbest duvar unsurunu da ilk kullanan mimardır. Ayrıca mekanları birbirinden ayırmak yerine birbirlerine açık mekanlar dizisini de Rohe getirmiştir [3].

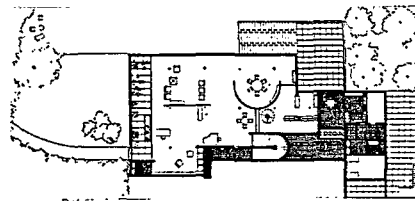


Mies Van Der Rohe'nin uluslararası üslupdaki mimarisi ise söz konusu akımlardan yalnızca birinin Biçimsel Saflık-Pürizm-Rasyonalizm kategorisi içinde yer almaktadır [8].

Rohe'nin gücü salt ideale dayanan çalışma tutkusundan gelmektedir. Rohe'nin önemi; 1950 sonrasında kendisiyle birlikte eski hümanist kent karakterlerinden yeterince izlenim taşıyan kent içinde uygulanabilir, temiz ve öğretilbilir bir inşa etme tarzı getirmiş olmasındadır.

#### 5.2.7.1. Tugendhat Evi, 1930, Mies Van Der Rohe

Akıcı bir planın ancak bir bölümünün kutu içine alınması gibi uzlaşmacı bir tutuma zorlanması dolayısıyla sonuç kendisi için tümüyle doyurucu olmamıştır. Bu sebeple içerdeki açık plan serbest kalırken avlunun daha mükemmel bir kutu içine alınmasına ve mekan ile kütlelerin daha klasikleştirici bir simetriye yönelmesine imkan sağlamaktadır.



Resim 5.12 Tugendhat Evi, 1930 [20, s:79]

#### 5.2.7.2. Seagram Company Binası, NewYork, 1958

Mies Van Der Rohe ve Philip Johnson tarafından tasarlanan Seagram Binası bu yönde yapılmış çalışmaların en iddialısıdır. 38 katlı olup tamamen bronz ve camdan





oluşturulmuş giydirme cepheli bir gökdelendir. Cephelerde kolon daha geride bir yüzeyde tutulup aralarındaki yüzey çok ustaca biçimlendirilmiştir. Düşey I profillerin yapının dışının belirgin elemanı haline gelmesi ve böylece önündeki meydanın gerisine simetrik olarak yerleştirilen yapının bacakları üstünde yontusal bir gövde olarak durması sağlanmıştır.



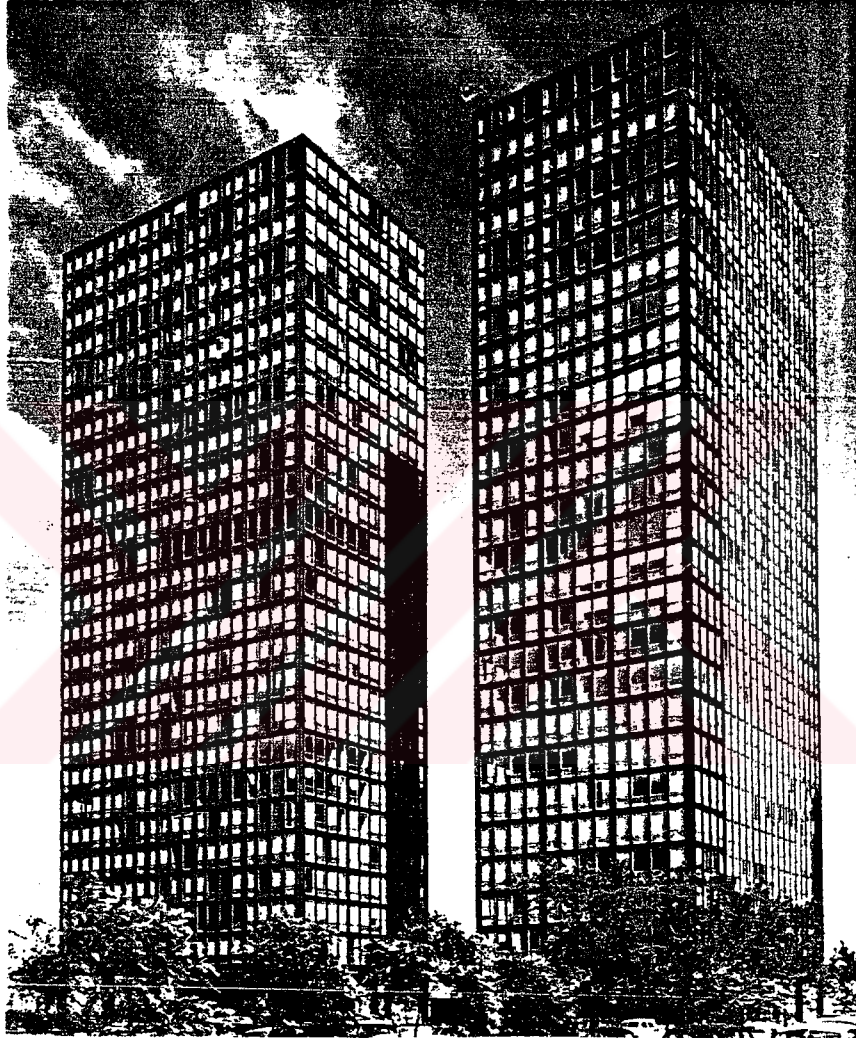
Resim 5.13 Seagram Building, New York, 1958 [19.s:21]

### 5.2.7.3. Skyscraper Apartments, Lake Shore Drive, Chicago, 1951

Yapıda; çelik kesitlerden kabartmalar, duvarın yüzeyinde hissedilir ve cepheye hareketlilik verir. Dikdörtgen cam kutuların yerleşimleri birinin uzun kenarı



diğerinin kısa kenarıyla karşı karşıya olacak şekildedir. Bu özelliği ile de Skyscraper Apartmanları değişik yönlerden değişik silüetler vermektedir [20].



Resim5.14 Skyscraper Apartmanları, Chicago, 1951 [20,s:81]

Kolonlar dışarıda ifade edilmiş ve çerçeve hem kolonların hem de düşey kayıtların önüne metal I profillerle kaynaklanmıştır. Böylece yapının düşey birliği (unity) ağır bastırılmıştır. Bu buluşlar gökdelenin üzerine soğuk bir Amerikan perde duvarı geçirmiş, strüktürel birimin perde gerisinde büsbütün gizlenmesi ile de yapıyı düşey olarak duran bir nesne haline getirmiştir.



Diğer önemli yapıları, Alman Pavyonu Uluslararası Sergisi Barcelona, Mannheim Ulusal Tiyatrosu Almanya 1953, Cullinan Güzel Sanatlar Müzesi Houston 1958, Lake Shore Drive, Chicago 1951, İllinois Teknoloji Enstitüsü olarak bilinmektedir.

#### 5.2.8. Le Corbusier (1887-1965)

Mimar, yazar ve ressam olarak tanınmıştır. XX.yy.'ın bu büyük insanı son zamanlarında efsanevi bir mimar haline gelmiştir. Le Corbusier: “gelecek için bir mimarlık devriminden söz etmek istemiyorum; o çoktan gerçekleşti” diyerek geleceğin mimarisinin oluştuğunu açıklamak istemiştir [3].

Le Corbusier binaların doğa ile olan ilişkisine dokunmamış, doğal çevre ve bunun ortasına yerleştirilen insan yapısı, tasarımlarının temelini oluşturmuştur [21].

Le Corbusier, çok yönlü kişiliği, üretkenliği, çizdiği ve inşa ettiği kadar yazan bir mimar olması, geliştirdiği radikal düşünceleri ve bunları ifade etme, gerçekleştirme yönündeki ütöplast iyimserliği, çağının kendine özgü sorunlarını fark edip bunları çözmeye yönelik yenilikçi tavrı ile modernist bir mimardır. Le Corbusier'in soyut, geometrik dili, modern olarak nitelenen kalıplaşmış biçimlerin, zaman içinde ortaya konulan belirginleşen modernist ilkelerin ötesinde, içinde bulunduğu çağ ile hesaplaşma, onu kavrama ve içinden geçme amacındadır [21].

Le Corbusier ömrü boyunca insan eylemlerini mimari biçim içinde sarmanın, kavramanın yolunu araştırmıştır. Onun yöntemi yapıyı öyle bir biçimde ortaya koyar ki; yapı artık sadece insanoğlunu ve eylemlerini barındıran bir kabul değildir; aynı zamanda figüratif yontu gibi eylemde bulunan yontusal bir birim haline dönüşmüştür [40].

Le Corbusier'in binalarında süreksiz temeller ve noktasal taşıyıcılar binanın iç düzenlemesi düşünülmeksizin belirli aralıklarla yerleştirilmiş ve yerden yükseltilerek zemin kat yukarı kaldırılmıştır. Böylece odalar toprağın neminden uzaklaşmış ve yapının oturduğu alan da bahçeye katılmıştır. Aynı alan düz çatı üzerinde kazanılarak çatı bahçeleri oluşturulmuştur. Taşıyıcı duvarlar yerine her kalınlıkta perdeler kullanılarak zemin kat planı özgürce tasarlanmıştır. Pencereleer bir taşıyıcıdan diğer taşıyıcıya uzatılarak yapılarda yatay pencereler kullanılmıştır.



Döşemenin yapıyı çevreleyen bir balkon gibi taşıyıcı kolonların ilerisine çıkarılmasıyla tüm cephe taşıyıcı yapının ötesine uzatılmıştır. Böylelikle taşıyıcı olma niteliğini yitirmiş ve içteki bölmelere bağlı olmaksızın pencereler istenilen uzunlukta açılabilmiştir.

Bina öğelerinin üretimi için endüstriyel ve teknolojik girişimler başlatmıştır. Seri üretimle bu öğelerin doğru ucuz ve iyi yapılmasını ve istenilen sayıda üretilmesini sağlamıştır [37].

### 5.2.8.1. Marsilya Konut Bloğu, 1952 Unite d' Habitation

Marsilya Konut Bloğu Le Corbusier'in İkinci Dünya Savaşı sonrası Paris'te bürosunu tekrar açtıktan sonra yaptığı ilk projedir. Marsilya Konut Bloğu 15 çift piloti üstünde yükseltilmiş bir dikdörtgenler prizmasıdır. Bina pilotilerle zeminden kopartılmıştır. Yükseltilmiş zemin katı, ortadaki konut kısmı ve çatı katındaki dinlenme ve eğlenme bölümü ile üç ana bölümden oluşur. Genelde konutlar doğu-batı eksenini boyunca yerleştirilmiştir. Le. Corbusier'in amacı, süslemeci sanata karşı çıkmak, dünya genelinde bir stil oluşturmak, endüstrinin nasıl yalın formlar yarattığını göstermek, yalın formların, kendi oluşumlarından gelen değerlerini göstermek, betonarmenin konut tasarımına getirdiği radikal dönüşüm ve strüktürel özgürlükleri kullanmak ve yaşamı standartlaşmış insanın ihtiyaçlarını karşılayacak standartize edilmiş konutları yaratmaktır [21].

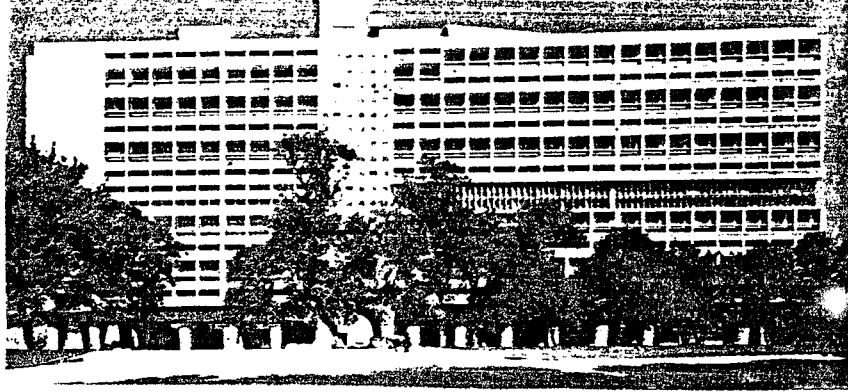
Bunlardan daha önemlisi Marsilya Konut Bloğunun geçen yüzyıl boyunca yerleşme süreci esnasında ortaya atılan ya da uygulanan fikirlerin bir sentezi olmasıdır. Temelde "bahçe şehir" fikrini savunmuştur. Bahçe şehir kavramı 19.yy.da yaygın olan banliyö bahçe şehir ve ideal şehir modellerinin sentezidir [21].

Dökme betondan yapılan strüktür kaba bırakılmıştır, böylece kendi içinde gerçek bir doku ve plastiklik edinilmiştir. Yapının sahip olduğu boşluklar sadece doluluklardan kurulu sistemin bütününe katılan boşluklarmış gibi bir izlenim uyandırmaktadır. Apartmanın birimleri tek tek ifade edilmiş insan eylemini barındıran kapı, pencere gibi elemanlar ikinci plana atılmıştır. Yapının çevresi kolonlarla çevrilmiştir.

Corbusier: "mimari, ışık içinde, kesin ve büyük bir oyundur" demiştir. Kübik ve silindirik formlar merdivenler ve rampalar, serbest duvarlar ayak üzerinde taşınan

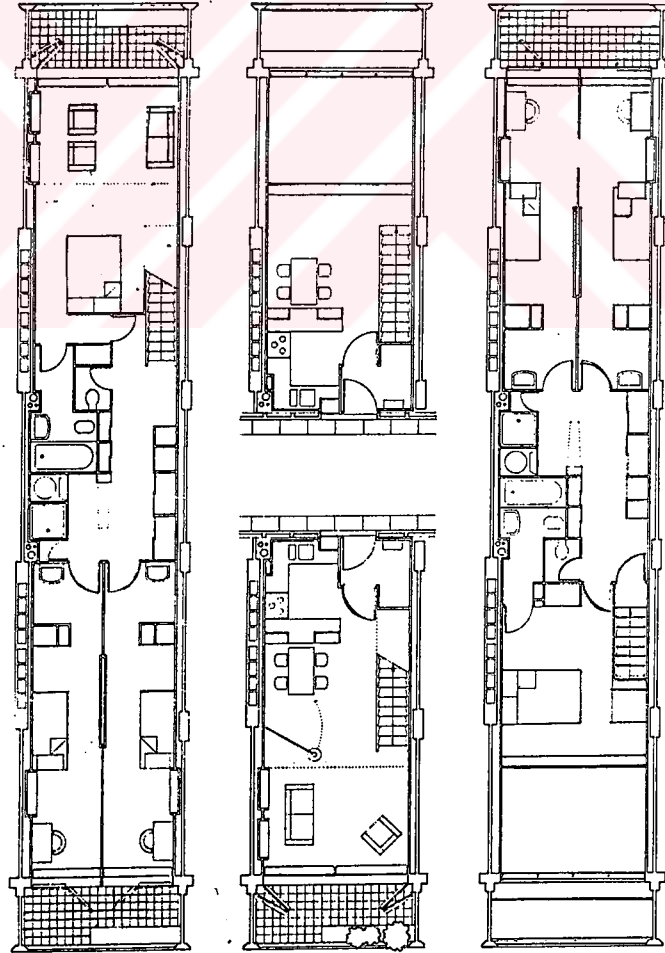


galeriler, bir oyun çevresinde birleşmişlerdir. Corbusier yaratıcılık kaynağını şöyle açıklar: “bir tek usta tanyorum; mimarinin geçmişi, bir yaşam vardır; geçmişi incelemek” [3].

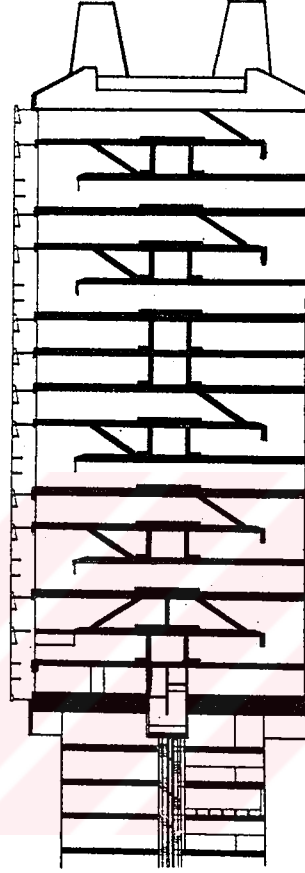


Resim 5.15 Marsilya Konut Bloğu [20.s:97]

Unite d' Habitation Marseilles



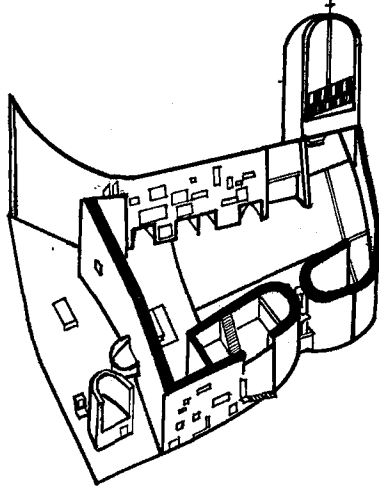
Şekil 5.10 Marsilya Konut Bloğu Planı [21,s:46]



Şekil 5.11 Marsilya Konut Bloğu Kesiti [40]

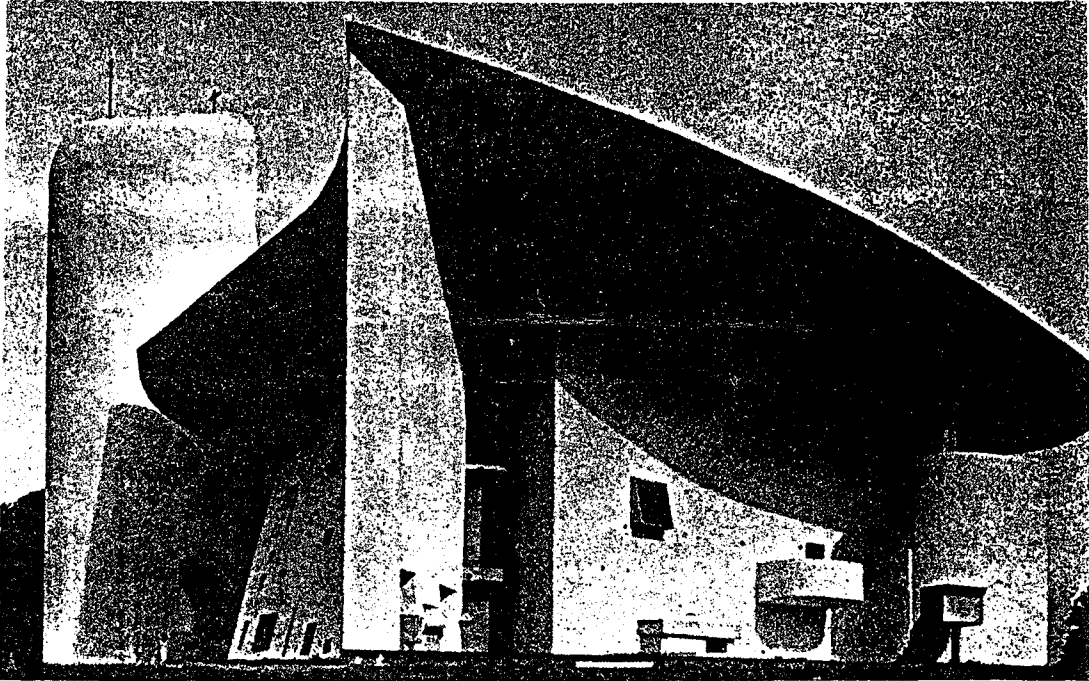
#### 5.2.8.2. Notre Dame Du Haut Kilisesi, 1955, Ronchamp

Yapıda rasyonel bir amaç olmadığı için, sanatçı tamamen kendi yaratıcı gücüne dayanarak bir plan çizmiştir. Geometrik bir bünyeye oturmayan bu kilise, aslında rasyonel olmayan bir düşünce ile ilişkili olduğu için irrasyonel biçimli bir yapı oluşmuştur. Çevreye kapalı olan iç mekana ışık, mazgal, delikleri gibi küçük pencerelerden girilmektedir. Yapının belirgin geometrik biçimlerle bir ilgisi yoktur. Ancak anıtsal etki yapan, büyük güçlü bir süliet yapının dış görünüşünü oluşturmaktadır [3].



Şekil 5.12 Notre Dame Du Haut 1955 [2,s:24]

Yapının bütün arka bölümü başlıklı şapellerin etrafında döner gibi patlarcasına gerilmiştir. Bu arada çatı levhası hem yapının içine doğru basmaktadır hem de güneydoğu köşesine doğru havaya kalkmaktadır, buna karşılık güney duvarı da içeri girmekte sonra tekrar dışarı çıkıp yükselmektedir. Bunun gerisinde en yüksek şapelin megaronu görülür ve güneyde giriş tarafında ikisi karşı karşıya getirilmiştir. Bunların arasında ezilmiş ve sıkışmış olarak kapı yer alır; çünkü yapı kapının üzerinde ikiye ayrılmaktadır ve çatının en uzun konsol bölümü burada bulunmaktadır. Yine parça parça dağıtılan pencerelerle duvara yontusal bir eylem kazandırılmıştır [40].



Resim 5.16 Notre Dame Du Haut Kilisesi [40]



### 5.2.8.3. İsviçre Öğrenci Yurdu, 1932, Paris

Pierre Jeanneret ile birlikte Paris'te okuyacak İsviçreli öğrenciler için bir yurt binası yapmıştır. Le Corbusier'in isteği yapıyı yerden ayırmak ve zemin katını açık havaya dahil etmektir. 45 m. boyunda 12 m. yüksekliğinde ve 8 m. derinliğindeki blok ayaklar üzerindedir. Alt zeminin etrafa açık olması giriş ve çıkışı kolaylaştırmıştır. Serbest bir oylum haline getirilen bu alt kısım saf geometrik basit form olarak ilgi uyandırmıştır [3].

Burada dramatize edilen şey kendi karşısı olan durağan hacmi havaya kaldıran ve yontusal olarak eylem halinde bulunan kolonlardır. Yapı henüz bütünlenmemiş bir yontusal imge kazanmamıştır [40].



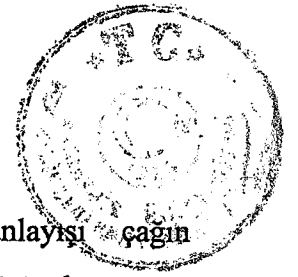
Resim 5.17 İsviçre Öğrenci Yurdu, 1932 [20, s:92]

Diğer önemli yapıları, Ozenfant Evi Paris 1922, Citrohan Evi Weissenhof Konut Sergisi Stuttgart 1927, Sovyetler Sarayı 1931, Jaoul Evi Neuilly 1952, La Tourette Manastırı Eveux 1956, Chandigarh Projesi olarak bilinmektedir.

### 5.2.9. Değerlendirme

Çağdaş mimarlığın başlangıcı 19.yy. Endüstri Devrimi sonucunda ortaya çıkan gelişmelere dayanmaktadır.





20.yy. ilk yarısında yaygınlaşan modern mimari anlayışın çağın gereksinimlerine, sanat anlayışına ve yapı teknolojisine uygun sade çözümler arayan bir yapıya kavuşmuştur. Bilim teknik ve endüstrinin gelişmesi, zevkin sadeliğe ve işlevselliğe yönelmesi, yeni konutların, bina türlerinin ortaya çıkması, modern mimarlığın doğuşunda önemli etkenler olmuşlardır. Sürekli kentleşen karmaşık modern bir toplumun gereksinimleri ile yeni malzemelerin ve strüktür yöntemlerinin sağladığı olanaklar, yeni bir mimarlığı hem gerekli hem de olanaklı kılmıştır. Modern mimarlık tarihsel eski biçimlerin kopyaları yerine özgün tasarıma dayanmaktadır. İyi bir yapı estetik çekicilik kadar kullanma amacına uygun niteliklere de sahip olmalıdır. Böylece iç mekanların ve planın düzenlenmesi en az dış görünüşü kadar önem kazanmıştır.

19.yy. sonlarına kadar demir, cam, çelik ve betonun mimariye girmesi; strüktür ve biçim olarak yeni sistemlere ve yeni boyutlara ulaşılmasında etken olmuştur.

Demirin inşaat malzemesi olarak kullanıldığı Crystal Palace'ta çelik, duvara gereksinim olmadan taşıma görevini üstlenmiş, duvarların yerlerini ise camlar almıştır. Çelik; taşıyıcı olarak kullanıldığı bu yapıda hem konstruksiyonu sağlamlaştırmış hem de mekan tayin edici bir unsur olarak kullanılmıştır. Böylece strüktür biçimin belirlenmesinde etkili hale gelmiştir.

Bu yeni inşaat anlayışıyla yüksek bloklarda prefabrike elemanların, demir kirişlerin ve kolonların son olarak ta iskelet yapı sisteminin kullanılmasına başlanmıştır.

En fazla Chicago'da uygulanan ilk yüksek blokların mimarlarından olan Sullivan "Form fonksiyonu izler" prensibinin kurucusudur. Sullivan için işlevi izleyen biçim açık bir kafes değil, fakat fiziksel gücü olan bir biçimdir. Gökdelenlerin ilki olarak bilinen Wainwright binasında Sullivan bilinçli bir şekilde yapının hem düşeyliğini hem de plastik yoğunluğunu vurgulamakta ve strüktürel birimi ifade etmekten kaçınmaktadır.



Sullivan'ın öğrencisi Wright her türlü geleneği tek büyük gelenek olan "insanın varolma geleneği" adına reddetmektedir. Wright'ın biçimlendirışı gerek amacı gerekse yarattığı etki bakımından son derece mekansaldır. Bütün elemanlar dışarıda da açığa çıkarılmış böylece yapı Sullivan'ın herhangi bir yapısına oranla mekan ve strüktür olarak daha kaynaşmış bir bütünü meydana getirmektedir. Bu soyut güce rağmen yapının dolulukları sadece içerde birbirine geçişmiş olup yatayda ve dikeyde bir dizi geometrik formun kombinasyonundan meydana gelmiştir. Wright'ın 1935'te inşa ettiği Şelale Evinde geometrik formlar içten gelen bir güç ve parçalanma ile değişik yönlere doğru fırlamış görünümündedir. Planlamada ve biçimde organiklik hakimdir ve doğal biçimler ile uygun renkler kullanılarak bunların çevreyle uyumu sağlanmıştır.

Çağdaş mimarinin gelişiminde önemli bir yeri olan, Bauhaus'un yaratıcısı Walter Gropius, bir çeşit süreklilik ve mekansal devinim ifadesi aramıştır. Ancak bunu, kapalı, sert, romantik-klasik makinemsi bir kutu içinde elde etmek istemiştir. Strüktür mantığı; süreklilik ve klasik eğilimler arasında ulaşılmış yeni bir çözümdür. 1914'te inşa ettiği Fagus Werke Fabrika Binasında kolonları köşeden geri tutmuş ve köşeyi sıkı sıkıya camla sarmıştır. Cam mekan sınırlayıcı özelliğinin yanında gösteri unsuru olarak ta kullanılmış, strüktürün izleri cephede hissettirilmek istenmemiştir.

Mies Van Der Rohe; 1920'li yıllarda Almanya'da yapılan en mekansal projelere sahiptir. Düz hatlardan meydana gelen demir iskeleti saydam bir satıh olarak düşünmüş camı da bu iskeletin üzerine germiştir. Mekanları duvarlarla sınırlamamış, duvarı, çatıyı ayakta tutmaya yarayan bir unsur haline getirerek "ayak duvar" anlayışını getirmiştir. Rohe'nin yapıtları asimetri ile mekansal yönden akıcı biçimleri azaltılmasına ve yapıyı ideal bir örgü ile hümanist düzenin bir ifadesi olarak görmeye dayanan bir derişime yönelmiştir. 1951'de yaptığı çelik iskeletli Skyscraper Apartmanlarında kolonları dışarıda ifade etmiş, düşey kayıtların önüne metal I profiller kaynaklanmış ve çelik kesitlerden kabartmalar duvarın yüzeyinde hissedilmiştir. Böylece biçime hareketlilik kazandırılmıştır.

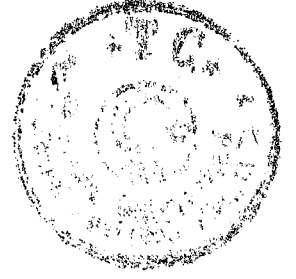


Le Corbusier inşa ettiği kadar yazan bir mimardır. Geliştirdiği radikal düşünceleri ve bunları gerçekleştirme ve ifade etme yönündeki ütöplast iyimserliği ve çağının kendine özgü sorunlarını farkederek bunları çözmeye yönelik yenilikçi tavrı ile modernist bir anlayışa sahiptir.

Le Corbusier klasik-rasyonel-geometrik biçim anlayışını kabul etmiştir. Yapının belirgin geometrik bir biçimi yoktur fakat strüktürün bütün avantajları biçimin oluşmasında etken olmaktadır.

Le Corbusier yapılarında zemin katları yerden yükselterek pilotiler üzerinde yukarıya kaldırmış aynı zamanda çatı bahçeleri oluşturmuştur. Taşıyıcı duvarlar yerine her boyutta perdeler kullanarak zemin kat planını özgürce tasarlamış, bir yapıdan diğer yapıya uzanan yatay pencereler kullanmıştır. Döşemenin yapıyı çevreleyen bir balkon gibi taşıyıcıların ilerisine çıkarılmasıyla tüm cephe taşıyıcılarının ötesine uzanmıştır.

1955'te inşa ettiği Notre Dame du Haut Kilisesi'nde belirgin bir geometrik biçim söz konusu değildir. Yapıda rasyonel bir amaç olmadığı için sanatçı tamamen kendi yaratıcı gücüne dayanarak bir plan çizmiş, strüktürün sağladığı tüm avantajları biçimin oluşmasında kullanmıştır.



## 6. ÇAĞDAŞ STRÜKTÜREL GELİŞME

Çağdaş strüktür sistemleri geleneksel yapım sistemlerinden malzeme, yük, taşıma ilkeleri, statik ilkeleri vb. yönlerden farklı özellikler gösteren, daha çok büyük açıklıkları örtmeye uygun olan sistemlerdir. Yapım üretim tekniklerinde çağımızın özellikle ikinci yarısına doğru görülen bu gelişme kısaca endüstri devriminin doğurduğu teknolojik olanakların ve toplumsal sorunların bir sonucudur. Teknolojik gelişmeye paralel olarak bulunan yeni yapı malzemeleri (örneğin plastik malzemeler), yeni yapım teori ve yöntemleri (örneğin beton ile çeliğin birarada kullanılması, membran kabuklar teorisinin geliştirilmesi), uzay çağının getirdiği bir takım bilgiler yeni yapım sistemlerinin araştırılmasında ve hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Taşıyıcı sistemlerin ortaya çıkması ve gelişmesindeki en büyük etken şüphesiz ki insanın içgüdüsel barınak gereksinimidir. Bu gereksinim sonucu insan yine içgüdüsel veya doğa örneklerinden esinlenerek, onları taklit ederek bir takım taşıyıcı sistemler ortaya çıkarmıştır.

Yeni strüktür sistemlerinin doğmasına yol açan başka bir etken ise insanın daima kendisini aşma, daha iyiyi daha doğruyu bulma çabasıdır. Taşıyıcı sistemler söz konusu olduğunda bu daha büyük alanları daha ekonomik yolla örtme olarak yorumlanmaktadır [22].

Bugün çağdaş strüktür dizayncılarının amacı, canlı strüktürlerin incelenmesinden elde edilen bulgularla sadece basit çekme ve basınç gerilmelerinin bulunduğu ve en az malzeme ile en büyük açıklıkların geçildiği sistemleri gerçekleştirmektir.

İnsanlığın gelişim sürecinde insanoğlunun doğa etkilerinden korunma çabası kadar yerçekimini yenme, ona karşı koyma uğraşı da gözlenmektedir. İnsanın en doğal gereksinimlerinden olan barınma gereksinimi söz konusu olduğunda, basınca ve çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerin bir içgüdü veya rastlantı sonucu da olsa daha tarih başlarında uygulanmaya başlamış olması, dünyanın farklı bölgelerinde biliniyor olması



ilginçtir. Tarihsel süreç içinde, taşıyıcı sistemlerin uzun bir zaman dilimine yayılarak yavaş yavaş geliştikleri, daha az malzeme kullanımına doğru gittikleri gözlenmektedir.

Çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlere örnek olan çadır ve kablo sistemler, tarih öncesi devirlerde de kullanılmıştır. İnsanlar sarmaşık asma ağacı gibi doğal malzemelerin bükülebilen kısımlarından yapılan halatlarla uçurum ya da nehirlerin üzerinden geçmişlerdir. Diğer bir çekmeye çalışan sistem prototipi olan çadırlar kolay taşınabilir, istenildiğinde hızla sökülebilir başka bir yerde aynı hız ve kolaylıkla kurulabilir olmalarından ötürü göçebe toplumlar ve kavimler tarafından öncelikle tercih edilmişlerdir.

İnsanların bilgi ve teknik düzeyleri daha çok ilerleyip, malzeme olanakları çeşitlendikçe daima daha büyük alanları, arada mekan bölücü yapı öğeleri olmaksızın, serbestçe fakat bir önceki yapıdan daha az malzeme kullanarak geçme istemlerine paralel olarak basınca çalışan taşıyıcı sistemler de evrime uğramışlardır. Örneğin; kagir giriş ve lentolardan, kemerlere, dairesel kemerlerden parabolik ve gotik kemerlere, kemerlerin bir doğrultuda ötelenmesiyle elde edilen tonozlara, haçvari tonoz, manastır tonozu, küresel kubbe, gotik (parabolik) kubbe vb. gibi eğri yüzeyli taşıyıcı sistemlere doğru izlenen gelişmeler akla gelmektedir. Bu sistemler “yığma sistemler” olarak adlandırılmaktadır. Çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerde böyle bir gelişim 19. ve 20.yy. başlarına kadar izlenmemiştir.

Çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerin mimarlıktaki önemi genellikle sistemin hafifliğinden kaynaklanmaktadır. Burkulma sorunu olmadığı için, alışılmış iskelet sistemlerle aşılamayacak büyüklükte açıklıklar geçilebilmektedir. Böylece günümüzde ihtiyaç duyulan büyüklükte mekanların aralarında düşey taşıyıcılar olmadan örtülebilmesi olanağı sağlanmaktadır. Taşıyıcı sistemlerin esasını oluşturan çatının hafifliği, bu çatının oturduğu duvar, kolon ve diğer tüm alt taşıyıcıların daha hafif olmasını, temellerin küçülmesini beraberinde getirmektedir. Çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerde malzeme dayanabileceği son limite kadar yüklenebilmektedir. Ayrıca özel üretim sisteminden geçen ve kablo sistemlerde kullanılan kabloların taşıma gücü



Ayrıca özel üretim sisteminden geçen ve kablo sistemlerde kullanılan kabloların taşıma gücü konvansiyonel çelik malzemededen, örneğin çelik boru ve diğer profillerden veya betonarme çeliğinden 5 - 10 kat daha fazla olmaktadır.

Bu sistemlerin olumsuz yanı, tasarımın hesaplama ve uygulama gibi tüm yapım sürecinde uzman bir yaklaşım gerektirmesidir. Çoğu kez standart detaylar yetersiz kalmakta her noktanın özel olarak ele alınması, üretimin özel olarak yapılması gereği doğmaktadır. Söz konusu sistemler hafif olmaları nedeniyle dinamik yüklere karşı daha hassas hale gelmektedirler [23].

Basınca çalışan taşıyıcı sistemlerden birisi olan kabuk yapılar eski devirlerde mevcut yapı malzemesi olan taş ve tuğlayla kubbe ve tonoz yapımında anıtsal bir ifade bulmuş daha sonra 20. yy.'da betonarmenin bulunmasıyla günümüzün ince kabuk yapıları gelişmiştir.

Kabukların sağladığı strüktürel etkinlik, malzemedeki kazanç, hafiflik, estetik zenginlik, donatı ve temeldeki gözardı edilemeyecek ekonomik yararları yanında, pahalı olan kalıp masrafı, mukavemet hesaplarının güç oluşu gibi bir takım sakıncaları da ortaya çıkmaktadır [24].

Uzay kafes sistemler 20. yy.'ın ikinci yarısından itibaren oldukça çok uygulama alanı bulmuş taşıyıcı sistemlerdir. Büyük açıklıkları geçebilme özelliği yanında küçük ve standart prefabrik elemanlardan kolay ve çabuk kurulabilmesi de bu sistemin tercih nedenlerindedir [25].

Şimdi kısaca özelliklerine değindiğimiz çağdaş strüktür sistemlerinin her biri; tarihçe, gelişim sürecindeki yeri, sistem ve analiz prensipleri, yapılmış örnekleri ve strüktür biçim ilişkisi vurgulanarak incelenecektir.

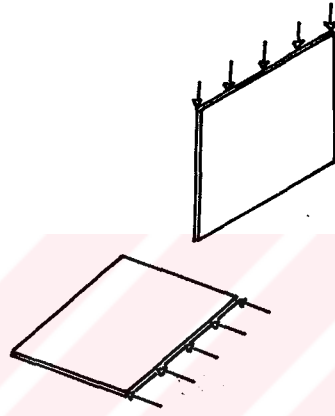
## 6.1. Yüzeysel Strüktürler

Form ve çalışmaları bakımından “düz yüzeysel”, “katlanmış” ve “eğrilikli” olarak üç bölümde görülen yüzeysel strüktürler, membran teorisine göre çalışan yüzeylere oranla ihmal edilebilecek kalınlığa sahip sistemlerdir [1].



### 6.1.1. Düz Yüzeysel Strüktürler

Yapıdaki durumuna göre, kuvvetlerin strüktür düzlemine (tarafsız düzleme) dik geldiği düz yüzeysel taşıyıcılara “plak”, paralel geldiği yüzeysel taşıyıcılara ise “perde” ismi verilmektedir. Bunlar plak yığma ve betonarme iskelet yapılarda betonarme döşeme olarak kullanılırken, perde özellikle çok katlı yapılarda deprem ve rüzgar gibi yatay kuvvetlere karşı betonarme perde şeklinde kullanılmaktadır [1].



Şekil 6.1.1 Perde - Plak [1, s: 35]

Bilindiği gibi plaklar iki boyutlu, kalınlığına oranla büyük olan ve yüzeylerine dik etki eden yükleri taşıyan düzlemsel taşıyıcı öğelerdir. Plaklarda statik boyutlandırmayı belirleyici gerilme türü “eğilme”dir. Eski zamanlarda plak görünüşünde yüzeysel taşıyıcıların kullanımı, mimarlıkta bilinen malzemelerin çok küçük olan eğilme emniyet gerilmelerinden ötürü ancak çok küçük açıklıklarda ve daha çok ikincil işlevlerle sınırlanmıştır. Betonarme tekniğinin gelişimine paralel olarak geniş açıklıkları örtmeye uygun kirişsiz ve kirişli döşemeler, mantar plaklar, nervürlü ve kaset döşemeler, T ve çift T plaklar ile diğerleri mimar ve mühendisler tarafından çok sık kullanılmıştır.

Plaklarda eğilme gerilmesi boyutlandırmayı belirlemekte, kendi ağırlığı altında ve üzerine gelecek yükler nedeniyle eğilmektedir. Plakın serbest açıklığı arttıkça kalınlıkta artmaktadır. Nervürlü ve kaset döşemeler gerçekte çekme bölgesindeki yük taşımaya katılmayan betonu taşıyıcı sistem dışı bırakıp, ölü ağırlığı azaltma amacındadırlar [22].

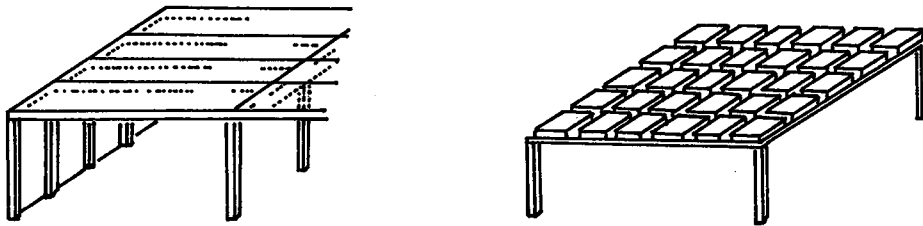


Plaklar üzerine etki eden yükleri birbirini kesen iki kiriş gibi plağı çevreleyen kirişlere aktarmaktadırlar. Örneğin dikdörtgen bir plak, dikdörtgenin aç ortaylarının kesişmesiyle yamuk alanlara ve üçgen alanlara dönüşen plağın kendi ağırlığı uzun kenarlara, üçgen alanların kendi ağırlıkları kısa kenarlara aktarılmakta, böylece plağın boyutları kareye yaklaştıkça her iki kenara aktarılan yükler birbirine yaklaşıcağından plak iki yönlü çalışmaya başlamaktadır.

Perde (panel, levha) olarak adlandırılan taşıyıcı ögenin plaktan farkı kenarlarına dik gelen yükleri taşımasıdır. Kirişler derinleştikçe perdeye dönüşürler. Örneğin bir betonarme perde duvarın temel görevi üst kenarına gelen düşey yükleri aşağıya aktarmaktır. Bir perde duvar, diğer taraftan yüzeyine dik gelen yükleri taşımaktadır (dış duvarlarda rüzgar yükünün taşınması vb. gibi). Ancak düşey yükler perdenin statik boyutlandırmasını belirledikleri için perdede basınç gerilmesi ağırlık kazanmaktadır. Basınç etkisindeki her taşıyıcı öge gibi perdelerde de burkulma (veya yüzeysel burkulmayı tanımlayan buruşma) konusu büyük önem kazanmaktadır [22].

Perdelerin çalışma yönünden kirişlerden farkı, yüksekliğin açıklığın 1/5'inden büyük olmasıdır. Bu durumda artık "eğilme teorisi"nin dışında bir çalışma söz konusu olacak ve "gerilme optiği" kullanılarak sistemler çözümlenecektir.

Plaklarla büyük bir alan örtülmek istenildiğinde aşırı eğilme deformasyonlarını önlemek için plak eğilme rijitliğini artırmak gerekmektedir. Bu durumda dolu gövdeli bir plak kullanmak çok ekonomik olmayacağından bir çözüm olarak kaset (ızgara) döşemeler düşünülmüştür [25].



Şekil 6.1.2 Tek ve İki Yönde Çalışan Düzlem Yüzeysel Strüktürler [25, s: VI.6]





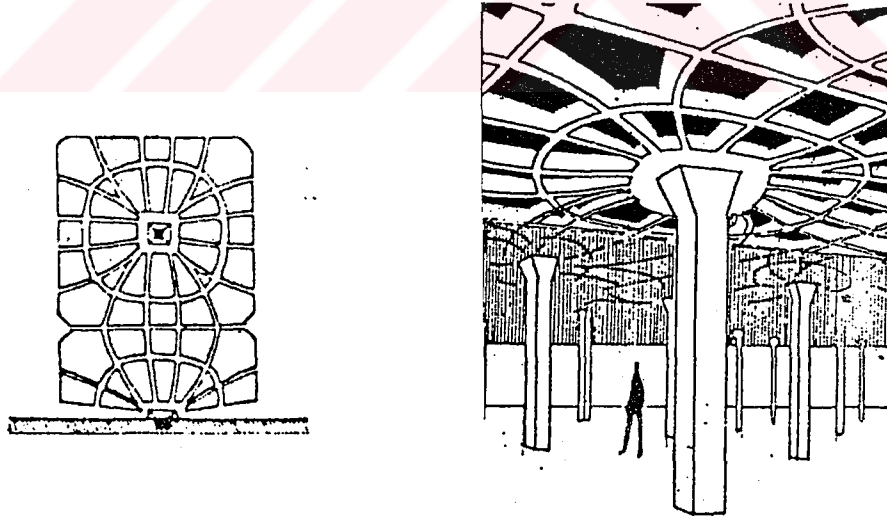
Kaset döşemelerde her iki yönde kirişler birbiriyle bağlantılı olup bir bütün oluşturmaktadırlar. Kirişlerin üzerine döşeme plağının konulmasıyla kiriş ve plağın beraber çalışmaları daha iyi sağlanmaktadır. Betonarme yapı sisteminde kiriş ve döşeme aynı anda betonlanabileceği gibi prefabrike olarak da yapılmaktadır.

Kaset döşemelerde yük dağılımı, kenarlarına paralel doğrultuda alınan kirişlerin uzunluklarının oranına bağlıdır. Açıklık / Derinlik oranı 10 / 40'tır. Dolu gövdeli plaklarda bu oran 10 / 20 arasındadır. Kirişlerin üç ayrı yönde kullanılmasıyla üç yönlü kaset döşemeler de oluşturulmaktadır. Bu tür döşemeler iki yönlü döşemelere göre daha rijittirler.

#### 6.1.1.1. Düz Yüzeysel Strüktürlerin Uygulamaları

##### 6.1.1.1.1. Gatti Wool Fabrika Binası, Roma, İtalya, Nervi, 1953

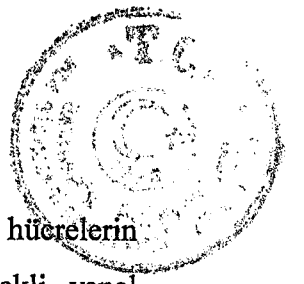
Döşeme plaklarının ilginç bir uygulamasıdır. Betonarme zeminler döşeme içinde oluşan asal gerilme doğrultularını izlemektedir. Kolonlar düzenli bir şekilde yaklaşık 4.90 m. aralıklarla yerleştirilmiştir [25].



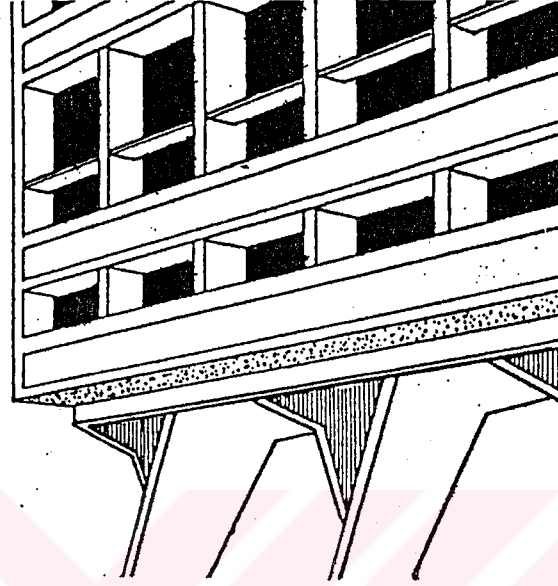
Şekil 6.1.3. Gatti Wool Fabrika Binası Roma, 1953 [25, s: VI.27]

##### 6.1.1.1.2. Nates Blokları, Nates Reze, Fransa, Le Corbusier, 1955

Bu yapıda yatay ve düşey plak elemanları kullanılarak kiriş ve kolonlar tamamen elimine edilmiştir. Ancak yapının süreklilik ve bütünlüğün korunması için



iç boşluk düzenlemesine de kısıtlamalar getirilmiştir. Kutu şeklindeki hücrelerin boyutları küçüktür. Kesit boyutları büyük eğik kolonlar yapıya gerekli yanal stabiliteyi sağlamaktadır [25].

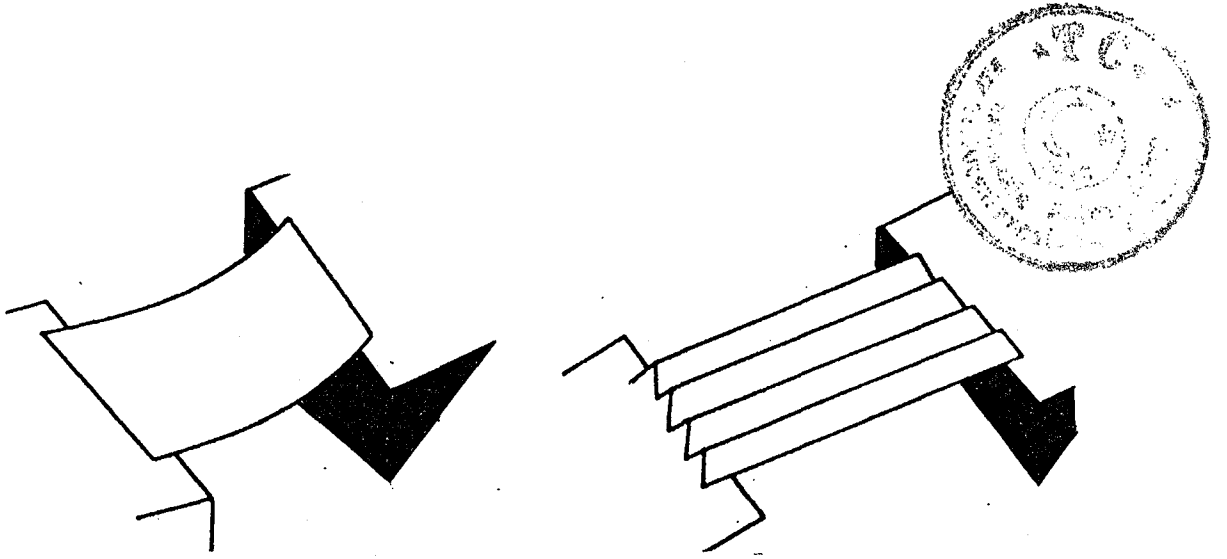


Şekil 6.1.4 Nates Blokları, Fransa 1955 [25, s: VI.28]

## 6.1.2. Katlanmış Yüzeysel Strüktürler

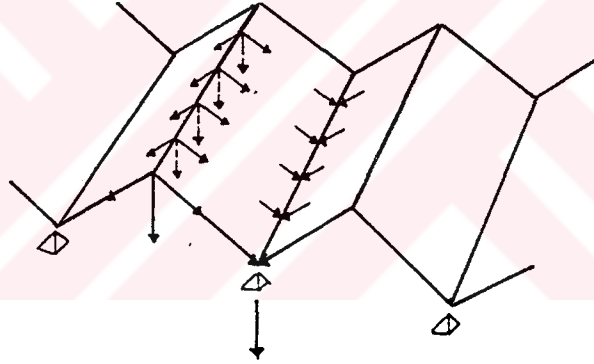
### 6.1.2.1. Tanımlama -Tarihçe

Katlanmış plakların taşıyıcı sistem olarak çağdaş mimarlıkta kullanılmaya başlanması oldukça yenidir. Bu tür yapıların 20. yy.'da betonarmenin bilimsel esaslarının gelişip deneyiminin artmasıyla uygulanmaya konulduğu bilinmektedir. Geçmiş dönemlerin bir takım mimarı yapıtları ve günlük yaşantımızda karşılaşılan bazı eşyalar biçimsel olarak katlanmış plakları anımsatmaktadır. Doğada karşılaşılan strüktürler arasında katlanmış plaklara hem biçimsel hem de işlevsel benzerlik gösteren örnekler vardır. Bunlar arasında; katlanmalar nedeniyle daha fazla direnç kazanan böcek kanatları, yapraklar, bal petekleri vb. sayılmaktadır. İki ucundan tutulduğunda kendi kendini taşıyamayan, kendi ağırlığı altında sarkan bir kağıt parçasının bir takım katlanmalardan sonra ek yükleri taşıyabilir duruma geldiği herkesçe bilinmektedir.



Şekil 6.1.5 Düz Plağın Katlanarak Direnç Kazanması [25, s: VI.14]

Katlanmış plaklar düzlem yüzeylerin belli açılarla birleştirilmesiyle oluşturmaktadırlar. Katlanmış plaklarda, plaklar birbirine burkulmaya karşı direnç kazandırdığı için büyük açıklıklar ince levhalarla kirişsiz olarak geçilebilmektedir [26].



Şekil 6.1.6 Katlanmış Plak [22, s: 43]

#### 6.1.2.2. Katlanmış Plakların Çalışma Prensipleri

Katlanmış plakların yük taşıma biçimi plak ve perde çalışmasına benzetilmektedir. Katlanmış plakların her bir yüzeyi kısa kenar yönünde bir plak gibi çalışır. Katlanma açısı küçüldükçe plak çalışması artmakta, perde çalışma özelliği azalmaktadır. Katlanma çizgileri boyunca birbirine dayanan yüzeylerin monolitik özellikte olması nedeniyle bu kenarlar birer mesnet etkinliğindedir [22].

Bir katlanmış plak, yüksekliği ve enkesit alanı aynı olan ve kalınlığı ikiye katlanmış bir kiriş kadar yük taşıyabilmektedir. Yükseklik arttıkça atalet momentiyle



birlikte kirişin ağırlığı da artmaktadır. Katlanmış plakta ise yüksekliğin fazla olması, bir kirişten farklı olarak hem taşıyıcı hem de örtücü öge olmasına karşın kendi ağırlığı fazla değildir. Katlama sayısıyla, katlanır plakların kalınlığı ters orantılıdır. Katlanmanın sağladığı biçim direnci, düzlem plaklara oranla daha etkin malzeme kullanımını gerektirmektedir [22].

Ahşap, çelik, alimünyum ve betonarme, katlanmış plak yapımında kullanılan başlıca malzemelerdir. Betonarme olarak 15 - 40 m., çelik malzeme kullanıldığında ise daha büyük açıklıklar geçilebilmektedir [26].

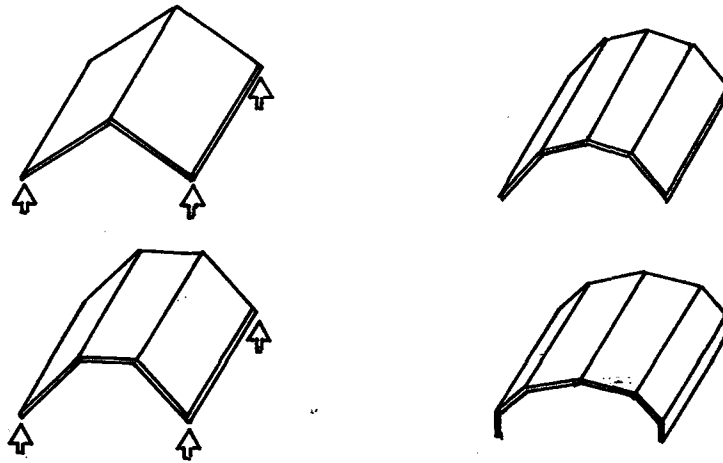
Katlanmış plaklar;

- Prizmatik Katlanmış Plaklar
- Piramidal Katlanmış Plaklar
- Çerçeve Biçiminde Katlanmış Plaklar

olarak üçe ayrılmaktadır.

Prizmatik katlanmış plakların yüzeyleri dikdörtgen biçiminde olup en yaygın katlanmış plak türünü bu grup oluşturmaktadır. Bunların enkesit biçimleri farklılıklar göstermekte ve enkesitleri bakımından iki büyük grup göze çarpmaktadır.

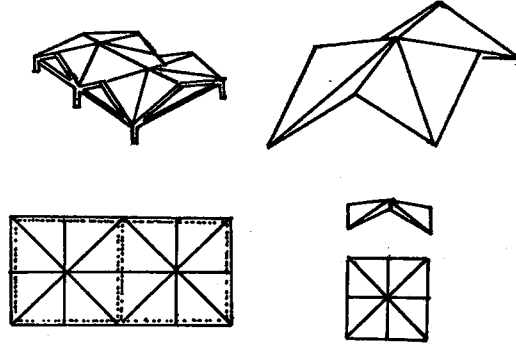
- a) Enkesiti çokgen biçiminde olan prizmatik katlanmış plaklar
- b) Enkesiti "Z" biçiminde olan prizmatik katlanmış plaklar



Şekil 6.1.7 Prizmatik Katlanmış Plak Örnekleri [22, s: 46]

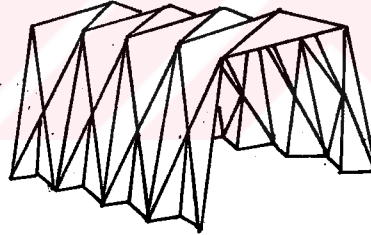


Piramidal katlanmış plaklar üçgen veya kesik üçgen (yamuk) biçimli yüzeylerden oluşmaktadır. Prizmatik katlanmış plaklarda plak çalışması kısa kenar doğrultusunda ve tek yönlüdür. Piramidal plaklarda iki yöne doğru plak çalışması gerçekleşmektedir [22].



Şekil 6.1.8. Piramidal Katlanmış Plak Örnekleri [22, s: 46]

Ayrıca katlanmış plaklar, tek eğrilikli (tonoz) veya çift eğrilikli (örneğin küre) yüzeylere, kemer, çerçeve gibi taşıyıcı sistemlere de uygulanmaktadır.



Şekil 6.1.9. Çerçeve Biçiminde Katlanmış Plak [22, s: 46]

Katlanmış plağın istenen statik çalışmayı gerçekleştirebilmesi için alın yüzlerinin desteklenmesi gerekir, böylece sistemin stabilitesi sağlanmış olmaktadır.

Bunlar;

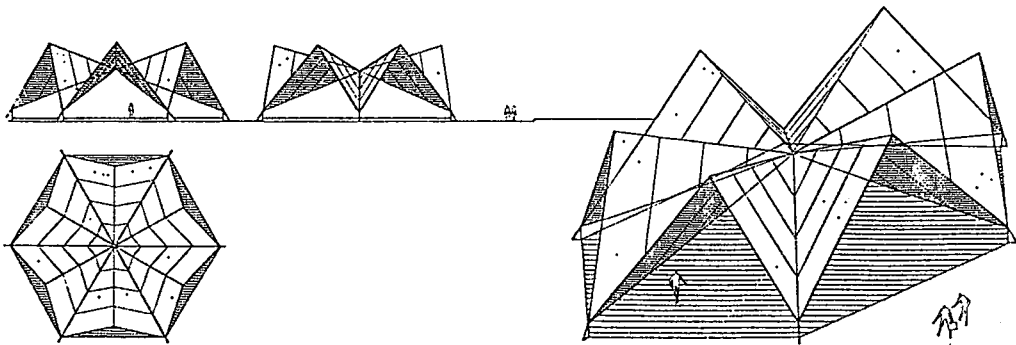
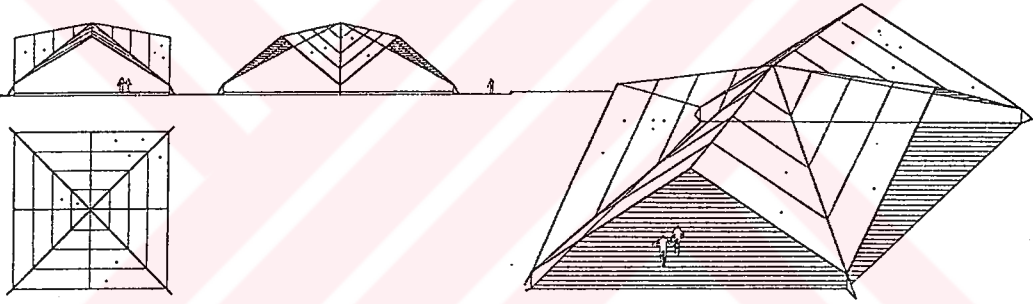
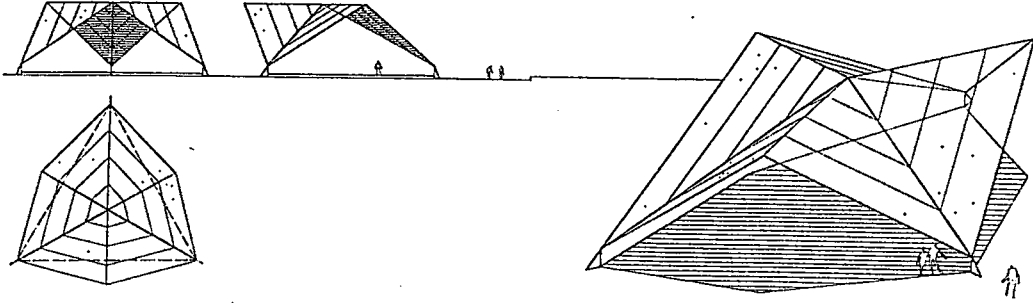
- Kenarların kısa kenar doğrultusunda açılmasını önlemek için iki uç arasına kolonları birbirine bağlayan bir giriş konulmaktadır.

- Alın yüzeyi; çelik kafes, çelik veya betonarme alın çerçevesi, alını tamamen kapatan bir betonarme perde gibi taşıyıcı öğelerle desteklenmektedir.

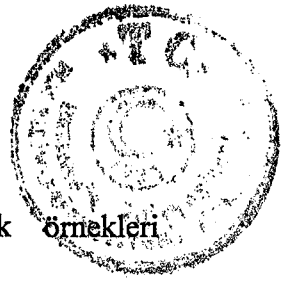
- Alın yüzeyleri düşey doğrultu ile bir açı yapacak biçimde kesilmektedir [22].



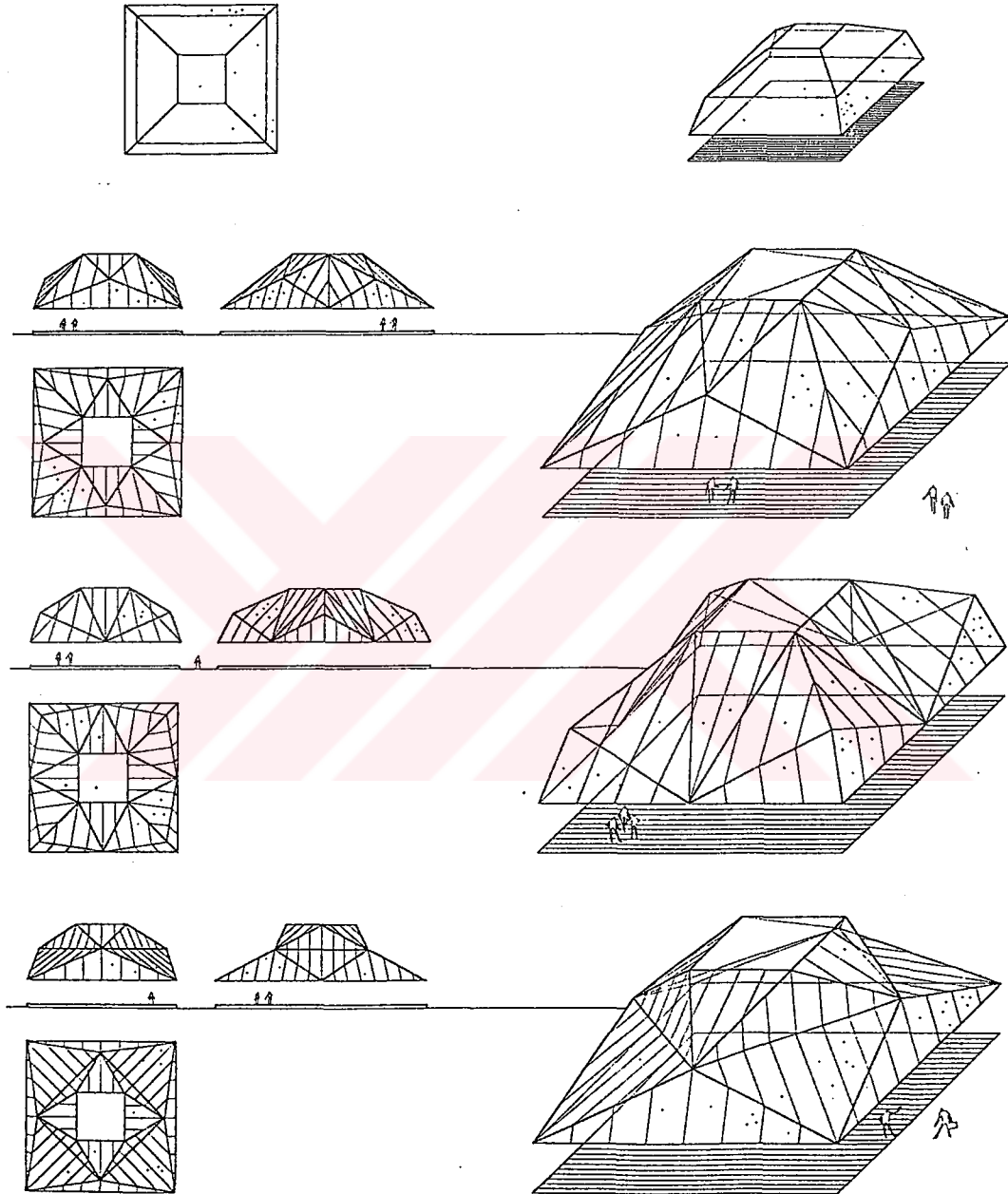
Üçgen, kare ve altıgen plan üzerinde uygulanan prizmatik katlanmış plak örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.1.10 Prizmatik Katlanmış Plak Örnekleri [27, s: 165]



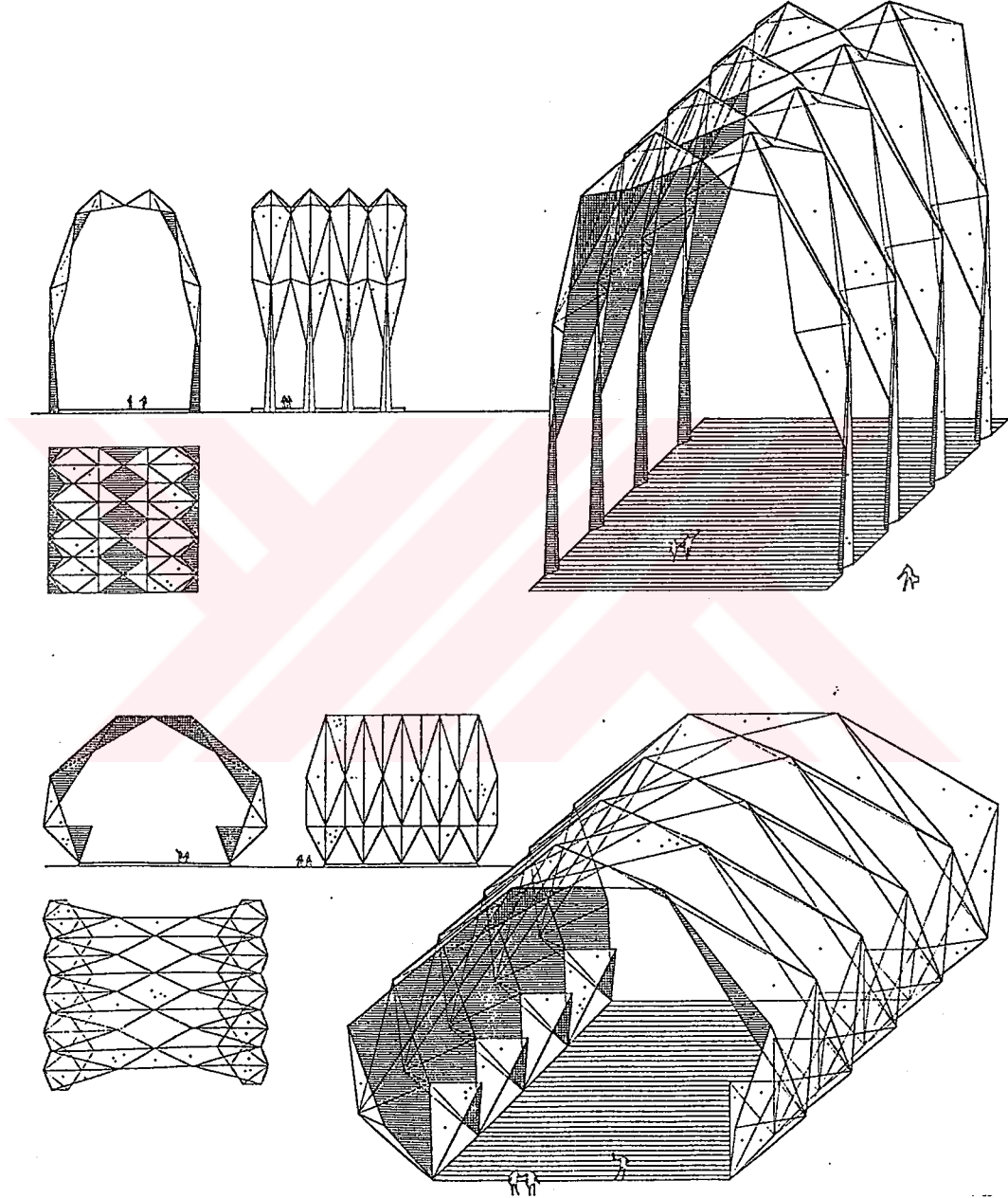
Kare plan üzerine uygulanan piramidal katlanmış plak örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.1.11 Piramidal Katlanmış Plak Örnekler. [27, s: 185]



Kare plan üzerine uygulanan çerçeve biçiminde katlanmış plak örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.1.12 Çerçeve Biçiminde Katlanmış Plak Örnekleri [27, s: 164]

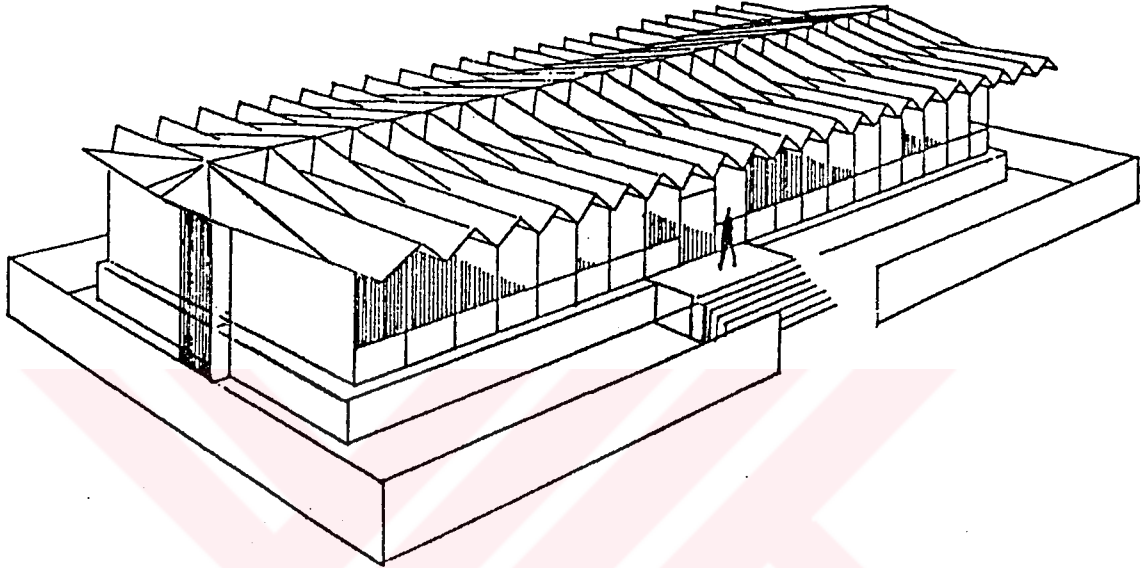




### 6.1.2.3. Katlanmış Plakların Uygulamaları

#### 6.1.2.3.1. Amerikan Beton Enstitüsü, Detroit, ABD, Yamasaki, 1958

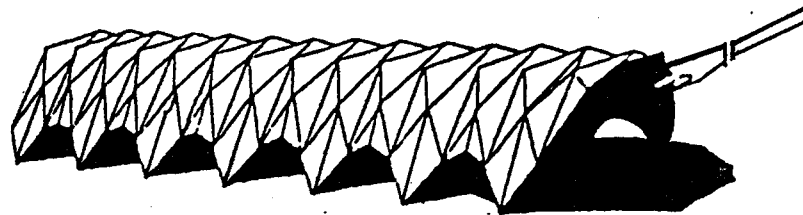
Amerikan Beton Enstitüsü için işlevine uygun bir yapı tipi seçilmiştir. Ortadaki koridorun iki yanında yer alan yük taşıyıcı duvardan iki tarafa 6 m. konsollanan katlanmış plakların stabilitesi mesnetlenme düzlemlerinde sağlanmıştır.



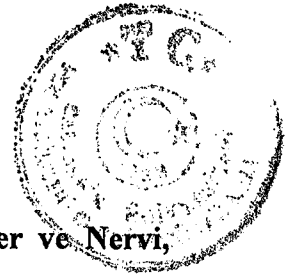
Şekil 6.1.13 Amerikan Beton Enstitüsü, ABD, 1958 [25, s: VI. 32]

#### 6.1.2.3.2. Teleferik Terminali, Karakas, Venezuela, Pierti, 1955

Baraka yapısını andıran bir katlanmış plak örneğidir. Plakların katlanmasıyla ve yapının genel görünümününün kemer şeklinde olmasıyla büyük rijitlik sağlanmıştır. Yapının üstündeki yükler her iki taraftaki yedi adet kolonla temele aktarılmakta ve temel katında oluşan yatay kuvvetler döşeme altında kalan gergi kablolarıyla karşılanmaktadır.



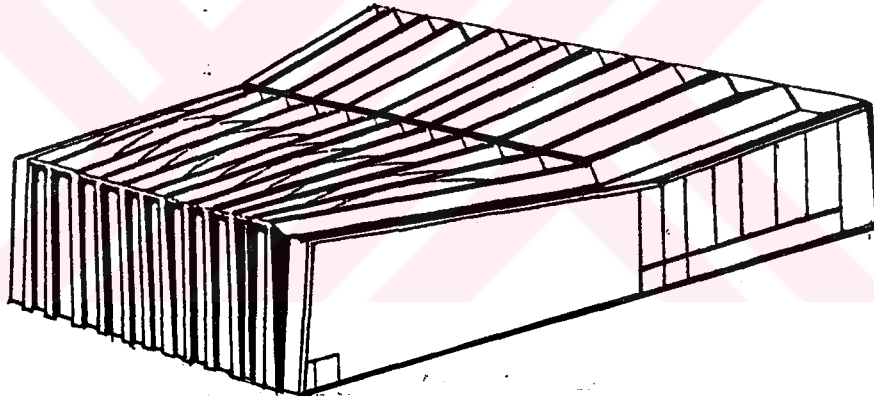
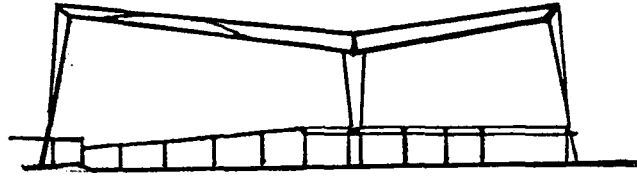
Şekil 6.1.14 Teleferik Terminali, Venezuela, 1955 [22, s: VI 33]



#### 6.1.2.3.3. Unesco Konferans Salonu, Paris, Fransa, Breuer ve Nervi,

1958

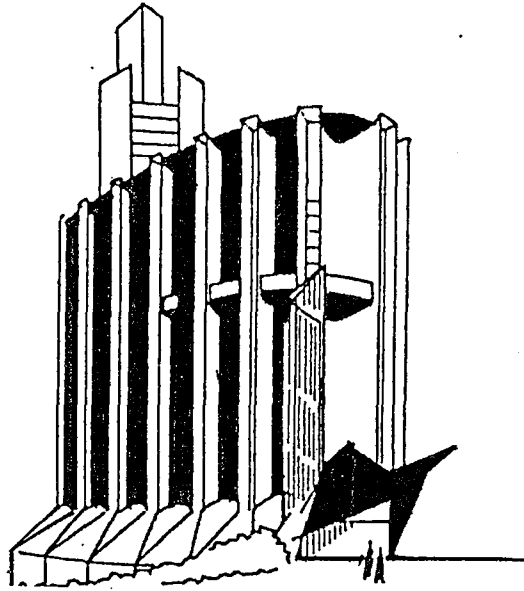
Unesco Konferans salonu rijit bir çerçeveden oluşmaktadır. Yapı çatısını oluşturan katlanmış plaklar yapı ortasındaki dolu gövdeli bir düşey döşeme ile kesişmektedir. Dış kolonlar arasındaki açıklık yaklaşık 40 m. dir [22].



Şekil 6.1.15 Unesco Konferans Salonu, Fransa, 1958 [22, s: VI 34]

#### 6.1.2.3.4. Notre - Dame, Fransa, Royan, Gillet

Katlanmış plaklar düşey doğrultuda da kullanılmaktadırlar. En yüksek olanı 61 m. olan plaklar yatay galerileri oluşturan döşeme plakları ile birbirlerine bağlanmışlardır. Balkonların oluşturulması ile yapının bütünlüğü temele yakın bir düzeyde kurulduğundan payandaların kullanılması gerekmiştir [22].

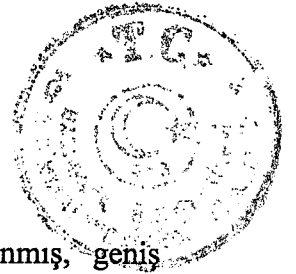


Şekil 6.1.16 Notre Dame, Fransa [22, s: VI. 35]

#### 6.1.2.4. Değerlendirme

Katlanmış plakların 20. yy.'da betonarmenin bilimsel esaslarının gelişip deneyiminin artmasıyla uygulamaya konulduğu bilinmektedir. Katlanmış plaklar; düzlem yüzeylerin bir açı altında monolitik birleşerek oluşturduğu yüzeysel taşıyıcı sistemlerdir.

- Bir katlanmış plak, yüksekliği ve en kesit alanı aynı olan ve kalınlığı ikiye katlanmış bir kiriş kadar yük taşımaktadır.
- Bir katlanmış plak kirişten farklı olarak hem taşıyıcı hem örtücü öge olmasına karşın kendi ağırlığı fazla değildir.
- Kalınlığı sabit olan bir plağın geçebileceği açıklık sınırlıdır. Katlanma sayısı ile katlanmış plakların kalınlığı ters orantılıdır.



- Katlanmış plaklarla yapılan çerçevelerle, rijitliği sağlanmış, geniş açıklıkları geçebilen sistemler kurulmuştur.

- Katlanmış plaklar düşey olarak da kullanılabilmekte, bu plaklar döşeme plakları ile birbirlerine bağlanmaktadır.

Katlanmış plaklarla 40 m.'yi bulan açıklıklar, 6 m.'yi bulan genişlikler geçilebilmektedir. Katlanma açısı  $20^{\circ}$  -  $45^{\circ}$  arasında kalmak şartıyla, beton dökümünde ve kalıpta herhangi bir zorlukla karşılaşılmamaktadır. Katlanmış plaklar hem örtücü, hem taşıyıcı hem de cephe elemanı olarak kullanılmakta ve cephelere hareketlilik kazandırılmaktadır.

Günümüzde özellikle strüktürün ağır bastığı geniş açıklıklı büyük boyutlar kapsayan yapıların çoğunda tümel form, strüktür formun devamı olarak ortaya çıkmaktadır. Freyssinet'in 1915'lerde dizaynladığı Orly Uçak Hangarı'nda parabolik kesitli dişli form "V" şeklinde katlanmış plak kesitli kemerlerden oluşmuştur.

Venezuela'da Pierti'nin Teleferik Terminalinin baraka yapısını andıran görünüşü çerçeve biçiminde katlanmış plaktan oluşmakta, yapının genel görünümünün tonoz şeklinde olmasıyla da büyük rijitlik sağlanmaktadır.

Katlanmış plaklar yüzey etken strüktürler oldukları için yüzeyler hem taşıma hem örtme görevini üstlenmişlerdir. Katlanmış plaklarla betonarmenin sağladığı bütün olanaklardan yararlanarak daha geniş açıklıklar kolaylıkla geçilmiş ve sistem, strüktürel özelliğinin yanında biçimin oluşmasında da etkili olmuştur.

### **6.1.3. Eğrilikli Yüzeysel Strüktürler (Kabuklar)**

#### **6.1.3.1. Tanımlama - Tarihçe**

Kalınlığı yüzeysel yayılımına oranla çok ince, tarafsız yüzeyi – yüklerin mekansal şekilde dağılımına olanak tanımak üzere-eğrilikli olarak dizaynlanmış



strüktürlerin tümü “eğrilikli yüzeysel strüktürler” veya kısaca “kabuklar” diye adlandırılmaktadır [ 1 ]. Kabuklar, kalınlıkları diğer iki boyutları yanında çok küçük olan ve iç kuvvetleri, orta yüzeylerine paralel olarak etkiyen gerilmelerden oluşan sürekli veya süreksiz üç boyutlu taşıyıcı sistemlerdir [ 24 ].

Kabuk sözcüğü doğadan bazı deniz ve kara hayvanlarının, kabuklu meyveleri yumurta kabuğunu insanın kafatasını vb. gibi biyolojik oluşumları hatırlatmaktadır [22]. Ancak örtünün kabuk olabilmesi için bazı koşullar gereklidir, bunlar ;

- Tek veya çift eğrilikli olması
- Kalınlığının açıklıklara göre son derece az olması
- Kabuğun hem basınca hem de çekmeye karşı koyacak elemanlardan oluşmasıdır[ 5 ].

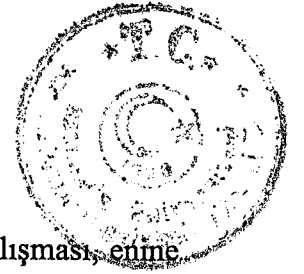
Aslında mimarlık tarihine bakıldığında anıtsal değerdeki pek çok yapının kabuk biçiminde olduğu, en azından bir kabuk elemanından yararlandığı görülmektedir. O zamanki mevcut yapı malzemesi olan taş ve tuğlayla, kubbe ve tonoz yapıda anıtsal bir ifadeye ulaşılmış, daha sonraları 20. yy.’da betonarmenin bulunmasıyla günümüzün ince kabuk yapıları gelişmiştir [28].Yüzeylerin eğrilik biçimine göre kabuklar;

- Tek eğrilikli
- Çift eğrilikli

olarak iki ana başlık altında sınıflandırılmaktadır.

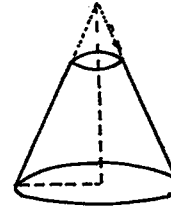
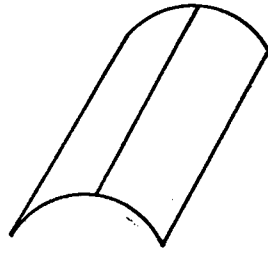
### 6.1.3.2. Tek Eğrilikli Kabuklar

Yapılarda en çok kullanılan şekillerden biri dairesel veya eliptik doğuraylı tonozlardır. Tek eğrilikli kabuklar silindir, koni, kesik koni ve tonozdur [29]. Silindir uç noktaları sonsuza uzanan konik bir yüzey olarak tanımlanmaktadır. Koni ise bir ucu daima sabit bir noktadan geçen doğrunun hareket ettirilerek belli bir eğriyi tanımlamasından meydana gelmektedir.



### 6.1.3.2.1 Silindirik Kabuklar

Silindirik kabukların çalışması, boyuna doğrultuda bir kiriş çalışması, enine doğrultuda ise özel bir kemer çalışması olarak gözönüne alınmaktadır. Uzun silindirik kabukların endüstriyel binalarda 91 m.'den 395 m.'ye kadar uzunlukta, 75-120m.genişlikte uygulandığı örnekler bulunmaktadır. Kenar elemanlarıyla birlikte toplam yükseklik 9 ile 39 m. arasındadır [ 29 ].



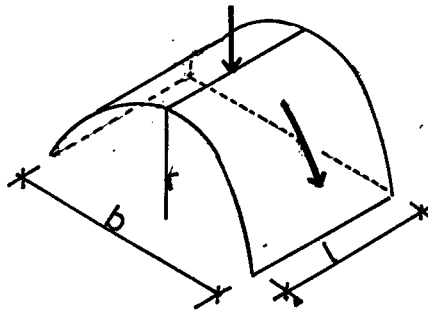
Şekil: 6.1.17. Silindirik Yüzey [22, s: 63]

Şekil 6.1.18 Konik Yüzey [22, s:63]

### 6.1.3.2.2. Kısa Silindirik Kabuklar

Kısa silindirik kabuklar büyük açıklıklar için büyük yükseklik gerektirmektedir. Kuvvetlerin aktarılması için iki değişik yol izlenmektedir ;

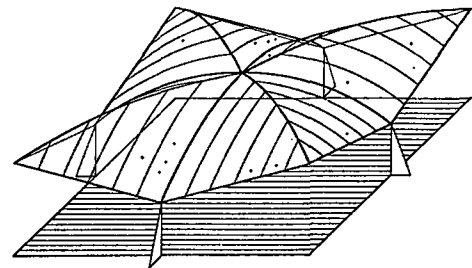
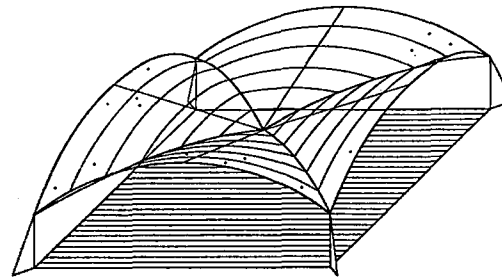
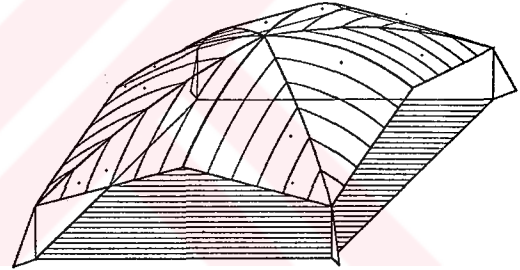
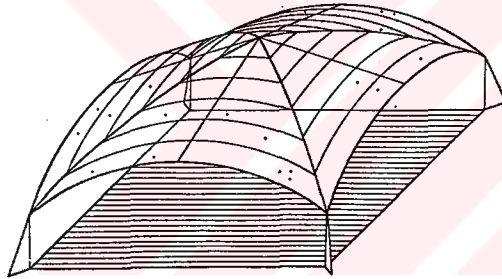
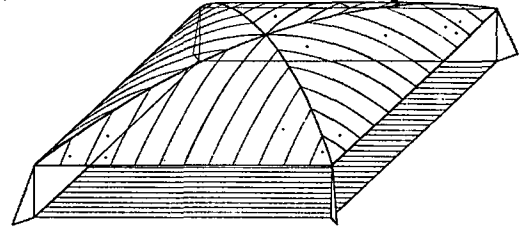
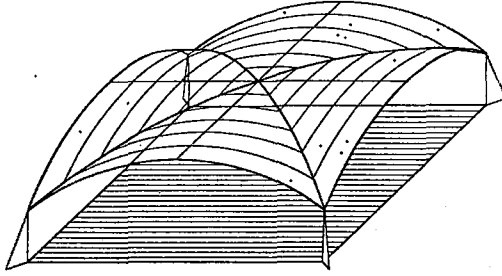
- Kuvvetler doğrudan doğruya temele aktarılır. Kabuğun ince olabilmesi için sabit yüklere ait basınç çizgisi kabuk formu ile çakışmalıdır.
- Kenar kirişler kuvvetleri almakta ve bunları ana kirişlere aktarmaktadır.



Şekil : 6.1.19 Kısa Silindirik Kabuğun Kuvvetlerinin Dağılımı



Kare plan üzerinde uygulanmış tek eğrilikli kabuk sistemlerin örnekleri görülmektedir.



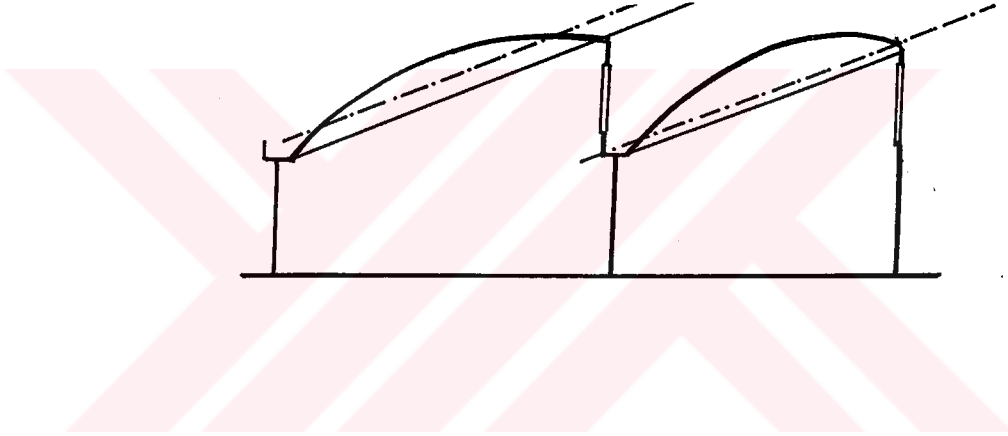
Şekil 6.1.20 Tek Eğrilikli Kabuk Sistemler [27 s:192]



### 6.1.3.2.3 Şed Kabuklar

Uzun silindirik kabukların geliştirilmiş bir şekli olup endüstriyel yapılarda sıklıkla kullanılmaktadır. Özel bir konstrüksiyon tekniği ile taşıyıcı kolonlar arasındaki aralık üç veya dört katına çıkarılmaktadır.

Bunun için özel bir kafes kiriş kullanılmakta ve bu teknikle 40m.'lik kolonsuz açıklık geçilmektedir [ 29 ].



Şekil 6.1.21 Şed Kabuklar

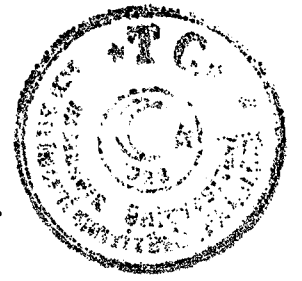
### 6.1.3.3 Çift Eğrilikli Kabuklar

Silindir ve koni dışındaki tüm yüzeyler çift eğriliklidir. Çift eğrilikli kabuklar;

- Asal Eğrilikleri Aynı Olan Çift Eğrilikli Kabuklar
- Asal Eğrilikleri Zıt İşaretli Olan Çift Eğrilikli Kabuklar

• Asal Eğrilikleri Zıt ve Aynı Yönde Olan Çift Eğrilikli Kabuklar olarak çeşitlilik göstermektedir.

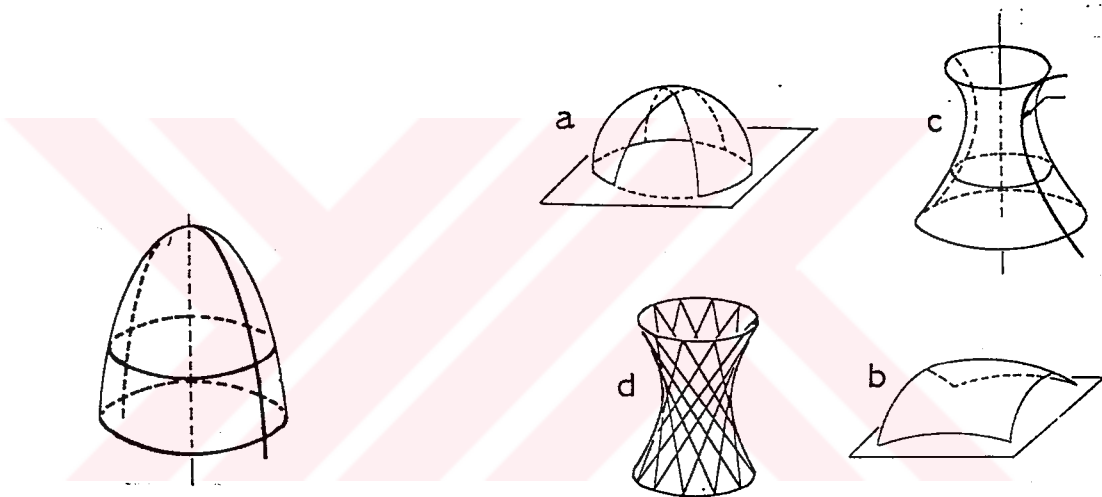




### 6.1.3.3.1. Asal Eğrilikleri Aynı Olan Çift Eğrilikli Kabuklar

Eğrisel bir doğurayın (meridyen) eğrisinin aynı yönde bir doğrultmanın eğrisi üzerinde kayması veya tepe noktasından geçen bir eksen etrafında dönmesinden elde edilen öteleme veya dönel yüzeyli tüm kabuklar bu sınıfa girmektedirler. Dönel yüzeylerde, meridyenlerin daire, parabol veya elips olması halinde formlar küre, dönel paraboloid ve dönel elipsoid olmaktadır.

Döndürülecek eğri hiperbol ise (x) ekseni etrafında döndürüldüğünde meydana gelen örtü "iki örtülü dönel hiperboloid"tir [ 1 ].



Şekil: 6.1.22 Dönel Yüzey

[1, s: 37]

Şekil: 6.1.23 Dönel Yüzey Örnekleri

[1, s: 37]

- a) Küre (meridyen daire)
- b) Elipsoid (meridyen elips)
- c) Dönel Paraboloid (meridyen parabol)
- d) İkiz Hiperboloid (meridyen hiperbol)

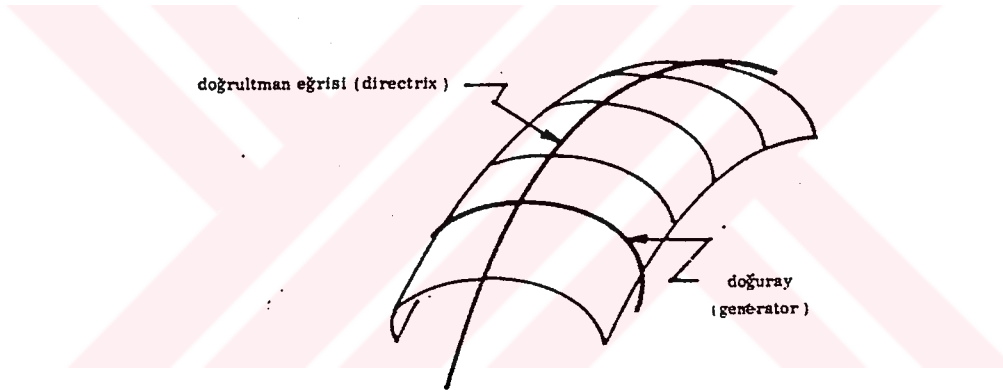
Dönel yüzeyli kabuklara yük uygulandığı zaman membran teorisine göre kabuk bünyesinde meridyen yönünde meridyen kuvvetleri ve paralel yönünde kasnak kuvvetleri olmak üzere iki yönde kuvvetler meydana gelmektedir. Meridyen kuvvetler daima basınç kuvvetlerinden oluşurken, kasnak kuvvetlerinden tarafsız



eksenin üzerindeki basınç, altındaki çekme kuvvetlerdir. Bu nedenle kabuk strüktürler denge halindedir [29].

Dönel yüzeylerle birlikte öteleme yüzeyleri de binalar için önemlidir. Öteleme yüzeyleri bir doğurayın bir ana eğri doğrultman üzerinde yer değiştirmesi ile oluşmaktadır. Doğuraya eğrinin düzlemleri, pozisyonu ne olursa olsun bir diğerine paralel olarak düzenlenmelidir.

Dönel ve öteleme yüzeylerin yanında x.y.z koordinatlarının fonksiyonlarına göre başka formlarda geliştirilmiştir. Binlerce yıl mimaride kullanıldığı için kabuk yapılarının ilgisi ilk olarak silindirik ve kubbesel kabuklar üzerinde yoğunlaşmıştır [30].

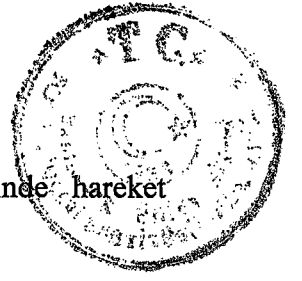


Şekil6.1.24 Öteleme Yüzeyleri [1,s:37]

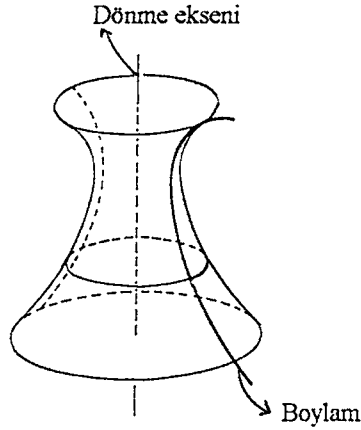
#### 6.1.3.3.2 Asal Eğrilikleri Zıt İşaretli Olan Çift Eğrilikli Kabuklar

Eğrisel bir doğurayın, aksi yönden eğrilikli bir doğrultman üzerinde kaydırılması veya doğuray (meridyen) eğrisini kesmeyen “zahiri” bir eksen etrafında döndürülmesinden meydana gelen öteleme ve dönel yüzeyli asal eğrilikleri zıt yönde çift eğrilikli kabuklar, membran teorisine göre çalışan gerçek kabuklardır [1].

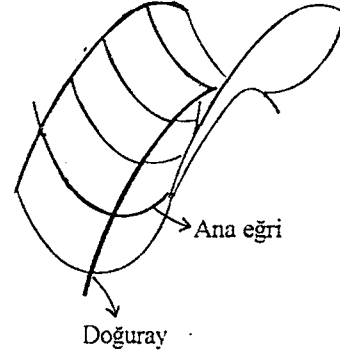
Bu grupta dönel yüzey düzlem bir eğrinin düşey bir eksen etrafında dönerek zıt yönlü eğriliklerden oluşan bir eğri yüzeyi oluşturulmasıyla elde edilmektedir.



Öteleme yüzeyleri ise doğuray eğrisinin ortagonal bir eğri üzerinde hareket ettirilmesiyle oluşmaktadır.

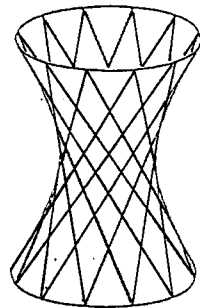


Şekil 6.1.25 Dönel Yüzeyler [1,s:39]

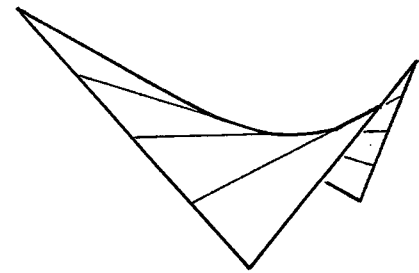


Şekil 6.1.26 Öteleme Yüzeyi [1,s:38]

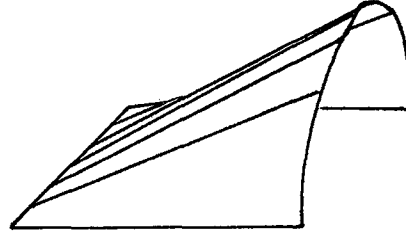
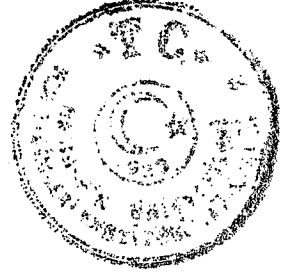
Bir doğru parçasının iki ucunu iki ayrı eğri üzerinde (doğru veya eğri) kaydırarak elde edilen yüzeye regle yüzey adı verilir. Silindir yatay bir doğru parçasının birbirinin aynı olan iki düşey dairesel üzerinde kaydırılmasıyla elde edilen bir regle yüzeydir. İki yatay çember üzerinde kayan bir eğik doğru parçasının oluşturduğu yüzeye hiperboloid adı verilir. İki eğri yerine uzayda aykırı iki doğru alınırsa regle yüzey bir hiperbolik paraboloid oluşturur. Bunun dışında bir doğru parçasının bir ucunun eğri, diğer ucunu bir doğru üzerine kaydırılmasıyla konoid yüzeyler elde edilmektedir.



Şekil 6.1.27 Hiperboloid  
[1,s:39]



Şekil 6.1.28 Hiperbolik  
Paraboloid [1,s:39]



Şekil 6.1.29 Konoid [ 1, s: 39 ]

Betonarme yapım söz konusu olduğunda regle yüzeylerin önemi ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber çift eğrilikli formlar çok komplike ve pahalı bir kalıplama gerekmektedir. Düzgün doğuraylı regle yüzeylerde ise kalıp örtüsü dar, doğrusal uzun tahtalarla yapılmaktadır. Bu regle yüzeyler için strüktürel bir avantaj sağlamaktadır. Kolay kavranabilir ve çizilebilir olması az karmaşık hesaplama gerektirmesi diğer olumlu taraflarıdır.

Tepesi yukarıda olan paraboller doğrultusunda basınç, tepesi aşağıda olan paraboller doğrultusunda ise çekme kuvvetleri oluşur. Bunun sonucu olarak büyük bir rijitlik sağlanmakta, bir ekseninde kabuk basınç kuvvetleri altında şekil değiştirirse, diğer eksenindeki çekme kuvvetleri bu değişmeyi önlemektedir.

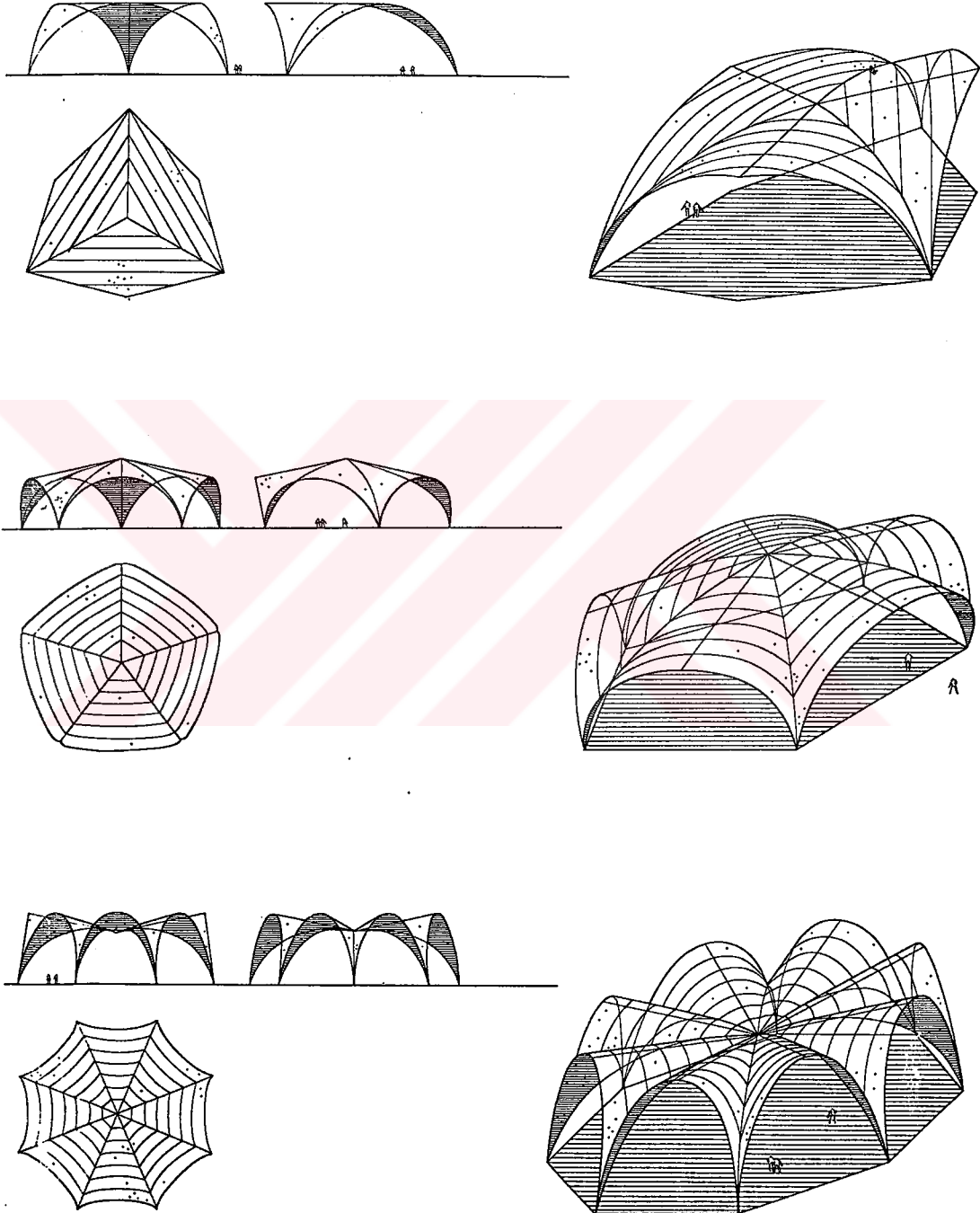
Kabukların yük taşıma kapasiteleri biçimleriyle de doğru orantılıdır. Çift eğrilikli kabuk tek eğrilikli kabuktan daha dirençlidir.

Kabukların yükseklikleri azaldıkça aksenal membran kuvvetleri büyümekte başka bir deyişle, membran gerilmeler, kabuk yüksekliği ile ters orantılı olarak değişmektedir.

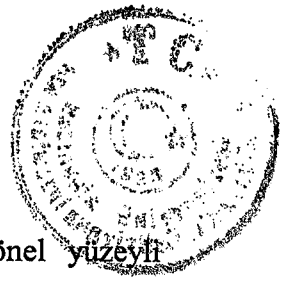
Ters eğrilikli kabuklarla regle yüzeylerin kalıp giderleri diğer yüzeylere oranla daha azdır. Bu nedenle çift eğrilikli regle yüzeylerin hem dirençli olmaları hem de kalıp giderlerinin azlığı bir tercih nedeni olmaktadır.



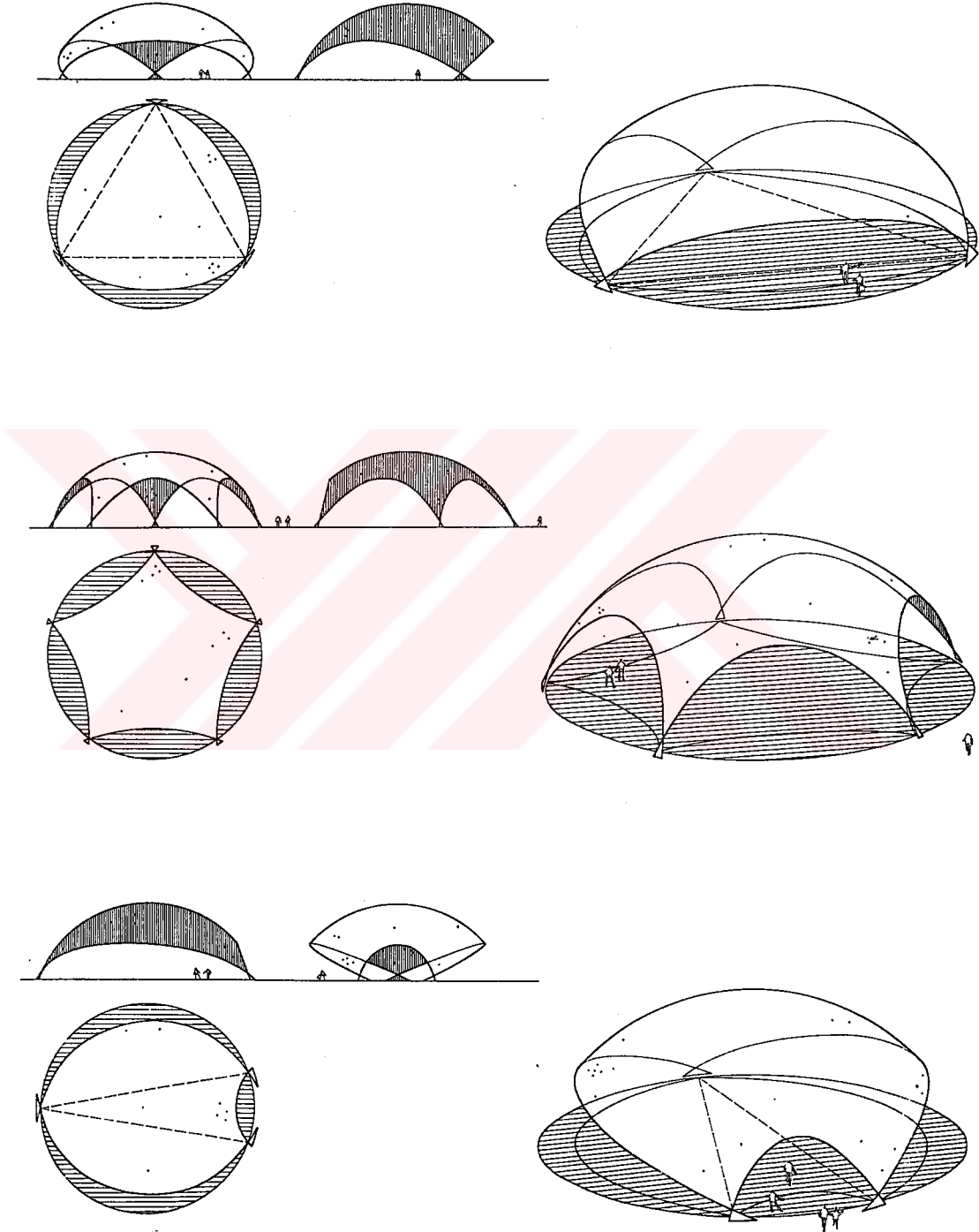
Beşgen, altıgen ve sekizgen planlar üzerinde uygulanan çift eğrilikli kabuk sistemler görülmektedir.



Şekil : 6.1.30 Çift Eğrilikli Kabuk Sistemler [27, s:193]



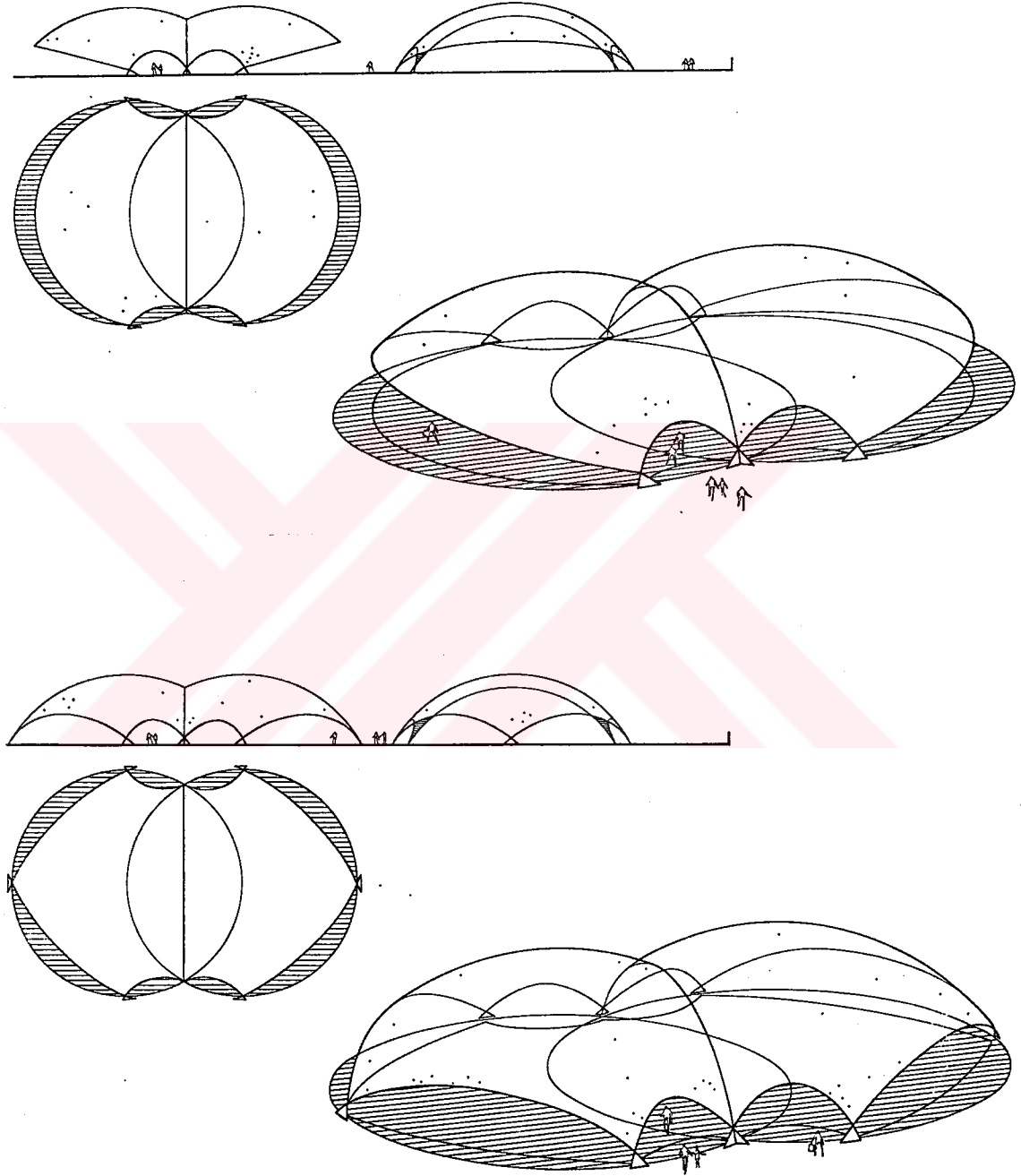
Daire plan üzerinin üçgen, beşgen ve daire şeklindeki dönel yüzeyli kabuklarla örtüldüğü uygulamalar görülmektedir.



Şekil 6.1. 31 Dönel Yüzeyli Kabuk Sistemler [27, s:208]



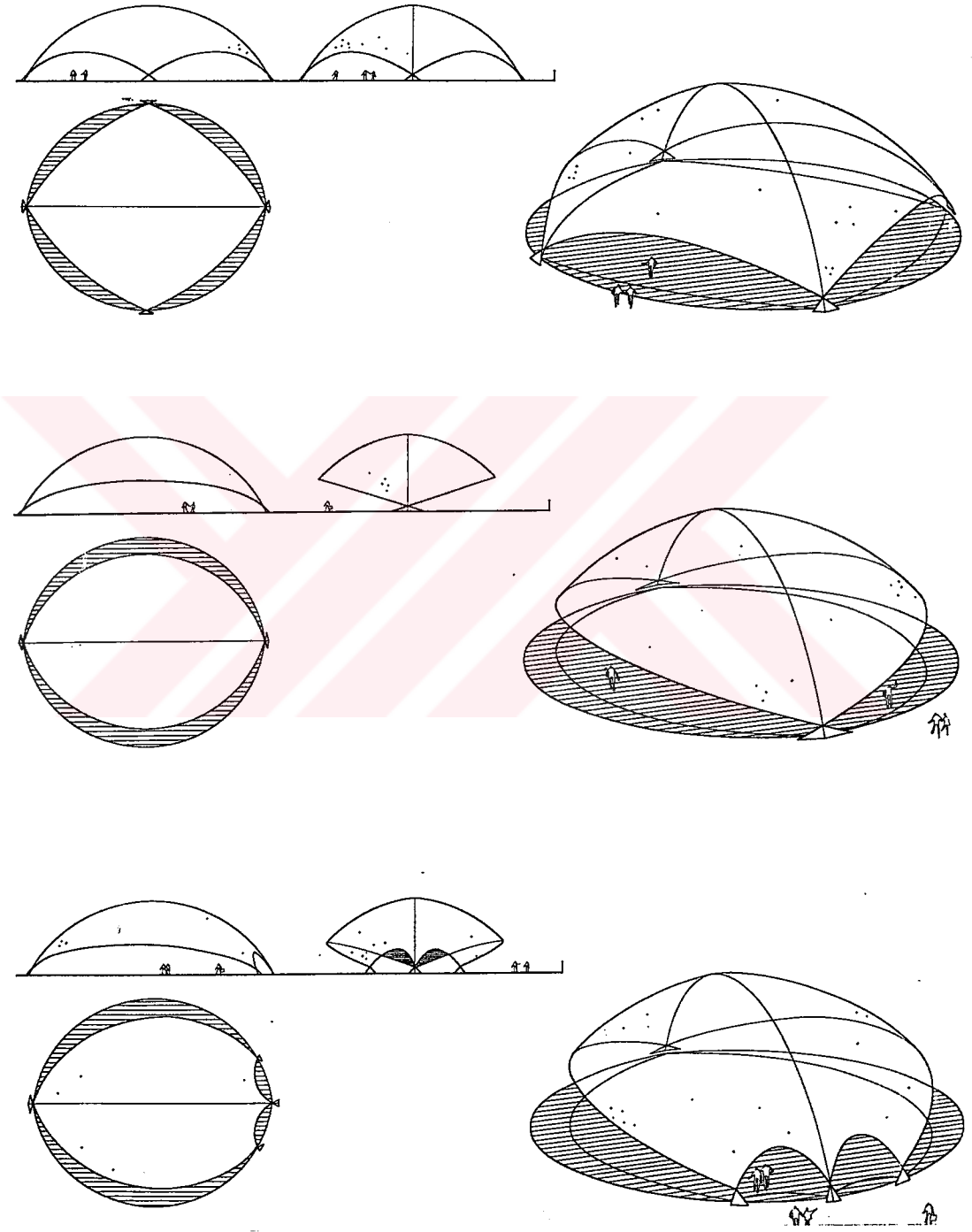
Daire plan üzerinde uygulanan dönel yüzeyle kabuk sistemlerin örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.1.32 Dönel Yüzeyle Kabuk Sistemler [27,s:209]



İki dairenin kesiştirilmesiyle meydana getirilen plan üzerine uygulanan dönel kabuk sistem örnekleri görülmektedir.

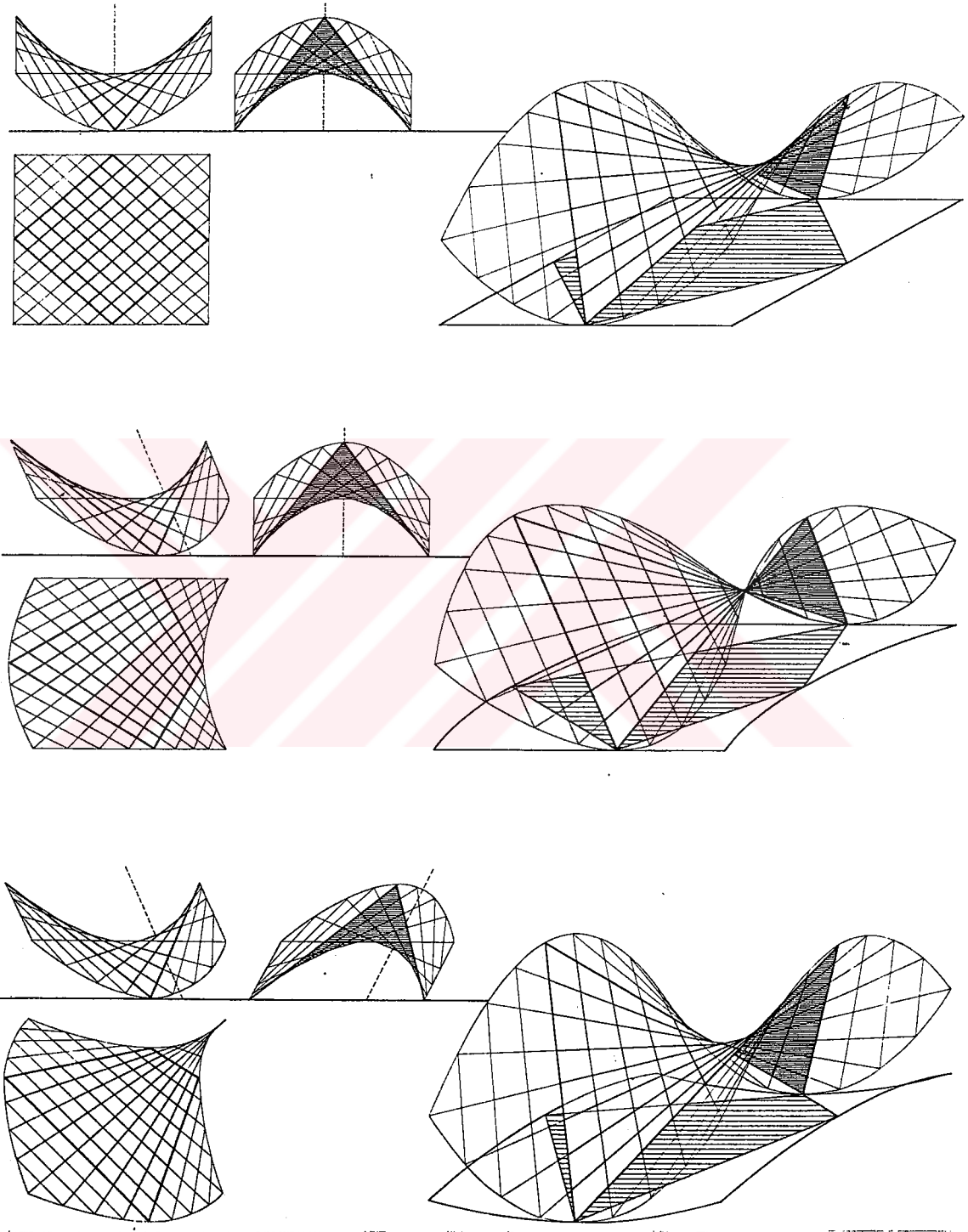


Şekil 6.1.33 Dönel Yüzeyle Kabuk Sistemler [27, s:210]

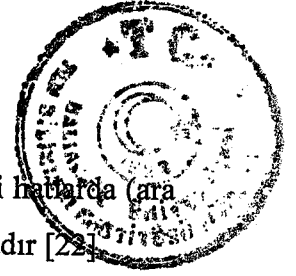




Dörtgen planlar üzerine dönme ekseninin dikey ve eğri olarak uygulandığı örnekler görülmektedir.



Şekil 6.1.34 Asal Eğrilikleri Zıt İşaretli Olan Çift Eğrilikli Kabuklar [27, s:211]



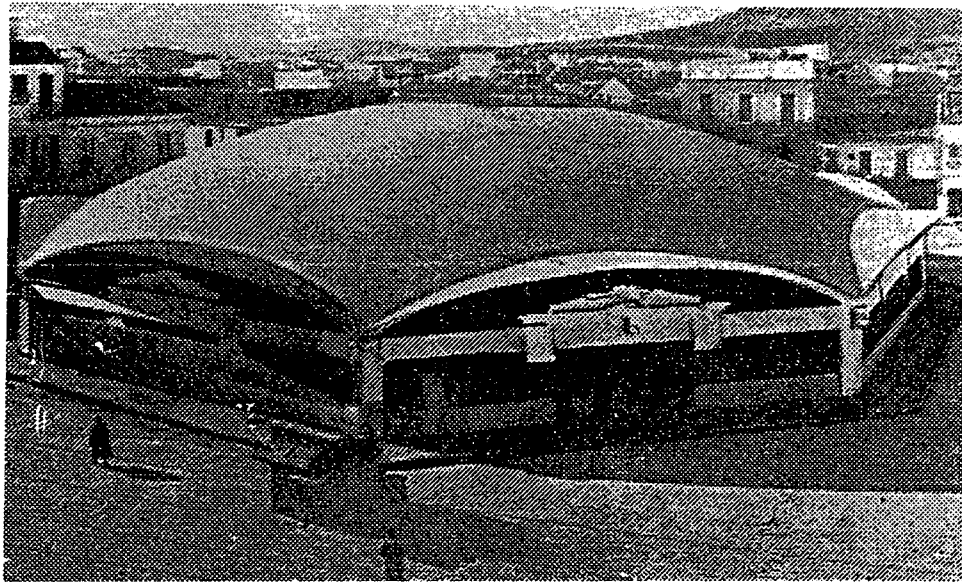
Kenar çemberi ve kenar kirişleri ile kabuk yüzeylerin birleştiği hatlarda (ara kesitlerde) düşey kuvvetler eğilme veya burulma momenti oluşturmaktadır [22].

Eğilme etkisi membran kabuklarda her ne kadar istenmese de mesnet bölgesinde, kenar kirişlerde, kaburgalarda vb. kaçınılmazdır. Betonarme kabuklarda minimum kalınlık; Avrupa standartlarına göre tek eğrilikli kabuklarda 5 cm çift eğrilikli kabuklarda 4 cm. den az olmamaktadır.

### 6.1.3.4 Modern Kabuk Uygulamaları

#### 6.1.3.4.1 Çarşı Hall ( Market Hal ) Algericas-İspanya; Eduardo Torroja, 1934

Üretken yılları 1920'lerden 1950'li yıllara uzanan Eduardo Torroja ve Pier Luigi Nervi kabuk formunun gelişmesinde önemli rol oynamışlardır. Bu yapı ilk poligonol kenarlı kabuk kubbe olup, sekiz kemer üzerine oturmaktadır. Çapı 47,5 m'yi bulan kubbenin kalınlığı ortada 8,4 cm. olup kolon başlangıçlarında 43,1 cm'ye çıkmaktadır [29]. Kenardaki toplam basınç kuvvetleri sekiz kolon tarafından alınırken çekme kuvvetleri için kolonların tepelerini birleştiren bir çekme çemberi kullanılmaktadır [22].

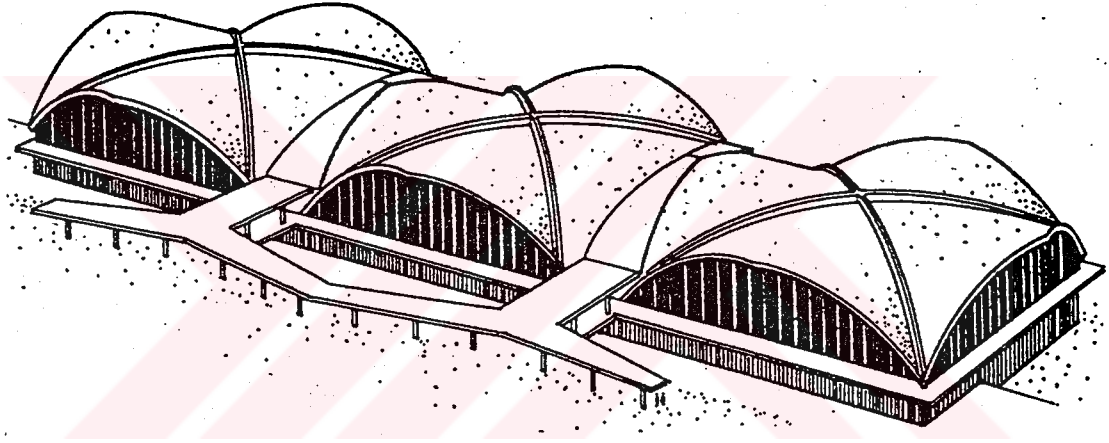


Resim 6.1.1 Algericas Pazar Holü, İspanya [31].



**6.1.3.4.2. Hava Terminali Binası, St. Louis, ABD, Mimoru Yamaşaki  
1954**

St. Lois Hava Binası yanyana üç eşit üniteden oluşmaktadır. Her ünite haçvari planda birbirini dik açıyla kesen iki silindirik kabuktan oluşmaktadır. Her kare ünitenin kenarı 36.6m. uzunluğunda, kabuk kalınlığı ise 115 mm.'den 200 mm.'ye kadar değişmektedir. Kabukların kesim yerlerindeki ve serbest kenarlarındaki kenar elemanları rijitleştirici kemer gibi çalışarak yükleri köşelerdeki temellere taşımaktadırlar. Binanın çeperindeki kemerlerin tepe noktası yerden 9.75 m. yükseklikte olup kabuk mafsallı mesnetler üzerine oturmaktadır.



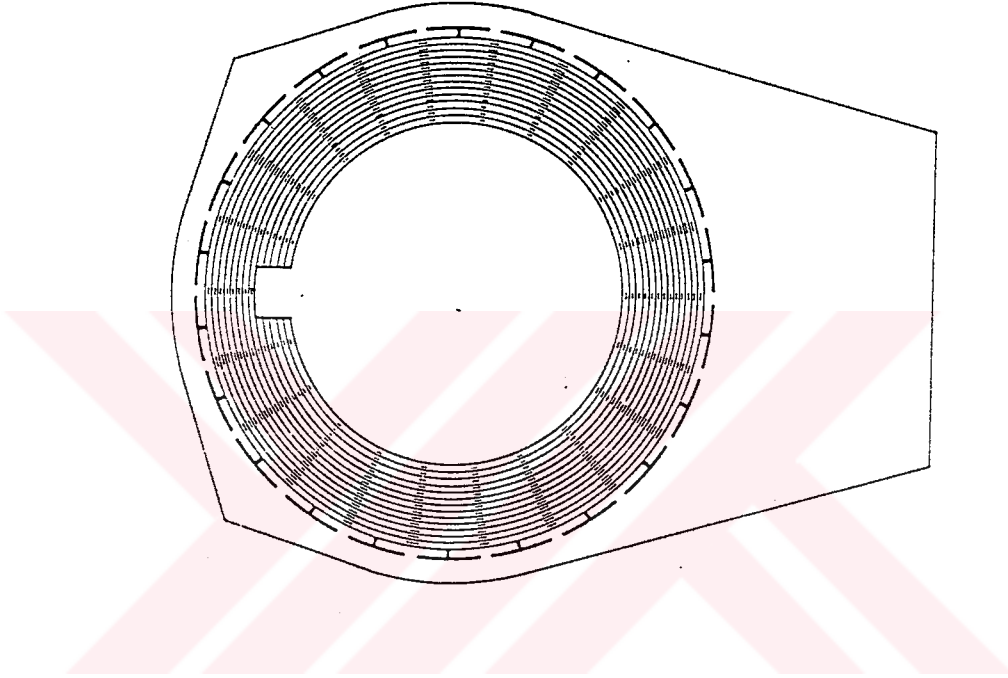
Şekil 6.1.35 St. Louis Hava Terminali Binası [ 29 ]

**6.1.3.4.3. Albuquerque Belediye Salonu, N. Mex, ABD, Ferguson,  
Stevens, Ass., Fred J. Fricke, 1955**

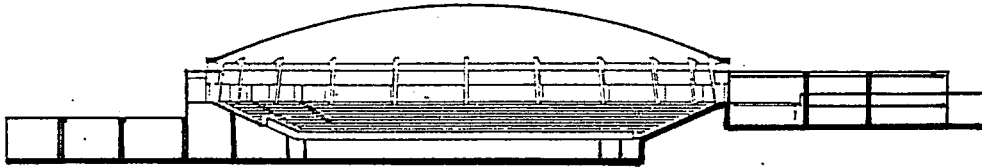
Spor faaliyetleri, buz gösterileri, sirk şovları, sosyal toplantılar ve konserlerin yapıldığı salon 6000 dinleyici kapasitelidir. Strüktür, kenarları boyunca desteklenen bir kepi andırmaktadır. Kabuğun kalınlığı 12.7 cm. olup kenarda 22.8 cm.' ye ulaşmaktadır. Kenar kirişi 91 cm. genişlikte 61 cm. derinliktedir. Kenar aynı zamanda yatay basınca karşı koyması için çekme elemanı ile çemberlenmiştir. Bu çember 655 adet öngerilmiş yüksek mukavemetli çelik kablodan oluşmaktadır.



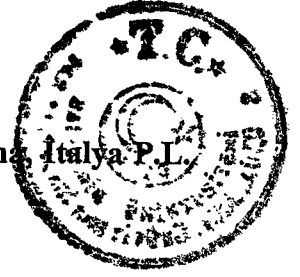
Ahşap kalıplama yerine hazır yüksek mukavemetli çelik kablolar kullanılmıştır. İlk olarak mesnetler inşa edilmiştir. Mesnetler katılaştıktan sonra çukur doldurulmuş ve kalıplama örtüsü olarak toprak yığını hazırlanmış, ahşap kalıp sadece kenar kısmında kullanılmıştır [29].



Şekil 6.1.36 Albuquerque Belediye Salonu Planı [29]



Şekil 6.1.37 Albuquerque Belediye Salonu Kesiti [29]

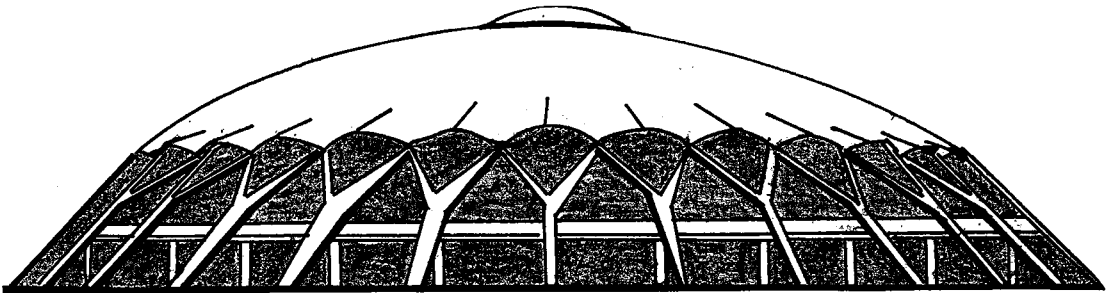


**6.1.3.4.4. Küçük Spor Sarayı (Palazetto Dello Sport), Roma, İtalya P.L. Nervi, 1957**

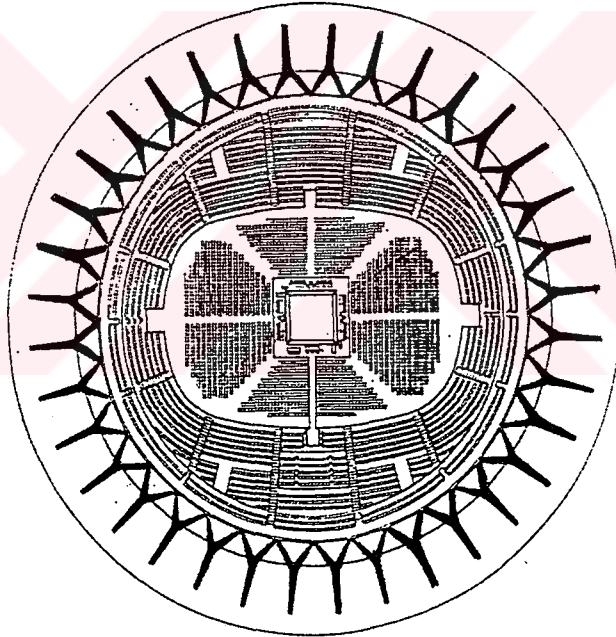
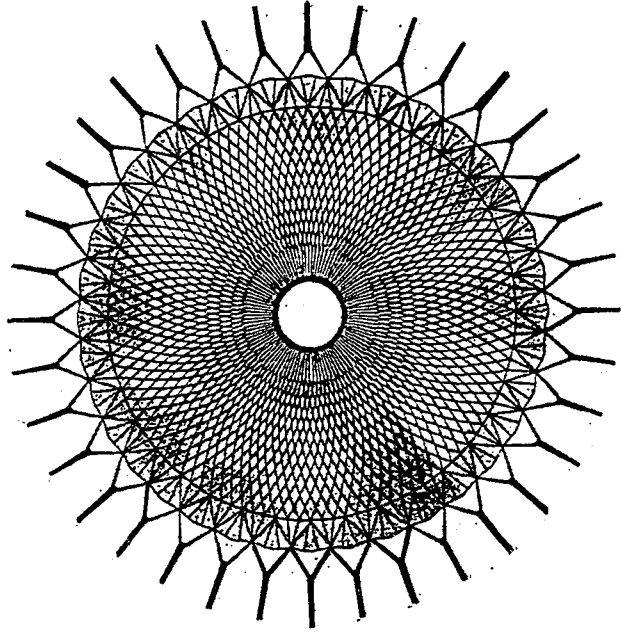
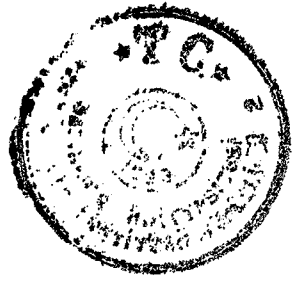
Altı mesnet üzerine oturan lamella çatılı prefabrikasyon sistemi Nervi tarafından birçok projede kullanılmış ve onun markası haline gelmiştir [ 28 ].

Basık ince kubbesi 2,5 cm. kalınlıkta, eğimli 1620 prefabrike elemandan oluşmaktadır. Demirli çimento ile inşa edilen elemanlar çanak şeklinde biçimlendirilmiştir. Çanaklar arasındaki boşluk inşaat sırasında dökülen nervürlerle doldurularak tek ve bütün bir strüktür olan kubbe meydana getirilmiştir.

Alttaki çekme çemberi boyunca uzanan kenar üçgensel prefabrike elemanlardan oluşmakta, çembere bir bütünlük veren bu elemanlar yani bütün kabuk kenarda kabuğa teğet olan 36 adet “Y” şeklinde payanda tarafından taşınmaktadır. Konik “Y” şeklindeki payandalar 78.5 m. çapındaki çember etrafında sıralanmış, 2,5 m. kalınlığındaki 81.5 m. çapındaki temel çemberine bağlanmışlardır. Payandaların sadece mimari görsel bir amacı vardır. Bu basık kubbe 5000 koltuk kapasiteli bir alanı kaplamaktadır. Kabuğun kenardan çapı 58,5 m. ve yerden tepesine olan yüksekliği 21 m. dir [ 32 ].



Şekil 6.1.38 Küçük Spor Salonu, Roma, İtalya (31)



Şekil: 6.1.39 Küçük Spor Sarayı [22, s: 92]

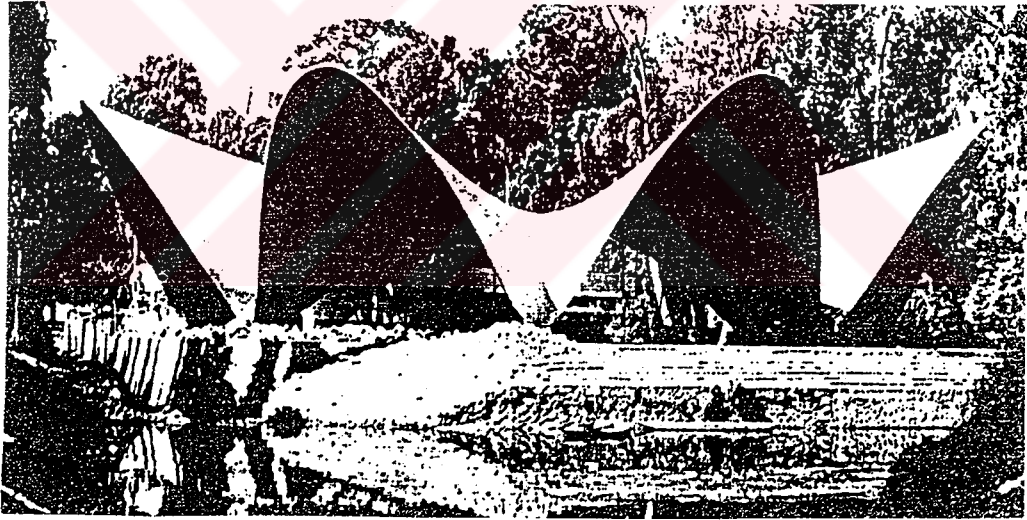
**6.1.3.4.5. Los Martinez Lokantası, Xochimilco, D.F. – Meksika, Felix Candela, Joaquin Alvarez Ordenez, 1958**

Hiperbolik paraboloid formunun gerçek potansiyeli Felix Candela'nın bir seri projesinde ortaya çıkmıştır: Torroja, Nervi gibi ustaların geleneğiyle çalışan

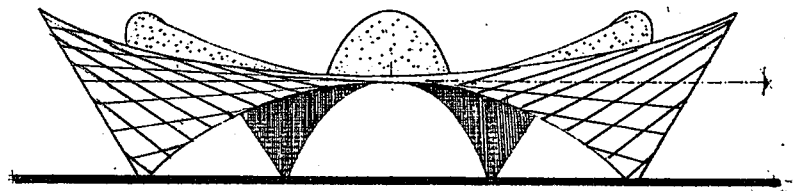


aynı zamanda hem tasarımcı, hem de bina yapım ustası olan Candela hiperbolik paraboloidin sadece ekonomik yanını göstermekle kalmamış, heyecan verici, dinamik mimari olanaklarını da ortaya çıkarmıştır [28].

Bu yapının beton çatı kabuğu sekizgen, kavisli bir tonozu içermektedir. Geometrik biçimi, kesişen dört hiperbolik paraboloidden oluşmaktadır. Kasnaklar kemer gibi çalışarak yükü zemindeki sekiz mesnet noktasına aktarmaktadır. Bunların strüktürel davranışı üç mafsallı kemer gibidir. Tonozlardan gelen yanal itkiyi karşılamak için temel, çeper kısmında birbirine bağlı ters çevrilmiş şemsiye biçimlerinden oluşmaktadır. Hiperbol kenarların tepe yüksekliği 10,25 m. strüktürün merkezi (tonozların tepesi) yüksekliği ise 6m. dir. Kabuğun kalınlığı sadece 4cm.'dir. sudan korumak için siyah katranla kaplanan çatının üstüne beyaz çakıl taneleri serpilmiştir [32].



Resim 6.1.2 Meksika Xochimilco Lokantası, [22,s:102]

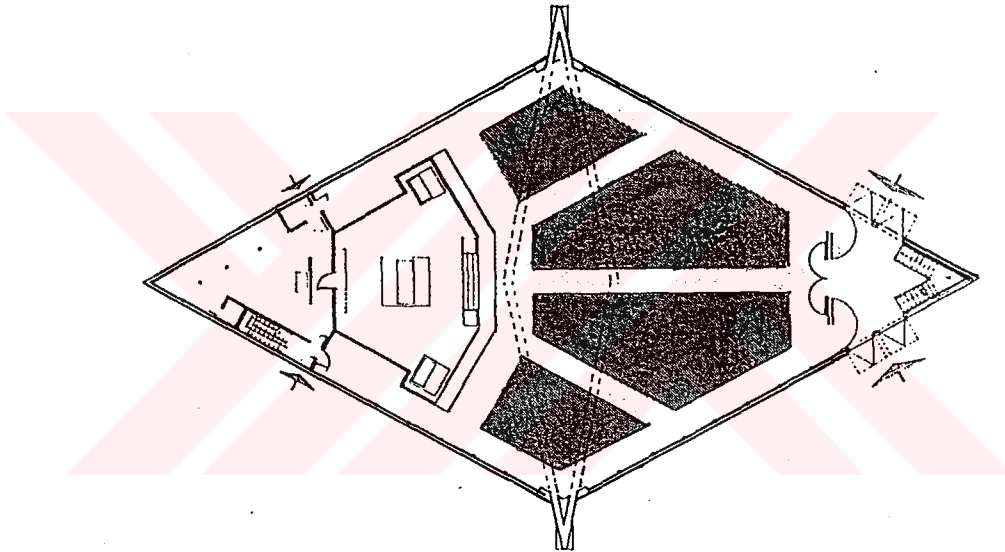


Şekil 6.1.40 Meksika Xochimilco Lokantası Kesiti [22, s:101]

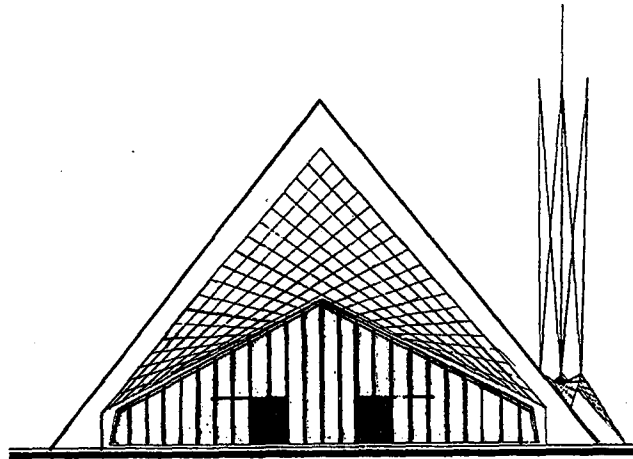


**6.1.3.4.6. San Jose Obrero Kilisesi, Monterey - Meksika Felix Candela,  
1960**

İki mesnet üzerine oturmuş iki adet eğri biçimli hiperbolik paraboloidin her biri bir yana doğru uzanmış, dengelenmesi için birbirine bağlanmıştır. Toplam açıklık yaklaşık 55.2 m. dir. Konsol olan kısımlar iki mesnetin iki tarafında yaklaşık 27,6 m. uzunlukta. Kenar elemanları iki kabuğu birbirinden ayıracak ve içeriye gün ışığının girmesine izin verecek şekilde planlanmıştır. Kabuğun asimetrik yüklere karşı dengesini cephede yer alan ince çelik kolonlar sağlamaktadır. Kabuğun iki kenarını birbirine bağlayan metal birleştiriciler oldukça zariftir. Binanın genel konfigürasyonu rahibe hemşirelerinin başlıklarını andırmaktadır [ 31 ].

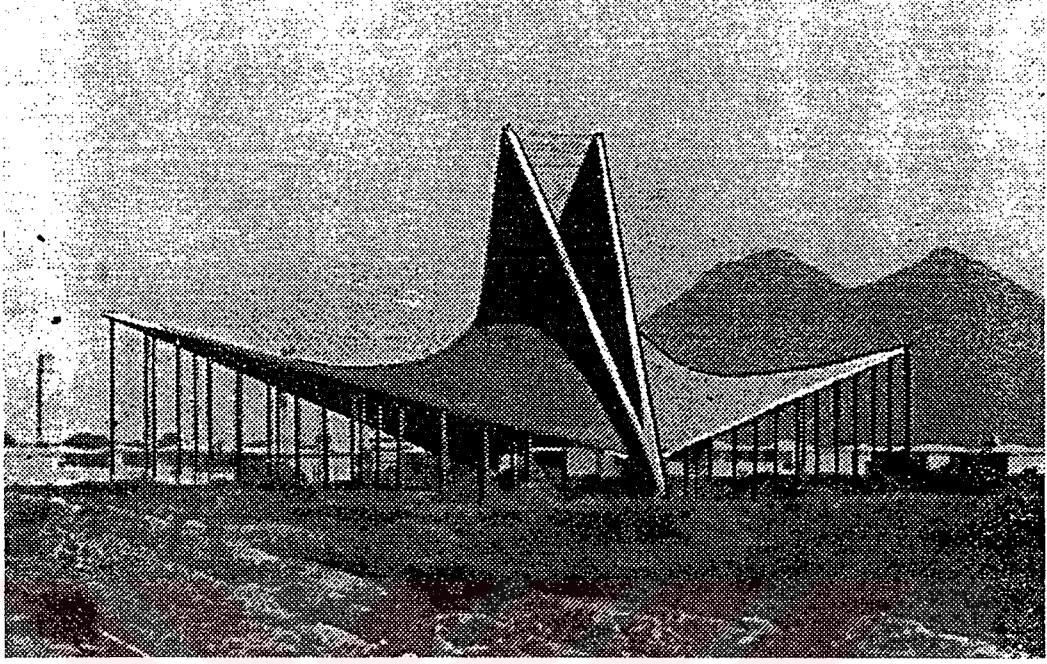


Şekil: 6.1.41: San Jose Obrero Kilisesi Planı (1/500) [22, s: 95]



Şekil: 6.1.42 San Jose Obrero Kilisesi Görünüşü (1/500) (22, s: 95)





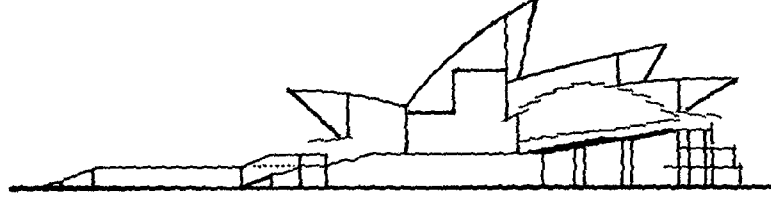
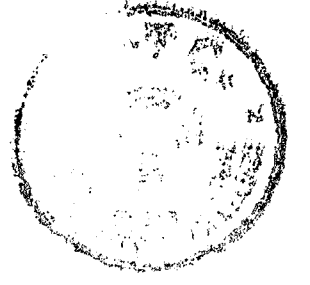
Resim 6.1.3 San Jose Obrero Kilisesi [31]

#### 6.1.3.4.7. Opera Binası, Sydney - Avusturalya, Yorn Utzon, 1963

Yapı 60 m.'ye kadar yükselen ve birbirinden farklı on tane kabuktan oluşmaktadır. Kabukların bir kısmı inşaat sahasında geri kalan kısmı da İsveç'te üretilmiştir. Daha sonra iskeletler halinde bir araya getirilen bu kabuklar çelik ayaklarla bağlanmıştır. Fuayeler arasında dolaşan bir kişi bu kabukları en az dıştan olduğu kadar algılayabilmektedir.

Kabuklar dışarıya cam perde duvarlarla kapanmakta, dik olmayıp yarıya kanatları gibi içe doğru yelpazelenmektedir. Mimar Utzon tabiatın ve geçmişin kosmik elemanlarıyla, endüstrileşmiş üretimin çağdaş teknikleri arasında tam bir ilişki sağlanmıştır. Sonuç olarak prefabrikasyonu yalnızca teknik olmaktan çıkarmış, organik olmaya yaklaştırmıştır.

Utzon'a göre dikey cam duvar çok ağır bir elemandır. Bu nedendir ki Utzon bu soyut dikliği birbiri üzerinden bakan cam bölmelerden oluşan esnek bir dinamizme dönüştürmüştür.



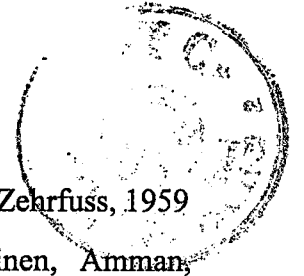
Şekil 6.1.43 Sydney Opera Binası Kesiti [33, s: 353]



Resim 6.1.4 Sydney Opera Binası [33, s: 353]

Diğer kabuk uygulamaları;

- Beton Holü (Cement Hall), İsviçre Fuarı, Hans Leuzinger, Robert Maillart, 1939
- General Motor Teknik Enstitüsü Oditoryumu, Warren - Michigan, Eero Saarinen, 1945 - 1955
- Kresge Oditoryumu, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, Cambridge USA, Eero Saarinen, Amman - Whitney, 1954 - 1955
- İdeal Çimento Firması Fabrika Binası, ABD, Gordon Ferguson, Donald F. Stevens, Ass. 1958 - 1959



- Endüstri ve Teknoloji Merkezi, Paris, Camelot de Maily ve Zehrfuss, 1959
- TWA Terminal Binası New York, ABD, Eero Saarinen, Amman, Whitney, 1962
- Norwich Spor Köyü, Norwich, İngiltere, Copeland Associates, Haus-Herd, Heinz Isler, 1991
- American Hava Müzesi, Duxford, İngiltere, Norman Foster, 1993

### 6.1.3.5 Değerlendirme

Kabuk yapılar sonsuz sayıda form üretme kabiliyetine sahip, malzeme kullanımında ve büyük açıklıkları geçmede son derece etkin sistemdir. Tasarımdaki amaç; ölü yükü en aza indirmek ve strüktürü büyük eğilme gerilmeleri olmaksızın bir membran gibi çalışması için mümkün olduğu kadar ince tutmaktır.

Kabuk yapıların taşıyıcı sistemler içinde ayrı bir yeri ve önemi vardır. Mimarlar bu strüktürlerin dramatik yaratma özelliğinden çok hoşlanmışlar, minimum malzeme ile maksimum strüktürel avantaj sağlamışlardır.

Kabukların sağladığı strüktürel etkinlik, malzemedeki kazanç, hafiflik, estetik zenginlik, donatı ve temeldeki gözardı edilmeyecek orandaki ekonomi gibi yararlarının yanında bazı sakıncaları da vardır. Bunlar; pahalı kalıp masrafı, kalıpların özenli yapılmaması ve yapıların mukavemet hesabının güç oluşu gibi faktörlerdir.

Bunun için özel pnömatik şişme kalıplar, plastik köpük kalıplar, fiber katkılı plastik kalıplar, prefabrik kalıp teknolojisi kabuk yapıların olumsuz etkilerinin ortadan kalkmasında etkili olmuştur. Bu yeni tekniklerle inşaat süresi kısalmış, yapı malzemesi ve araçları minimize edilmiş, iş emeği büyük ölçüde azaltılmıştır.

Yakın zamanda çekme membranlar mimarların ve mühendislerin geniş mekanları hafif ve yarı saydam strüktürlerle geçmelerine imkan tanımış ve kabukların potansiyel piyasasının çoğunu ele geçirmişlerdir. Bununla birlikte membran yapıların kullanılan malzemeye bağlı olarak ömürleri sınırlıdır; membranların simgesi olan hafiflik görünümünü feda etmeden yalıtımını yapmak da güçtür. Diğer taraftan modern betonarme kabuklar çok dayanıklıdır, uzun ömürlüdürler ve iyi kalitede iyi sıkışmış betondan yapıldıkları için minimum bakım gerektirmektedirler.



Günümüz mimarisi ve inşaat teknolojisi pek çok değişik kavramın, estetik anlayışın özgürce kullanılmasına tanıklık etmektedir. Gelişen bilgisayar teknolojisinin de yardımıyla mimar ve mühendisler teknolojinin sınırlarını zorlayarak her türlü mimari projeyi rahatça uygulamaya koymaktadırlar. İç mekan formu ile dış form arasındaki mutlak uygunluk, açıklığı geçme yönünden strüktürel etkinliği ve form zenginliği bakımından sağladığı katkılar kabukların mimari yönden önemini artırmaktadır.

Kabuklar alanındaki çalışmalarıyla tanınan Candela'nın her yapısında tümel form strüktürel form ile doğrudan doğruya özdeşleşmekte, bu da mimaride biçimin oluşmasında strüktürün önemini ortaya koymaktadır.

Eero Saarinen'in dizaynını 1955'te yaptığı Kresge Oditoryum'unda kabukların serbest kalan kenarları, kabuğun strüktürel davranışını görsel olarak vurgulamakta ve bina açıkta bırakılmış çelik mesnetlerin ve düşey cam yüzeylere kontrast olan kabuğun yüzen etkisinin sonucu geometrik bir yalınlık kazanmaktadır.

Nervi'nin 1957'de Roma'da tasarladığı Küçük Spor Sarayı'nda göze batan en önemli unsur kabuğun dışa yansıyan gösterişli iç yüzeyidir. "Y"şeklindeki payandalar ve nervürler bütün strüktüre bir hafiflik duygusu kazandırmaktadır.

Felix Candela'nın dizaynını 1958'de yaptığı Los Martinez Lokantası'nda hiperbolik paraboloidden oluşan kabuk çatının strüktürel özelliğinin yanında sembolik biçimiyle heyecan verici dramatik biçiminden de yararlanılmıştır.

Çoğunlukla betonarmeden yapılan kabuk sistemler kendilerine özgü biçimleriyle yapının strüktürünü oluşturmaktadır. Kabuklar da yüzey etken strüktürler oldukları için hem taşıyıcı hem örtücü olarak kullanılmaktadırlar.



## 6.2 Uzay Kafes Sistemler

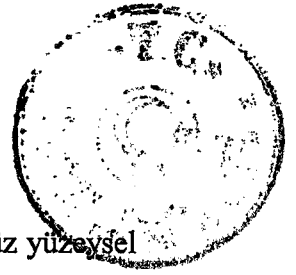
### 6.2.1 Tanımlama ve Tarihçesi

Uzaysal sistemler yüklerin basit çekme ve basit basınca çalışan genellikle doğrusal çubuklar şeklinde küçük elemanlarla çok yönlü bir yayılıma uğrayarak zemine aktarıldığı boşluklu bünyeli yapılardır. Ahşap ve daha etkin bir şekilde çeliğin kullanıldığı uzaysal sistemler- tek veya aralarında belirli bir açıklık bulunan- birden fazla ızgaradan (kattan) oluşmakta ve temel formları açısından;

- Düz Yüzeysel Taşıyıcılar
- Tonozsal (Tek Eğrilikli) Taşıyıcılar
- Kubbesel (Tek Yönde Çift Eğrilikli) Taşıyıcılar olarak üç grupta toplanmaktadır [1].

İnsanlar çağlar boyu büyük açıklıkları kolonsuz olarak geçmek istemişlerdir. Uzay kafes sistemi büyük açıklıkların geçilmesine olanak veren bir sistemdir. Uzay kafes taşıyıcıların gelişimi prefabrikasyona ve çelik konstrüksiyonların gelişimine paraleldir. Birleşme detaylarının perçinleşme ile yapıldığı zamanlarda uzay kafes sistemlerinin uygulanmasında zorluklarla karşılaşmıştır. Statik hesaplamalardaki zorluk, farklı açılarda bir düğüm noktasına gelen çubukların birleşme güçlüğü uygun kalitede malzemede yokluğu uzay kafes sistemlerin gelişmesine engel olmuştur.

Uzay kafes sistemleri statik analizi 1882 yılında August Föppl tarafından yapılmıştır. August Föppl çubuklardan kurulacak sistemler içinde stabil olan en küçük çokgenin bir üçgen, en küçük çok yüzlünün ise dört üçgenden oluşan tetrader olduğunu ortaya koymuştur. Bu konudaki en büyük aşamalar II. Dünya Savaşından sonra olmuştur. Le Ricolais, Buckminster, Fuller, Konrad Wachman ilk uygulamaları yapmıştır. B. Fuller “Jeodezik Strüktür” kavramını ortaya atmıştır. Z.K. Makowski'nin teorik ve pratik etüdüleri çubuklara gelecek olan yükleri hesaplamaya olanak veren metodların elektronik hesap makineleri ile çözümüne olanak vermiştir. Ayrıca teknolojiye ve malzemede çeşitli profillerin üretimi ve yüksek dirençli bulonlama bu uygulamaların daha da artmasını sağlamıştır [47].



## 6.2.2 Düz Yüzeysel Uzaysal Taşıyıcılar

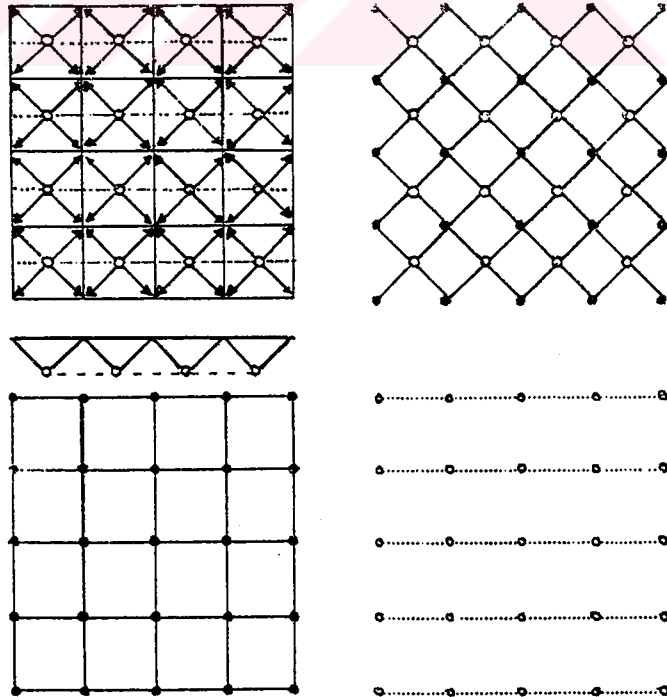
Aynı plana sahip olması gerekmeyen çubuklardan yapılmış iki düz yüzeysel ızgaranın düğüm noktalarından birbirine arada belirli açıklık kalacak şekilde bağlanması ile elde edilen ve çok zaman “mekan ızgaraları” diye de adlandırılan düz yüzeysel taşıyıcılar katlardaki taşıyıcı elemanların yönleri bakımından da iki doğrultulu ve üç doğrultulu sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Daha çok çeşitli firmaların patenti altında gelişen bu sistemlerden ilkinde “Unistrut” (ABD), “Space Deck” (İngiltere) ve ikincisine “Oktoplatte” (Almanya) örnek olarak gösterilmektedir.

### 6.2.2.1 İki Boyutlu Düzenleme

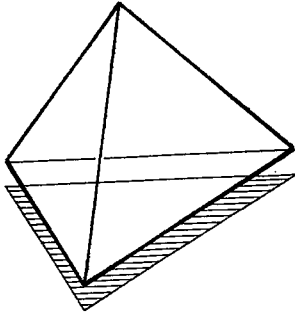
Dikdörtgen, açılı ve çapraz olarak üç şekilde düzenlenmektedir.

#### 6.2.2.1.1 Dikdörtgen Düzenleme

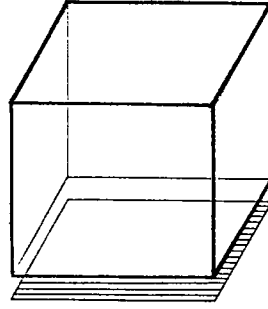
Yarım sekizyüzlü ve dörtyüzlülerin kenarlara paralel sıralanmasından oluşmaktadır. Bu düzenleme birbirine dik iki doğrultuda taşıyıcıdır. Dört tarafı mesnetlendirilmiş olarak yapılan bu çalışma sonucunda tüm üst tabaka çubuklarının basınca alt tabaka çubuklarının ise çekmeye çalıştığı, sistemin mesnet çökmesine karşı orta derecede hassasiyet gösterdiği görülmüştür.



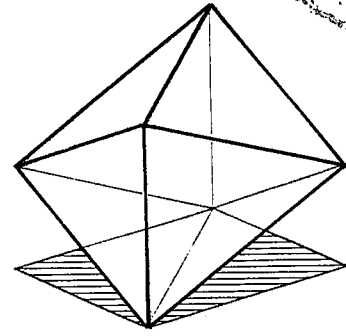
Şekil 6.2.1 Dikdörtgen Düzenleme [48 s:13]



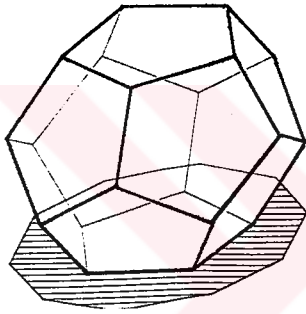
4 Yüzlü (Tetrader)



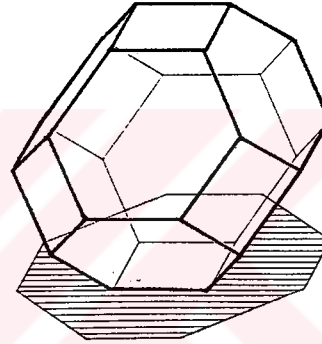
Küp



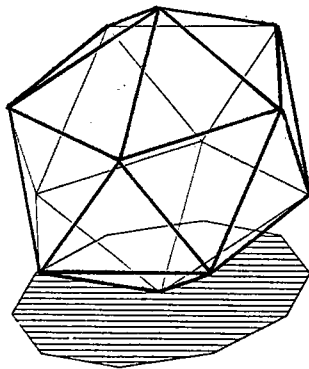
8 Yüzlü (Oktaeder)



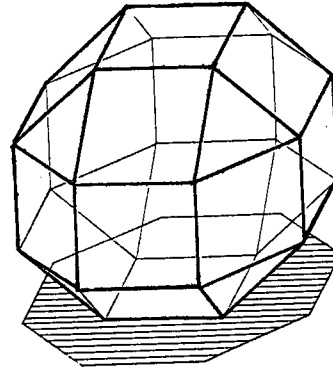
12 Yüzlü (Dodekaeder)



14 Yüzlü (Oktaeder)



20 Yüzlü (İkosader)



26 Yüzlü (Hexaeder)

Şekil 6.2.2

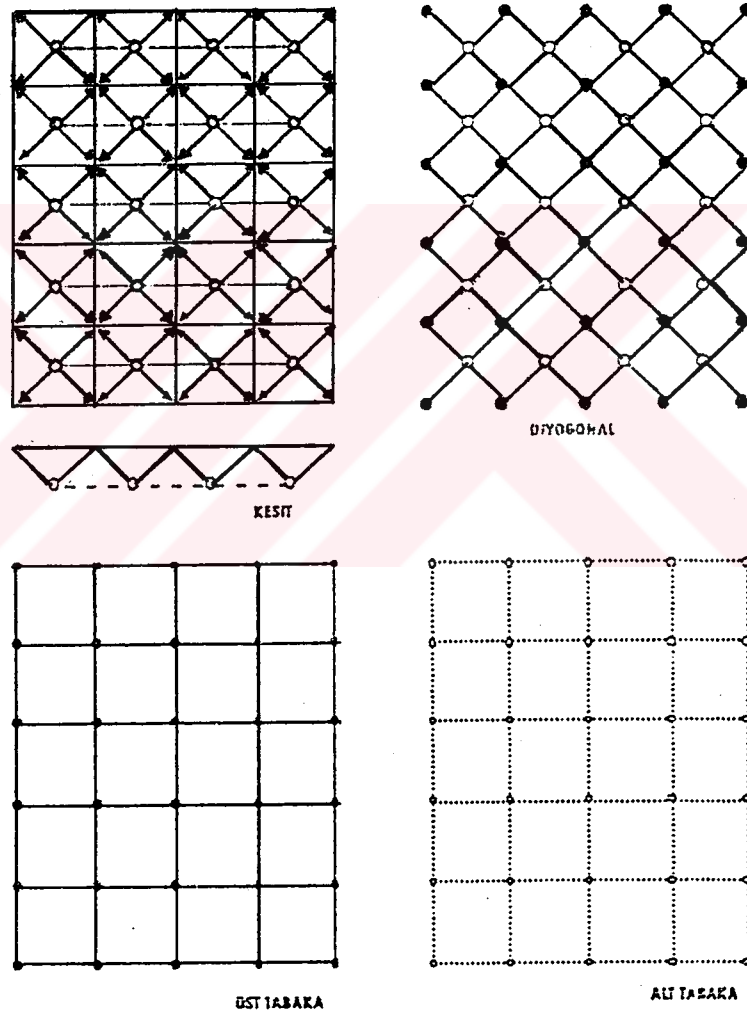
Uzay Strüktürlerin Türetiminde Yararlanılan Geometrik Hacimsel Biçimler

[27 s:174-180]



### 6.2.2.1.2 Açılı Düzenleme

Üst ve alt tabaka dörtgenlerinin birbiriyle belli bir açı ( $45^{\circ}$ ) yaparak birleşmesinden oluşmaktadır. Bu düzenlemede dörtyüzlü ve yarım sekizyüzlüler kullanılmış ve kenarlara  $45^{\circ}$  açı yaparak şekilde sıralanmıştır. Böyle bir düzenlemenin dört tarafı mesnetlenmiş olarak yapılan bir çalışma sonucunda üst tabaka çubukları basınç, kenarlarda çekme, alt tabaka çubukları çekme, kenarlarda basınç çıkmış, sistem mesnet çökmesine karşı orta derecede hassasiyet göstermiştir.



Şekil 6.2.3 Açılı Düzenleme [48, s:14]

### 6.2.2.1.3 Çapraz Düzenleme

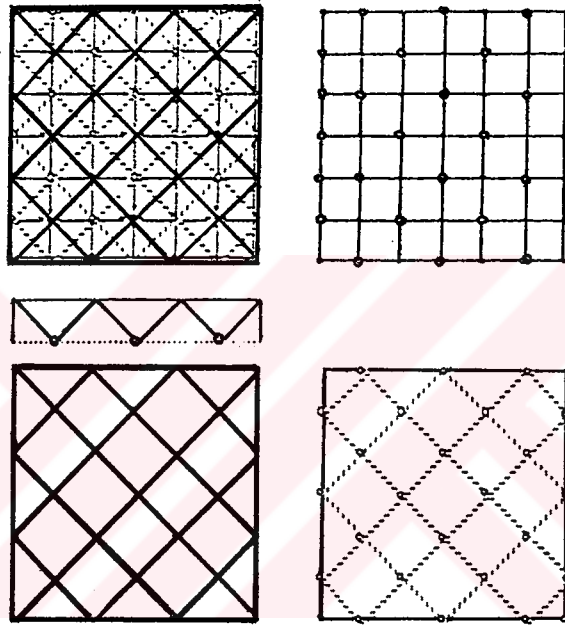
Yarım ondörtyüzlü ve yarım sekizyüzlülerin sıralanmasından oluşmaktadır. İki elemanı da stabil olduğu için sistemi, kenarlarda rijitleştirmek gerekmektedir. Alt





tabaka dörtgenleri üst tabaka  $45^0$  açı yapacak şekilde yerleştirmektedir ve alt tabaka çubukları üst tabaka çubuklarının  $\sqrt{2}$  katı kadar daha uzundur. Bu düzenleme diğer iki doğrultulu düzenlemelerin birlikte çözümüdür.

Dört tarafı mesnetlendirilmiş olarak yapılan düzenleme sonucunda tüm üst tabaka çubukları basınç, alt tabaka çubukları çekme çıkmış, sistemin mesnet çökmesine karşı hassasiyetinin az olduğu görülmüştür.



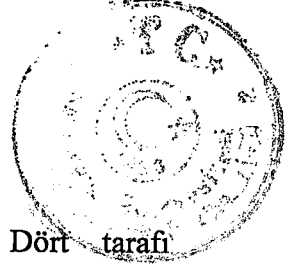
Şekil 6.2.4 Çapraz Düzünleme [48 s.:115]

### 6.2.2.2 Üç Doğrultulu Düzenleme

Düz üçgen düzenleme ve ters üçgen düzenleme olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır.

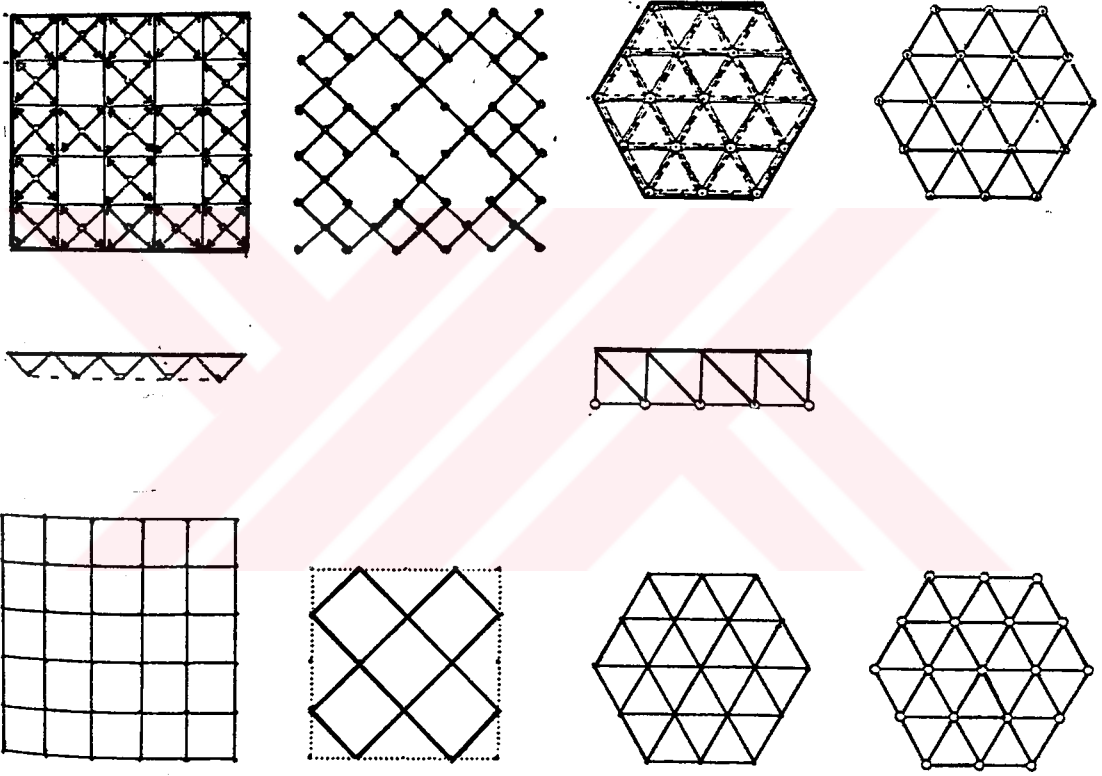
#### 6.2.2.2.1 Düz Üçgen Düzenleme

Yarım küp sıralamalarından oluşmaktadır. Üst ve alt başlık çubukları eşit uzunlukta olan grup düzlem ile kafes kirişin  $60^0$  ile birbirine paralel sıralamasıyla oluşmuş, alt ve üst tabaka düğüm noktaları üstüste getirilmiştir [Şekil 6.2.5].



### 6.2.2.2 Ters Üçgen Düzenleme

Sekizyüzlü ve dörtyüzlü sıralamalardan oluşmaktadır. Dört tarafı mesnetlenmiş olarak yapılan bir çalışma sonucunda tüm üst tabaka çubukları basınç, alt tabaka çubukları çekme çıkmış, sistemin mesnet çökmesine karşı çok hassas olduğu görülmüştür.



Şekil 6.2.5 Düz Üçgen Düzenleme  
[48, s:16]

Şekil 6.2.6 Ters Üçgen Düzenleme  
[48, s:16]

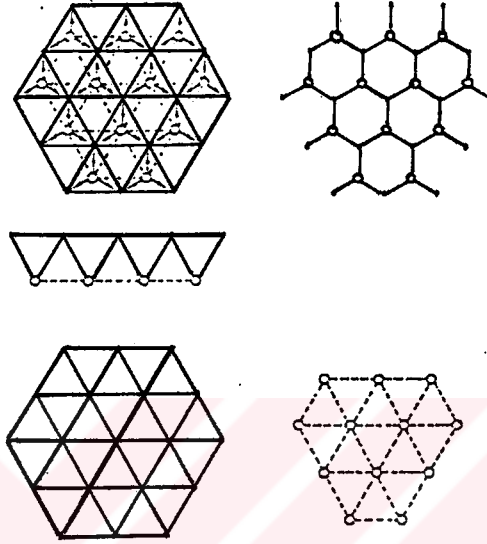
### 6.2.2.3 Dört Doğrultulu Düzenleme

Yarım Küp sıralamalarından oluşmaktadır. Dört düzlem kafes kirişin  $45^\circ$  ile birbirine paralel sıralanmasıyla düzenlemekte üst ve alt tabaka düğüm noktalarının hepsi üste konmaktadır.

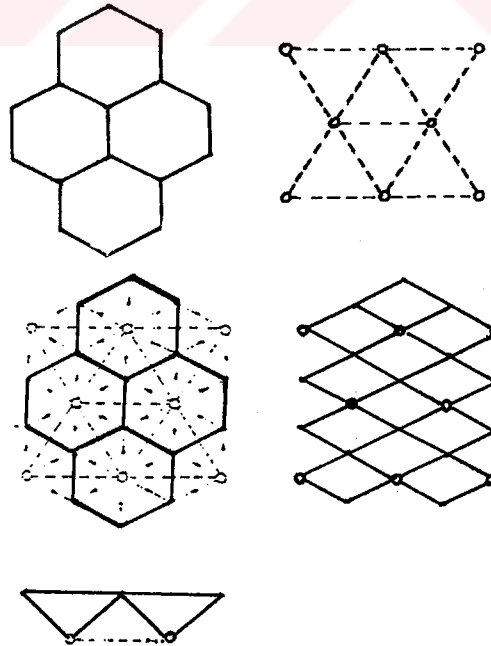


#### 6.2.2.2.4 Altı Doğrultulu Düzenleme

Basit Düzenleme; dörtyüzlü ve yarım küp sıralarından oluşmaktadır. Üst tabaka altıgenlerden alt tabaka bu ters altıgen piramitlerin uçlarını birleştiren üçgenlerden meydana gelmektedir. [Şekil: 6.2.7]



Şekil 6.2.7 Dört Doğrultulu Düzenleme [48, s:17]

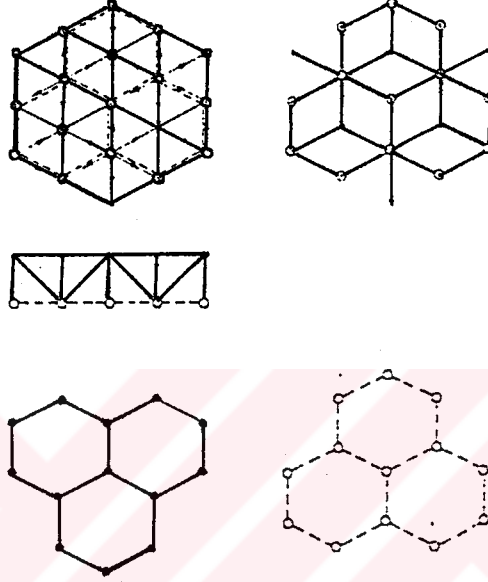


Şekil 6.2.8 Basit Düzenleme [48. S: 18]



### 6.2.2.2.5 Çift Altıgen Düzenleme

Dörtüzlü sıralamalarından meydana gelmiştir. Her iki tabaka altıgenleri, bir tabakanın düğüm noktaları diğer tabakanın altıgenleri ile merkeze gelecek şekilde düzenlenmektedir. Altıgen merkezleri her iki tabaka düğüm noktalarına diagonallerle üstüste gelen düğüm noktaları da birbirine dikmelerle birleştirilmektedir.



Şekil 6.2.9 Çift Altıgen Düzenleme [48,s:18]

Çift tabakalı uzay kafes sistemlerde, birbirine paralel iki tabaka arasındaki  $h$  yüksekliğinin, dikdörtgen ağlarda açıklığının  $1/20$ 'si, eğik ağlarda açıklığın  $1/30$ 'u olması istenmektedir.  $h$  yüksekliği büyüdükçe çökme azalacağı için bu alt sınırın üstünde değerler almak avantajlıdır. Bir düzenleme türünün seçimi her şeyden önce örtülecek alanın biçimine bağlıdır. Tek, iki ve dört doğrultulu düzenlemeler dikdörtgen alanlar için, üç ve altı doğrultulu düzenlemeler altıgen ya da daire alanları örtmek için daha uygundur. Diğer önemli bir kriter de sistemin maliyetini etkileyen çubuk ve düğüm noktalarının sayısıdır [49].

### 6.2.3 Tonzsal (Tek Eğrilikli) Uzaysal Taşıyıcılar

Yükleri zemine mekan içinde yönlendirerek aktarmaya uygun formu yönünden her dönemde etkin bir yapı olarak kullanılan tonoz günümüzde de basit



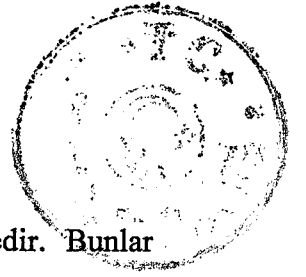
basınca çalışan ahşap veya çelik çubuklarla boşluklu bünyeler oluşturarak yeni bir uygulama alanına kavuşmuştur. Mansard ve şetli küçük tonozlarda basit çubuklara ve boru profillere, büyük açıklıklarda ise bileşik elemanlara, büyük profillere yer verilmektedir. S. du Chateau'nun tenis sahalarını örten tonozu ile Amerika'da yapılan çelik dilimli tonozlar bu tür uygulamalardır [1].

#### 6.2.4 Kubbesel (Çift Eğrilikli) Uzaysal Taşıyıcılar

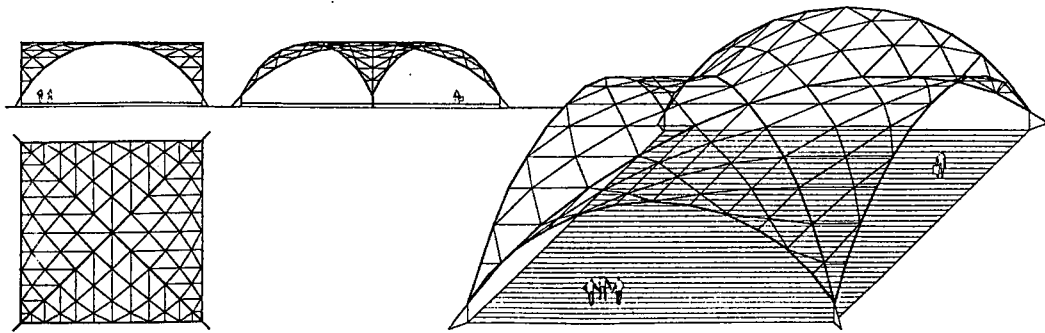
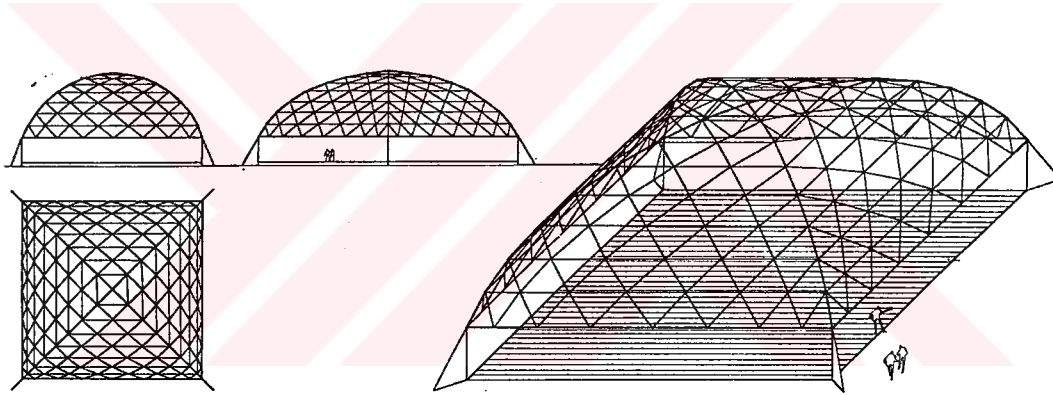
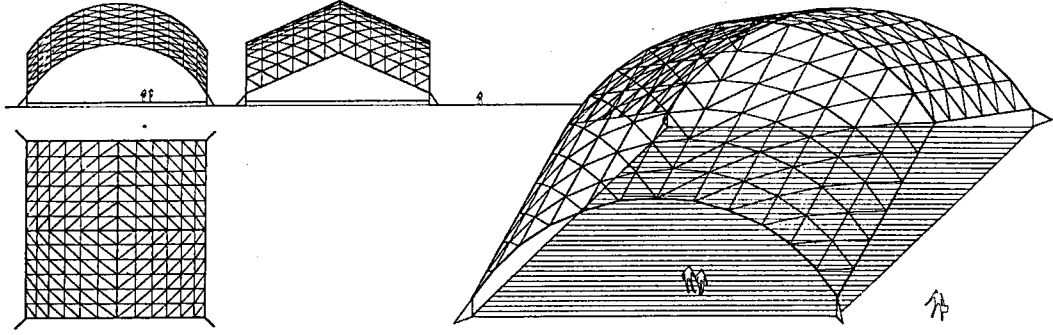
Kubbeler de tonoz gibi yüklerin mekan içinde yönlendirilerek zemine aktarılmasına olanak veren sadece basıncı çalışan kapalı formları ile günümüze kadar güncelliğini sürdüren sistemlerdir. Günümüzde betonarmenin ağırlığı ve kalıp işçiliğinin güçlüğü strüktür dizaynını çelik kubbelerle yöneltirken boşluklu doğa strüktürlerinden elde edilen veriler bu gelişimi hızlandırmıştır.

Bugün “Kaburgalı Kubbeler” Schwedler Kubbeleri”, Zimmermann Kubbeleri”, “Klewitt Kubbeleri”, “Çerçeve Kubbeler”, “Lamelli Kubbeler”, ile tek katlı ve üç yönlü kubbeler gibi örneklerden sonra geliştirilen ve asıl mekansal taşıyıcılar olarak değerlendirilen çift katlı iki ve üç yönlü kubbeler ile jeodezik kubbeler mimariye büyük strüktürel olanaklar getirmişlerdir. 1955 Hannover Sergisi Krupp Payonu tek katlı iki yönlü, S. du Chateau'nun Grandual Barajı elektrik santrali tek katlı üç yönlü, M. Murata ile Y. Tsuboi'nin Tokyo Uluslararası santrali tek katlı üç yönlü, M. Murata ile Y. Tsuboi'nin Tokyo Uluslararası Ticaret Merkezi'nde uyguladıkları ise çift katlı ve üç yönlü kubbelerdir.

B. Fuller'in geliştirdiği Jeodezik kubbeler altıgenlere bölünmesiyle (küre yüzeyi tamamen altıgenlerle kaplanamayacağından belirli sayıda beşgende gerekmektedir.) kurulan tek katlı sistemlerde mafsallı çubuk bileşimlerinin doğurduğu stabilite güçlüğüne karşı Fuller iki katlı sistemleri gerçekleştirmiştir. İç ve dışa bombeli çok parçalı örtülerin uygulandığı bu sistemlerden “Beton Rouge” kubbesinin bölünme frekansı 36, 1967 Montreal Sergisi ABD Pavyonu ise genel görünümünün  $\frac{3}{4}$ ' ü küre şeklinde olan yapılarıdır.



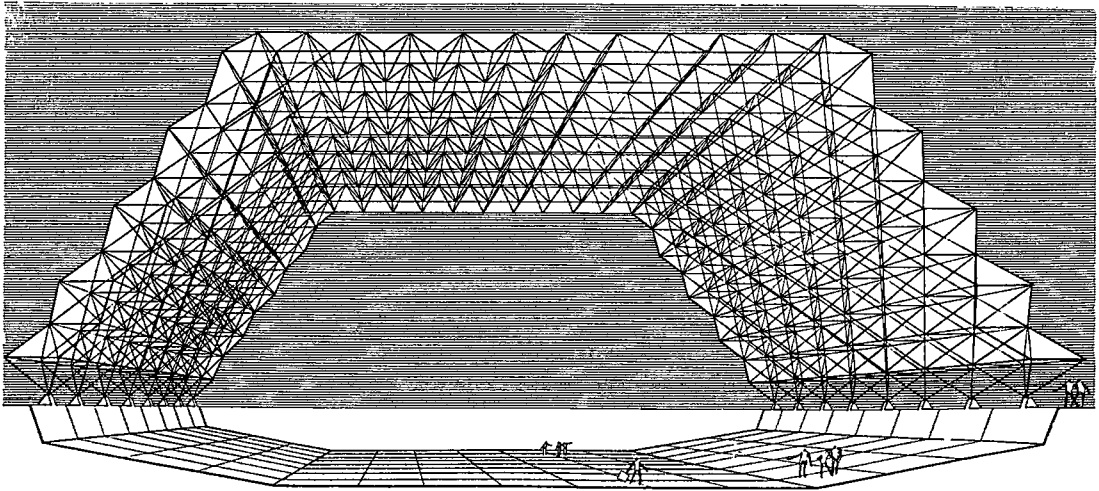
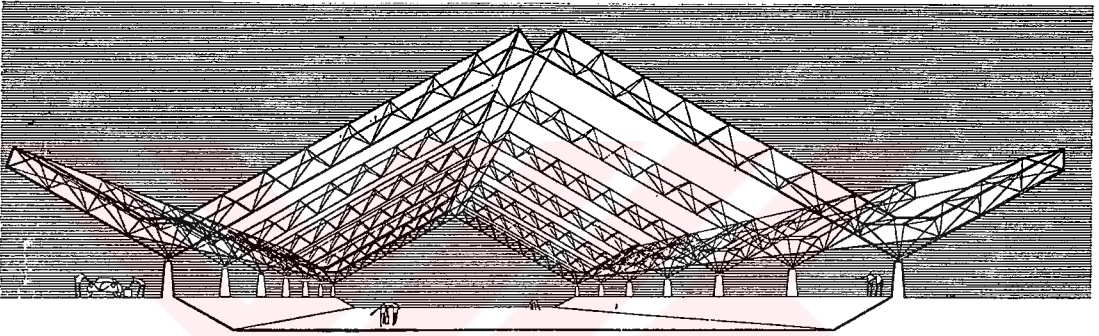
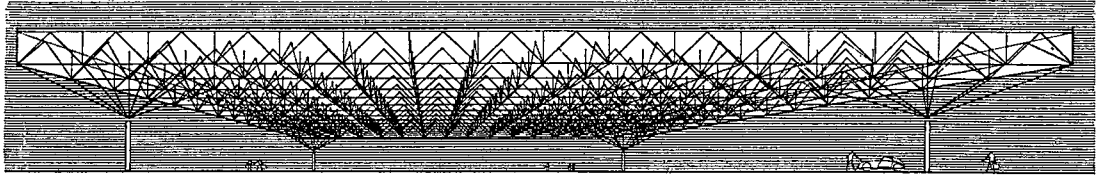
Ters eğrilikli düzlemler için kafes uygulamaları görülmektedir. Bunlar sırasıyla ortada yükselen iki silindirik yüzey, kubbe oluşturan dört silindirik yüzey ve çapraz tonoz oluşturan dört silindirik yüzeyden oluşmaktadır.



Şekil 6.2.10 Eğri Kafes Sistemler [27, s:92]



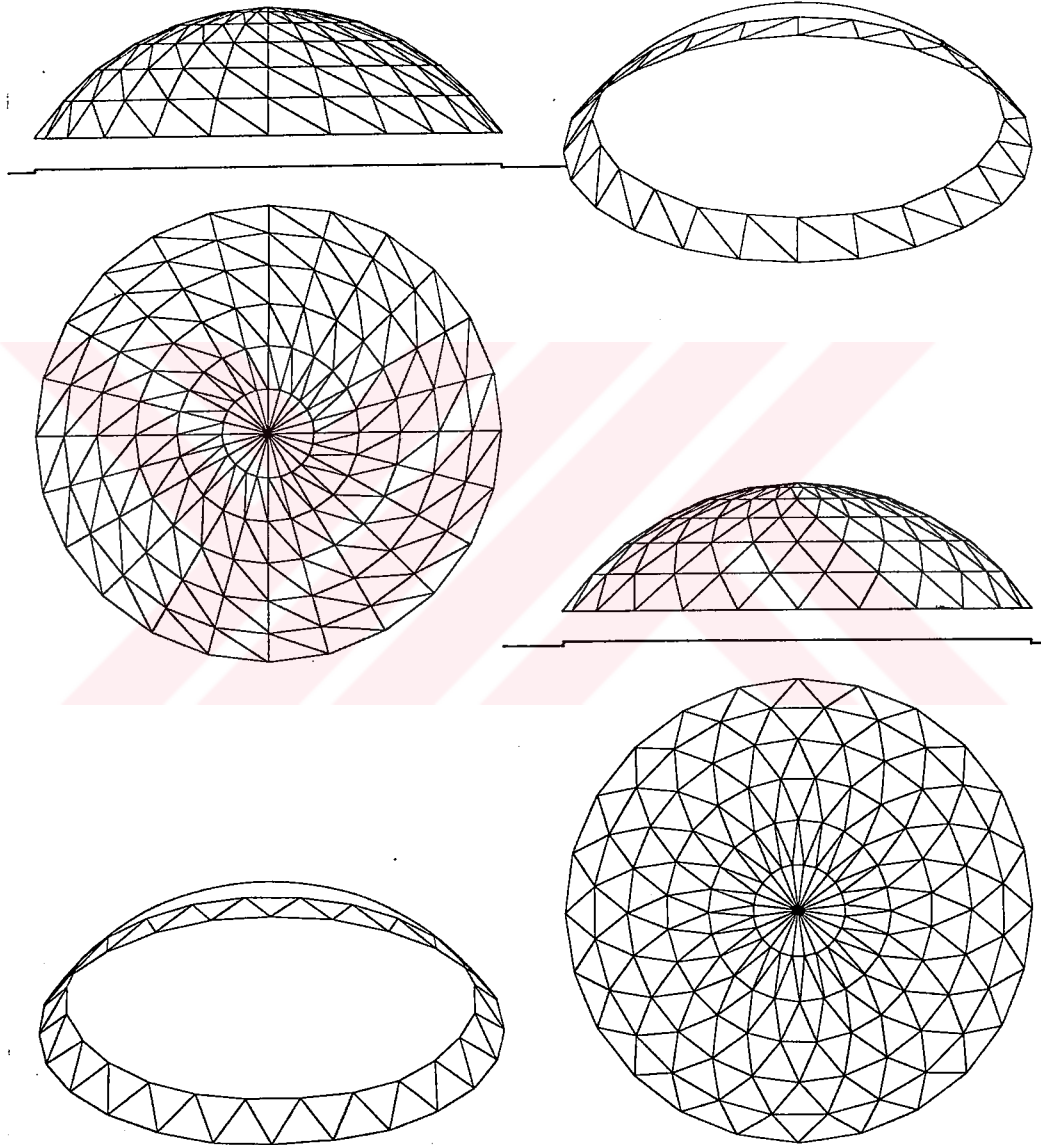
Geniş açıklık strüktürlerde uzay kafes sisteminin uygulanmış örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.2.11 Uzay Kafes Sistemler [27, s:111]



Küresel yüzeyler için kafes sistemlerin örnekleri görülmektedir. Bunlar; sol diagonal kafesli küre halkaları (Schwedler Kubbesi), iki yönlü diagonal kafesli küre halkaları (örgü kubbesi) olarak sınıflandırılmaktadır.

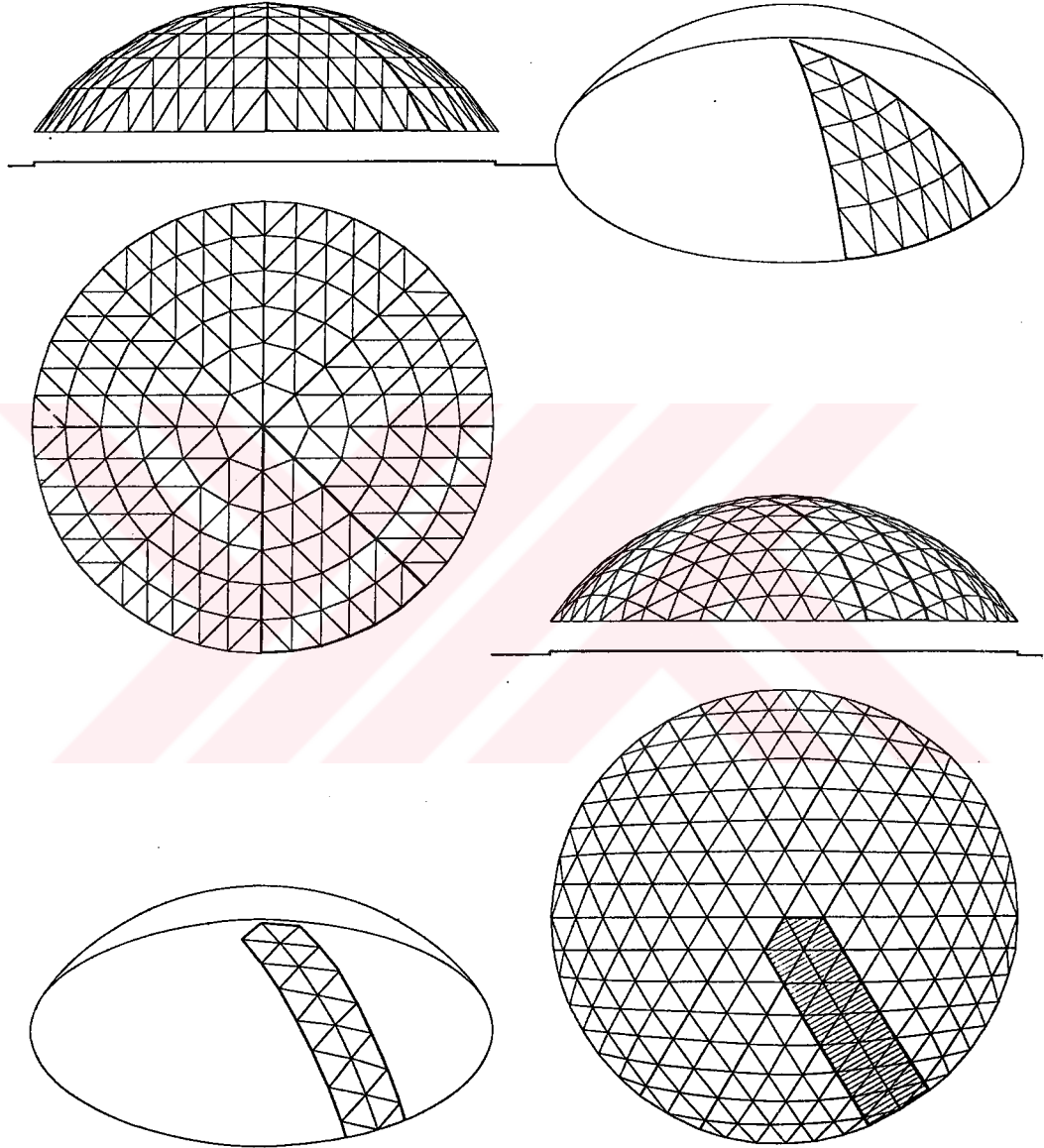


Şekil 6.2.12 Küresel Yüzeyler İçin Kafes Sistemler [27,s:98]

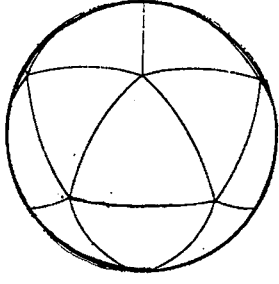




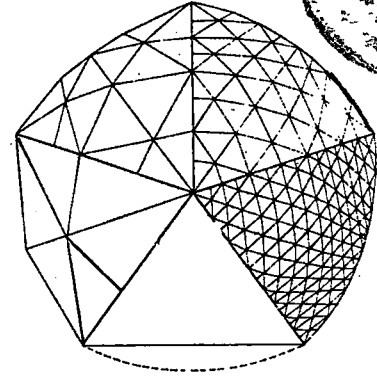
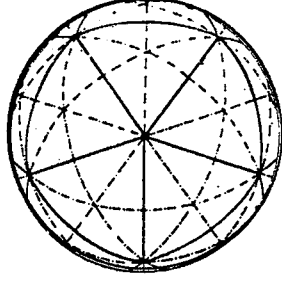
Küresel yüzeyler için uygulanan kafes sistem örnekleri görülmektedir.  
Bunlar paralel örgülü kubbeler ve altıgen kafesli kubbelerdir.



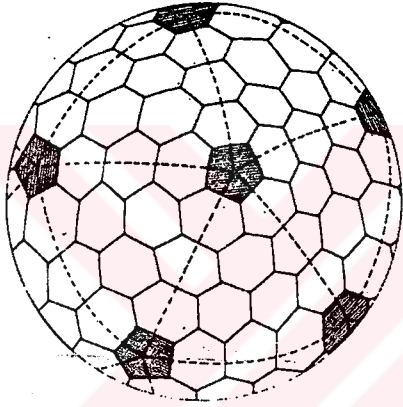
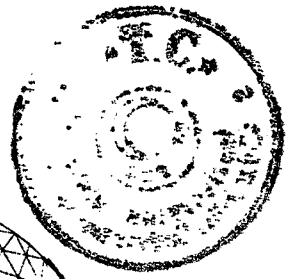
Şekil 6.2.13 Küresel Uzay Kafes Sistemler [27, s:99]



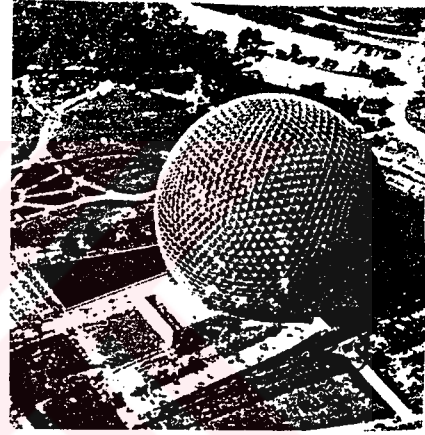
Şekil 6.2.14 Kürenin Bölünmesi  
[1,s:42]



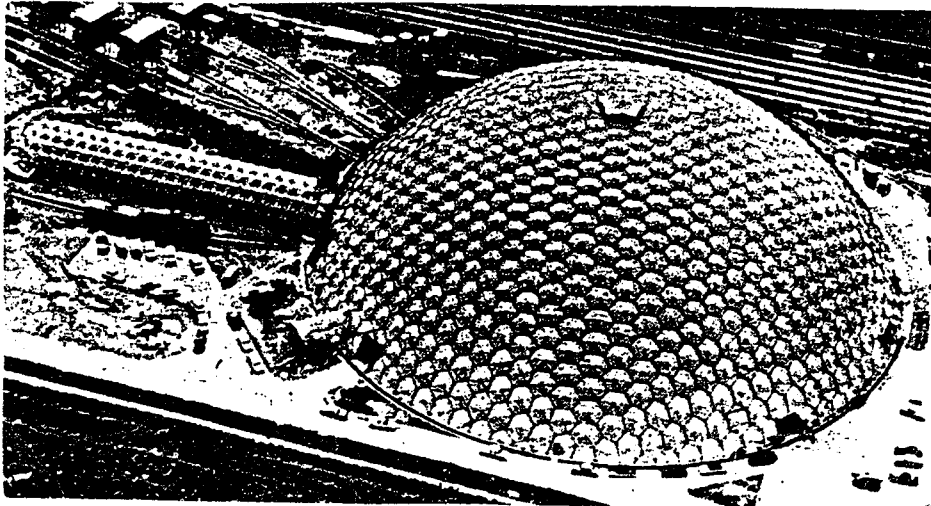
Şekil 6.2.15 Jeodezik Bölme  
[1, s:42]



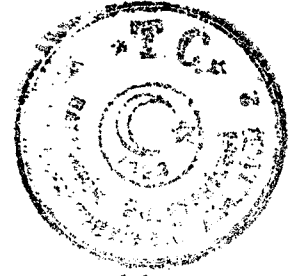
Şekil 6.2.16 Sekizinci Frekansa Göre  
Jeodezik Bölme [1, s:42]



Resim 6.2.1 Beton Rouge  
[1,s:42]



Resim 6.2.2 Montreal Sergisi ABD Pavyonu [1, s:42]



### 6.2.5 Uzay Kafes Sistemlerin Malzemeleri

Uzay kafes sistemleri yapımında alüminyuma oranla daha ucuz ve daha dayanıklı olması nedeniyle çoğunlukla çelik kullanılmaktadır. Fakat çelik korozyona karşı zayıf olduğundan, korunması için çoğu kez galvanizle kaplanmaktadır. Bu yöntemin maliyetinin fazla olması nedeniyle başka tür koruyucu kaplamaların geliştirilmesine çalışılmaktadır.

Ahşap yapılarda sistemin seçimi, kuvvet taşıyan düğüm noktalarına bağlıdır. Nokta şeklindeki ahşap düğüm noktaları ancak küçük kuvvetleri iletebileceğinden büyük açıklıklı kafes taşıyıcılar için ahşap uygun bir malzeme değildir [50].

### 6.2.6 Uzay Kafes Taşıyıcıların Hesabı

Ana ilkeleri benzer olmakla beraber, düzlem kafeslere oranla uzay ızgaralarda gerilemelerin belirlenmesi çok daha karmaşıktır. Uzay kafes taşıyıcıların hesap yöntemlerinin çoğu uzun zamandan beri bilinmekte, araştırmalarda deneysel yöntemler büyük bir bölüm oluşturmaktadır [50].

### 6.2.7 Kullanılan Uzay Kafes Sistemler ve Uygulamaları

Düğüm noktaları ve çubuk bileşimlerine göre değişiklik gösterilen yapım sistemlerinin sayıları oldukça çoktur. Burada bazılarından söz edebiliriz.

#### 6.2.7.1 Mero Sistemi

Bu sistem uzay kafes sisteminin başlangıcıdır. Mengerlinghaus tarafından gerçekleştirilen sistem biçimi ile 1942'den beri kullanılmaktadır.

Düğümler tam merkeze yönelmiş 18 çubuğun bağlanmasına olanak sağlamakta ve sistemin en güçlüsü ile bu gün 40 m.'ye kadar açıklıklar geçilebilmektedir.



### 6.2.7.2 Oktaplatte Sistemi

Bu sistem sekizyüzlülerle oluşturulan taşıyıcılar için uygundur. Bu sistemde çubuklar boş bir düğüm küresine kaynaklanırlar. Oktaplatte sadece tavan (çatı) taşıyıcı sistemi olarak kullanılır. Çubukların doğrultuları düğüm noktası detayına bağlı olmaksızın belirlenmekte ve bu sistemle tonoz şeklinde taşıyıcılarda yapılmaktadır.

### 6.2.7.3 SDC Sistemi, Pyramitec, Tridimatec Sistemleri

SDC sisteminin düğüm noktalarını açık delikli olan yarım kabuklar oluşturur. Bu sistemle 50 m. x 50m. boyutunda bir alan 1.30 m.'lik bir konstrüksiyon yüksekliği ile örtülebilmektedir.

SDC sistemi son zamanlarda Pyramitec sistemi denilen civatalı bir konstrüksiyonla geliştirilmiştir. Bu sistem kare, üçgen veya altıgen ızgaralardan hazır piramitlerle oluşturulmaktadır.

Tridimatec sistemi önceden hazırlanmış ve atölyede kaynaklanmış elemanlardan oluşmakta ve bu sistemle üç yönlü taşıyıcılar yapılmaktadır.

### 6.2.7.4 Unistrut Sistemi

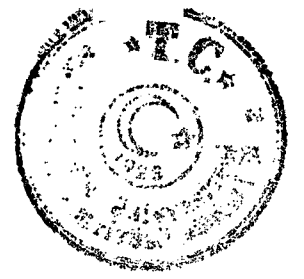
Unistrut Corp, Wayne, Mich tarafından geliştirilen civatalı sistem ABD'de yapılanların en eskisidir. Soğukta çekilmiş "U"şeklinde saç profillerle büyük düğüm levhalarından oluşmaktadır. Kullanımı sekizyüzlü-dörtüzlü tipindeki konstrüksiyonlarla sınırlıdır.

### 6.2.7.5 Space Deck Sistemi

Çatılar için alışlagelmiş yapılarla yarışabilecek, pratik, ekonomik, bir uzay kafes taşıyıcı yapmak amacı ile ortaya çıkartılmıştır. Boyutları 1,2m. x 1,2 m. x 1m. olan önceden hazırlanmış piramitlerden oluşmakta ve bu tür birleştirme bir doğrultuda eğrilikli yüzeyler oluşturmaya da olanak sağlamaktadır.

### 6.2.7.6 Triodetic Sistemi

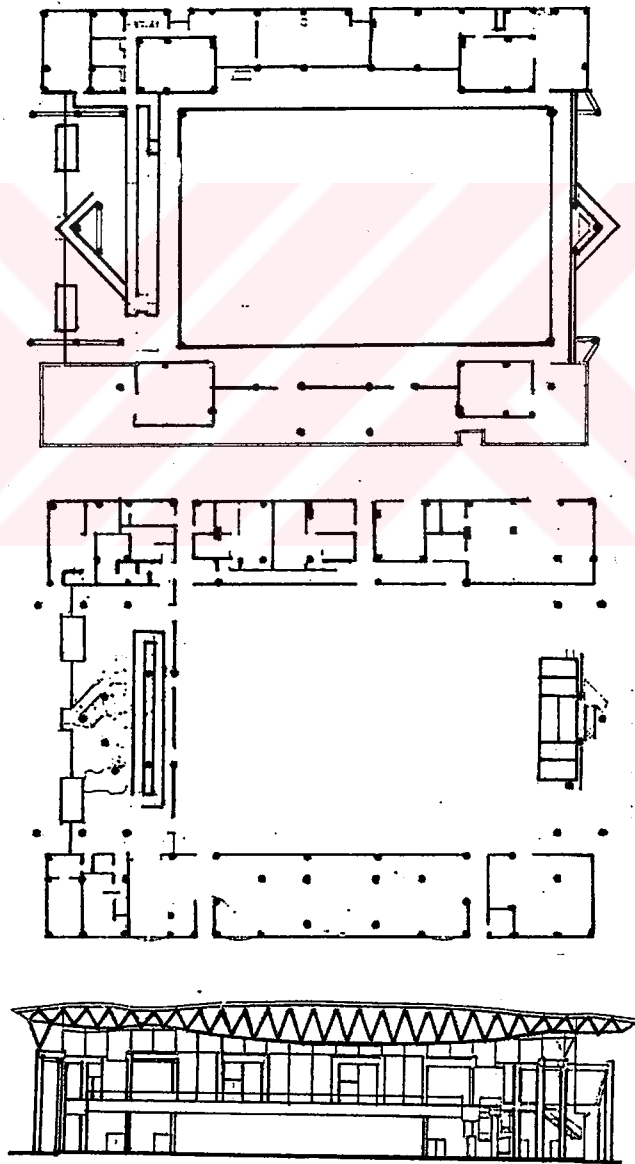
1953'ten beri kullanılan bu sistem bütün sistemlerin üstünlüklerini kendisinde toplamakta ve dünyanın her yerinde kullanılmaktadır. Elemanları çubuk ve düğümler, malzemesi ise alüminyumdur. Çubukların düzleştirilmiş ve kertikler açılmış uçları bunlar için düğümde mevcut yarıklara yerleştirilmektedir [50].



## 6.2.8 Uzay Kafes Sistemlerinin Uygulamaları

### 6.2.8.1 Galaxy Toyama, 1992 Shoen Yoh- Architects

1992'de Toyama da fuar binası olarak kullanıldıktan sonra sergi salonu olarak kullanılmaya başlamıştır. Büyük bir bulut şeklinde alçalıp yükselen bir çatı demetiyle tüm alan örtülmüştür. Rüzgar yükünü çubuklarıyla çatıya yayan 18m. yüksekliğindeki cam perde duvarlar açıkça görülmektedir. Yaklaşık 100 m. x 60m. büyüklüğünde bir alan örtülmüştür [51].



Şekil 6.2.17 Galaxy Toyama Plan ve Kesiti [51]

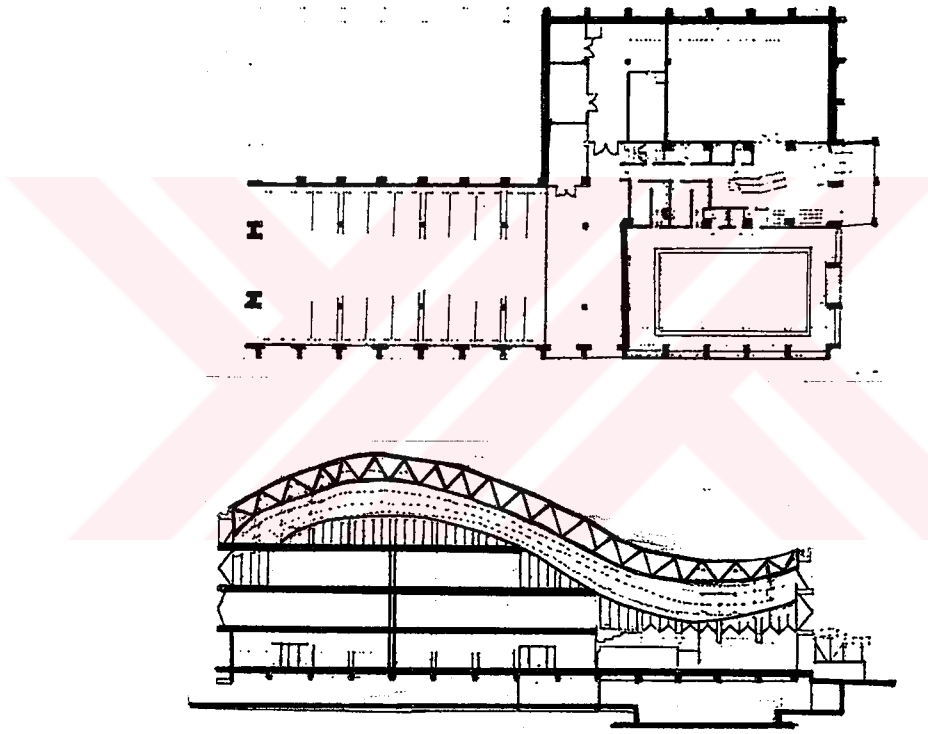


### 6.2.8.2. Orio Spor Salonu, Yasutimi Kijima, Yas Urbanists

Kitakyushu kenti için bir referans noktası ihtiyacı bu projenin ilham kaynağını oluşturmakta ve çok sayıda farklı aktiviteye olanak sağlamaktadır.

Yapının duvarları öngerilmeli beton kiriş ve kolanlardan, kolon ve kirişlerin arası beton dolgu panellerden oluşmuştur.

Çatının uzay kafesten oluşan formu yükselip alçalan kemer şeklinde olup hem içten hem dıştan bir yön ve odak noktası oluşmasını sağlamakta, yapı 2000 m<sup>2</sup>'lik bir alanı örtmektedir [53].



Şekil 6.2.18 Orio Spor Salonu Planları ve Kesiti [53]

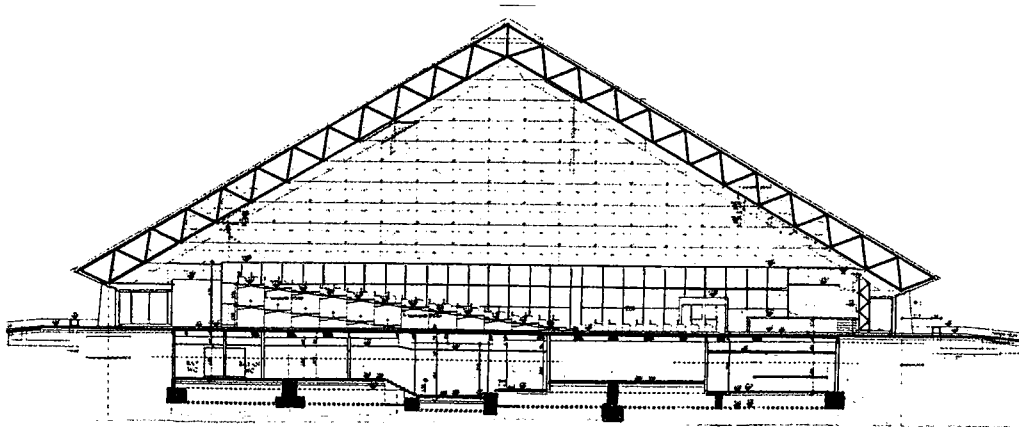
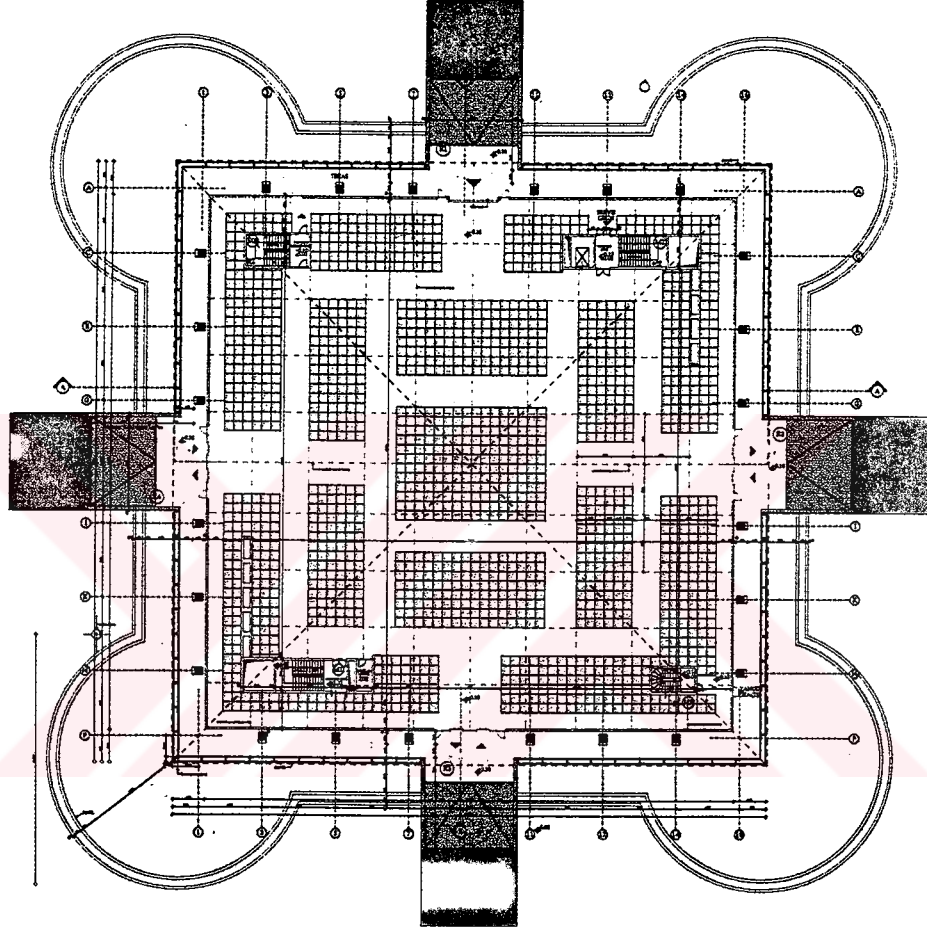
### 6.2.8.3 Cam Piramit Sabancı Kongre ve Fuar Merkezi, Yaşar Marulyalı, Levent Aksut, Antalya

Dünyada ilk kez uygulanan tamamen camla kaplı kongre, konser ve sergi salonu olarak kullanılabilen bu yapıda yapı kaplaması olarak seçilen cam, iç ve dış mekan beraberliğini ve bütünleşmesini sağlamaktadır.

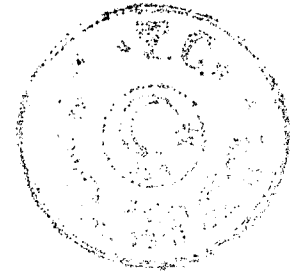


Yapı bütünüyle 2400 m<sup>2</sup> alan kaplayan bir havuz içine alınarak doğal serinlik sağladığı gibi cam ve su yüzeylerde karşılıklı ışık oyunları yaratılmıştır.

Piramit 60 m. x 60 m. açıklığı bulunan çelik prefabrike uzay sistemi olarak inşa edilmiştir. Piramidin en yüksek noktası zeminden 23 m. yükseklikindedir [54].



Şekil 6.2.19 Cam Piramit Kesit ve Planı [54, s:85]

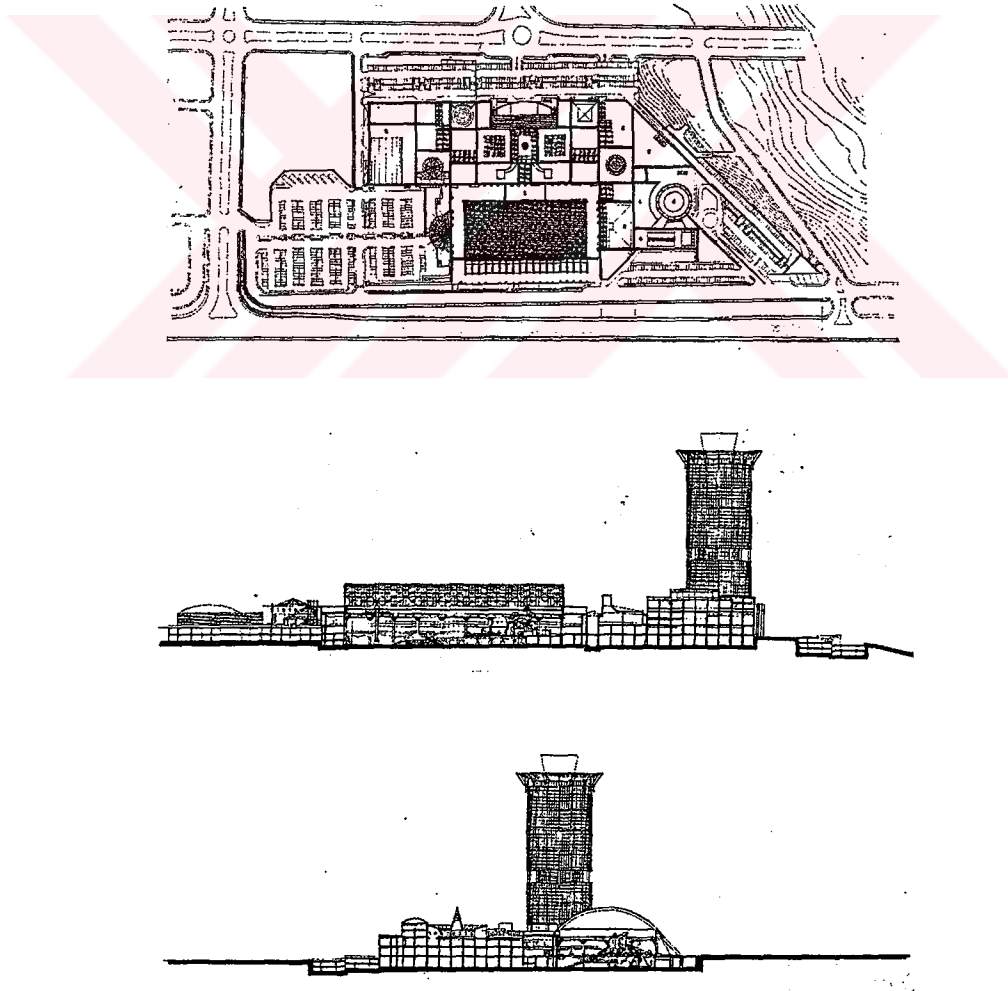


#### 6.2.8.4 Tatilya, İstanbul Bayındır İnşaat

Tatilya mimari kurgu olarak son derece basit, ortasında büyük bir avlusu olan dikdörtgen bir plandan ibarettir. Bu binanın üstü cam ve çelikten oluşan bir tonozla örtülüdür. Tonozun plan ebatları 52 m. x 115 m. Çatının zeminden en yüksek noktaları 35 m. olup bu açıklık çapraz kemerlerle geçilmektedir.

Tatilya'nın ana girişlerine alış veriş merkezleri yapılmıştır ve üstleri çadırla örtülmüştür.

Tatilya parkının bir diğer çarpıcı ögesi de yapay bir tepecektir. Bunun içinden su kaydığı geçmekte ve şelale akmaktadır [55].



Şekil 6.2.20 Tatilya Plan ve Kesitleri [55, s:37]



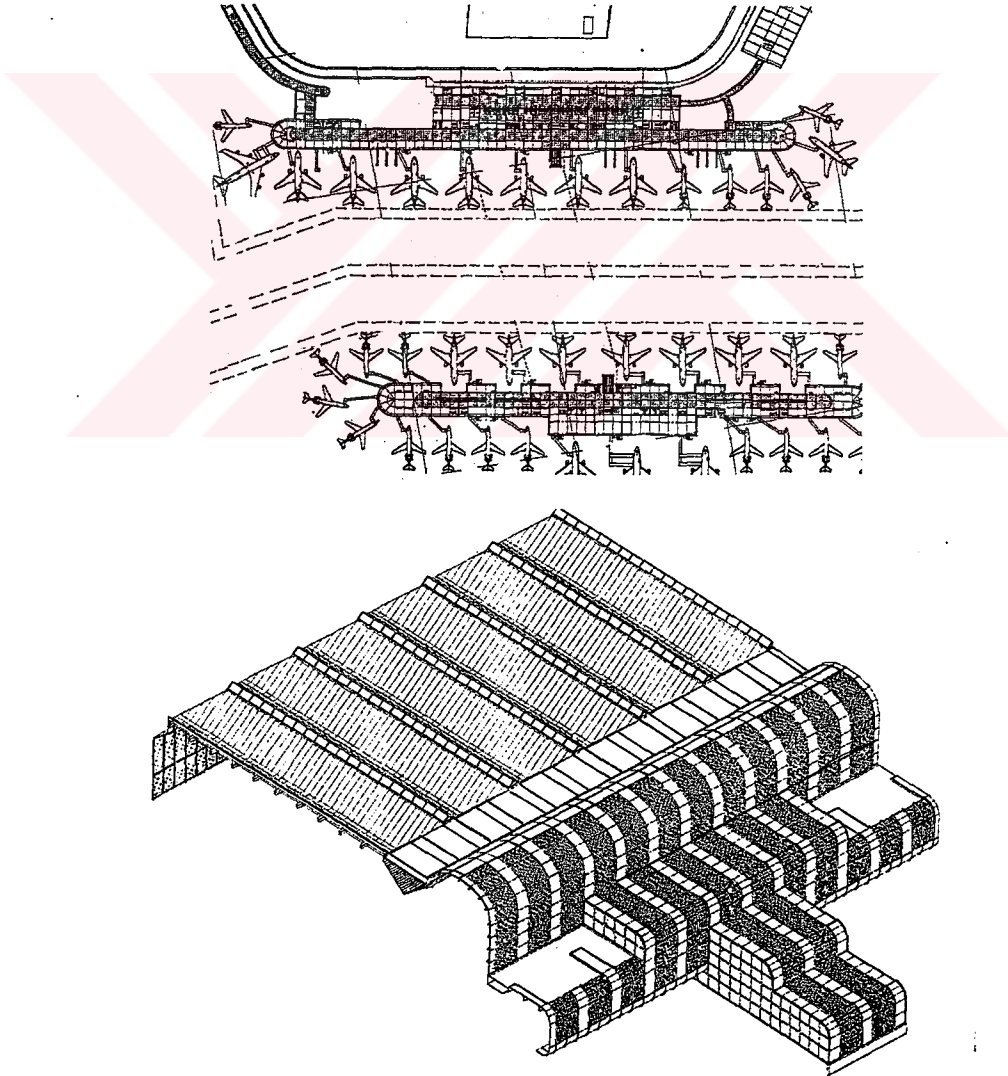
### 6.2.8.5 United Airlines Terminal Binası Murphy/Jahn, Chicago, 1998



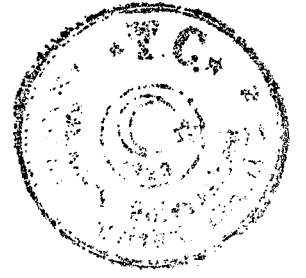
Yapı 36,5 m. genişliği geçmektedir. Terminalin genelinde kullanılan çelik taşıyıcılar sayesinde mekan genişlik ve ferahlık kazanmakta, ayrıca enerji tasarrufu yapacak şekilde güneş ışığının içeri girmesi de sağlanmaktadır.

Binanın yüksekliği tamamen yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde yükseklik artırılmış, tam giriş aksında yükseklik maksimumken iki uca doğru azaltılmıştır. Mekanlarda ritmi oluşturan çelik kemerler özellikle vurgulanmıştır.

Bina çelik sistem ile taşınmaktadır. Giydirme cephe de; alüminyum sandviç paneller ve önceden silikonlanmış reflektif camlar birlikte kullanılmıştır.



Şekil 6.2.21 United Airlines Terminal Binası [55, s:53]



Uygulanmış diğerk örnekler arasında;

- Palafolls Spor Merkezi, Arata İsozaki, Barcelona, 1991
- Nima Kum Müzesi, Sihn Takamatsu, Architec-Associates
- Tokyo Tatsumi Uluslararası Yüzme Merkezi, Mitsuru Senda
- Eviroment Design Enstitute, Japonya
- John Hancock Binası ABD, SOM, 1968
- World Trade Center, ABD, New-York, 1972
- Hava Kuvvetleri Akademisi Kilisesi, Colorado, Springs, ABD
- Skidmore, Owings, Merrill, 1961 vb. sayılmaktadır.

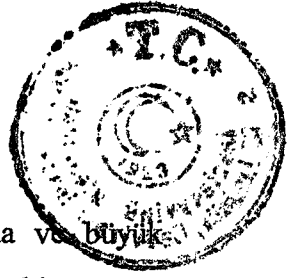
### 6.2.9 Değerlendirme

Uzay kafes sistemi çok geniş açıklıkları örtmek üzere yapılan, bütün öğeleri birbirine bağlı olan her doğrultuda bir bütün halinde çalışan üç boyutlu bir sistemdir. Sistem büyük açıklıkların örtülmesi ve kolonlarla kesilmeden sürüp gitmesi amacıyla tasarlanmakta ve örtü yüzeyi strüktürel bütünlük içinde göreve katılmaktadır. Kafes sistemler kullanılarak çok değişik ve çok etkin yük taşıyıcı elemanlar oluşturulmakta ve kafes sistemler mimari form içinde başarı ile yerini bulmaktadır.

Uzay kafes sistemler düzlem kafeslere oranla daha rijit olup konstrüksiyon yükseklikleri daha az olmaktadır. Üst ve alt başlıkları paralel olan uzay kafes sistemlerde, sistemin narinliği ve montajdan sonra düzgün görüntüsü üstünlük sağlamaktadır.

O dönemin örneklerinden J. Sualnier'nin Marn üzerinde Noisel'de 1971'de yaptığı Çikolata Fabrikası'nda çelik; ahşap karkastaki elemanların, Henri Labrouste'un 1958-68 yılları arasında gerçekleştirdiği Milli Kütüphane'de ise taş kemerlerin yerine daha etkin bir malzeme olarak ve henüz yeni ve kendine has bir strüktür anlayışı getirmeksizin kullanılmıştır.

Ancak 1989 Dünya Sergisi Makinalar Galerisi'nde ve Eiffel Kulesi'nde bu yeni malzeme geleneksel anlamda hiçbir eleman ve davranışa yer vermeksizin kendi olanaklarından çıkan boyutlar, sistem ve bu sistemin getirdiği formlarda mimarlık sahnesinde yerini almıştır.



Günümüz özellikle strüktürün ağır bastığı geniş açıklıklarda ve büyük boyutları kapsayan yapıların tamamında tümel form strüktürel formun bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bueckmister Fuller'in Montreal'de düzenlenen EXPO 67 için dizaynladığı ABD pavyonunun küresel formdu da yine strüktürden kaynaklanmıştır. Sistemi oluşturan çeşitli yönlerde dağılmış basınç ve çekme çubukları burada cephenin dokusunu oluşturarak ayrıca dekoratif bir etki de yaratmaktadır.

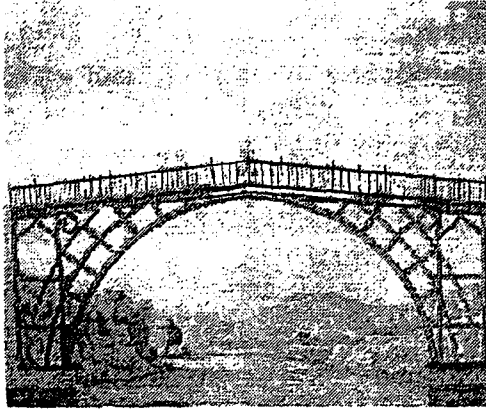
Türkiye'de Uzay Kafes Sistemler sadece büyük açıklıkları geçmekte kullanılan bir araç olmaktan çıkarılıp, mimari ile bütünleşen ve orijinal formların yaratıldığı bir sistem haline getirilerek kullanılmaktadır.

### 6.3 Kablolü Sistemler

#### 6.3.1 Tarihçesi ve Tanımlama

Doğal liflerden yapılmış halatlarla gerçekleştirilen asma köprüler kablo sistemlerin ilk örnekleri olarak çok eski devirlere uzanmaktadır. 1976 yılında James Finlay (Pensilvania, ABD) demir zincir halkalarıyla taşınan küçük asma köprüler yapmıştır. Bugünkü kullanımına yakın kablolu asma sistemlerin gelişimi 19.yy. Endüstri Devrimine paralel olarak ortaya çıkan çelik halatlar ve kabloların üretimiyle başlamıştır.

İngiltere'de Severn nehri üzerinde yapılan Coalbrookdale Köprüsü dünyanın ilk demir köprüsüdür. Beşik kemer olarak tasarlanan bu köprülerden her biri 21,50 m. olan iki parçadan oluşmaktadır.



Resim 6.3.1 Coalbrookdale Köprüsü [23, s:15]



İlk önemli asma köprü 1926'da Thomas Telford tarafından İngiltere'de yapılan Menai Boğazı köprüsüdür. 166 m. açıklık geçilmiştir. Bu köprünün asma taşıyıcıları, demir plakların perçin veya bulonla bir bisiklet zincirine benzeyen tarzda birleştirilmesiyle yapılmıştır.



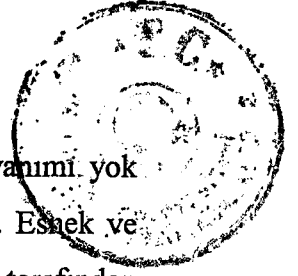
Resim 6.3.2 Menai Köprüsü [23, s:15]

19.yy.'ın sonlarında Rusya'nın Nizniv Novgorod kentinde Suchov tarafından ilk defa çelik kablolarla taşınan asma çatıların ilk uygulaması gerçekleştirilmiştir. Fakat bu konudaki ilk önemli uygulama örneği olarak Nowicki'nin 1952'de Raleigh Arena Binası kabul edilmektedir.

Kablo sistemlere doğadan örnek olarak örümcek ağları, file, hamak, balıkçı ağı vb.. gösterilebilir.

Yük taşıma işleminin kablolar tarafından gerçekleştirildiği, esas yüklerin ankraj noktaları arasına gerilmiş çekme elemanları tarafından taşındığı sistemler "kablolu sistemler" olarak tanımlanmaktadır.

Kablolu sistemlerin avantajları olarak sayılabilecek tüm özellikler bu sistemlerin hafifliğinden kabloların yüksek dayanımlarından ve çekmeye çalışan elemanlarda burkulma sorununun olmamasından kaynaklanmaktadır.



Strüktürel açıdan kablo terimi ile eğilme rijitliği ve basınç dayanımı yok denecek kadar az olan esnek çizgisel bir taşıyıcı öge ifade edilmektedir. Esnek ve bükülebilir olması nedeniyle kabloların biçimi dış etkiler ve iç kuvvetler tarafından belirlenmektedir [ 23 ].

### 6.3.2 Sistem Analizi ve Prensipleri

Kablolar bir taşıyıcı sisteminin esas elemanları olabileceği gibi yardımcı eleman olarak yüzeyleri germek veya büyük konsolları uçlarından bir çekirdeği asmak amacıyla da kullanılmaktadır. Çok sayıda kablonun çeşitli geometrilerde bir araya getirilerek tek veya çift eğrilikli ayrıık yüzeyler oluşturduğu taşıyıcı sistemlere “kablo sistemler” denir. Kablo sistemin yapım ögeleri şunlardır ;

**a)Kablolar :** Konstrüktif özellikleri yönünden kablo demetleri ve çelik halatlar, lif veya tel gibi ince çizgisel birimlerin birleştirilmesiyle yapılan elemanlardır. Kabloların kopma gerilmeleri, yapı çeliğın yaklaşık altı katına eşittir. Kablolar genellikle çelikten üretilmekte ve bunlar da tel grupları (demetler) ve çelik halatlar olarak iki ana başlık altında incelenmektedir. Kablo veya çelik halat üretiminde kullanılan tellerin çapları 0,5-6 mm. arasında değişmektedir.

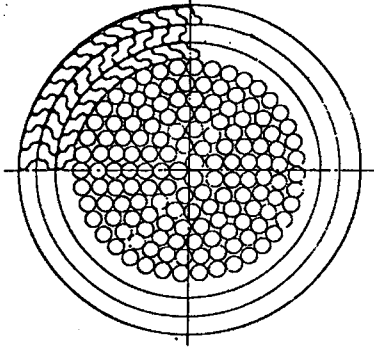
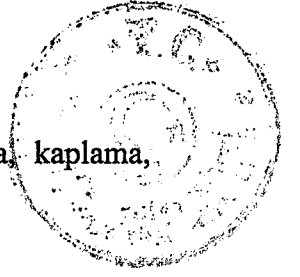
Asma sisemlerde kablo bükülebilien ve sadece çekme kuvvetlerini karşılayabilien bir strüktür sistem elemanıdır. Bugün kablo olarak kullanılan elemanlar;

-Tel grubu ; bir merkezi tel etrafında çevresel olarak sıralanmış bir veya daha çok tabakalı telden oluşmaktadır.

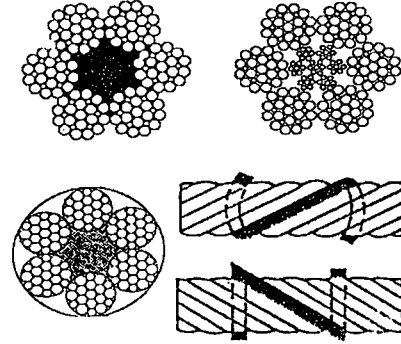
-Halat ; tel gruplarının bir çekirdek etrafında sarılmasıyla elde edilen elemanlardır.

-Paralel tel grupları; tellerden helisel olarak sarılmayıp paralel bir düzende bir araya gelmesi ile elde edilmektedirler [50].

Kabloların paslanmasını önlemek için galvanizasyon, boyama, kaplama, örtme gibi önlemler alınmaktadır [23].



Şekil : 6.3.1 Tel Grubu [23, s:22]



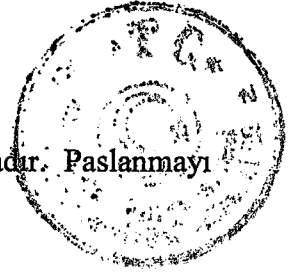
Şekil : 6.3.2 Çelik Halatlar [23 s:23]

**b)Düğüm Noktaları :** Kablo sistemlerin ana konstrüksiyon elemanları olan kabloları birbirine bağlayan, ek olarak çatı örtü elemanlarına mesnet oluşturan birleşim elemanlarına düğüm noktaları denilmektedir.

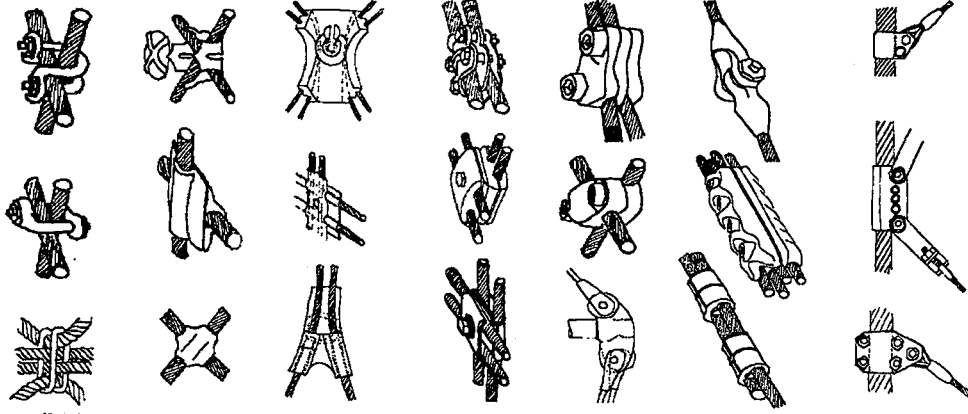
Düğüm noktalarının görevleri arasında kablo sisteminin geometrisini sabitleştirmek, sisteme ön gerilme verebilmesini sağlamak, çatı örtüsü ve ısıtma, tesisat vb. aygıtların asılmasını gerçekleştirmek sayılabilir. İki yada çok sayıda kablonun bir noktada bağlantısı bir düğüm elemanı ile gerçekleşmektedir.

Düğüm noktalarının tasarımı ve boyutlandırılması, bağlanacak kablonun çapına, taşınacak kuvvetlerin büyüklüğüne, ağ gözlerinin sonuç geometrisine bağlı olarak etkilenmekte ve buna göre belirlenmektedir. Taşıyıcı sistemlerde kullanılan düğüm noktaları çelik veya metal döküm olarak veya bir bütünden traşlanarak presleme yolu ile yapılmaktadır.

Ayrıca düğüm noktalarının yuvarlak oval, yumuşak keskin köşesiz biçimlerde tasarlanması açılı dönme sırasında kablo tellerinin kesilmesini nakliyat ve



montajda olabilecek hasarları önlemesi açısından önemli olmaktadır. Paslanmayı önleyici önlemler ek olarak düşünülmesi ve yapılmalıdır.

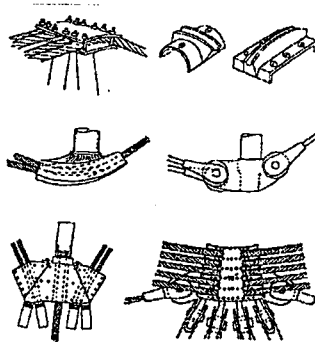


Şekil : 6.3.3 Düğüm Noktaları [ 23, s:27 ]

**c)Asılma Noktaları :** Asılma noktaları kabloların çekme kuvvetlerinin asılmanın yapıldığı yardımcı elemanlara aktarıldığı noktalardır. Kablolar genellikle uçlarından veya kablo ağı içinde birkaç noktadan asılmaktadır.

Asılmanın yapılabileceği yardımcı elemanlar; basınç çubukları, pylonlar, bir ucu mafsalı veya ankastre kolonlar vb., kemerler, çemberler, ön gerilmeli kenar kabloları, ankraj blokları, temeller vb. dir.

Asılma noktaları gerçekte bir düğüm noktası özelliğindedir. Fakat buradaki fark kablolardaki çekme kuvvetinin yukarıda açıklanan destek elemanlarından birine (genellikle basınca çalışan bir elemana) aktarıldığı mesnet noktaları özelliğinde olması, bu nedenle asılma noktalarının düğüm noktalarından büyük boyutlarda yapılması gerekmektedir.

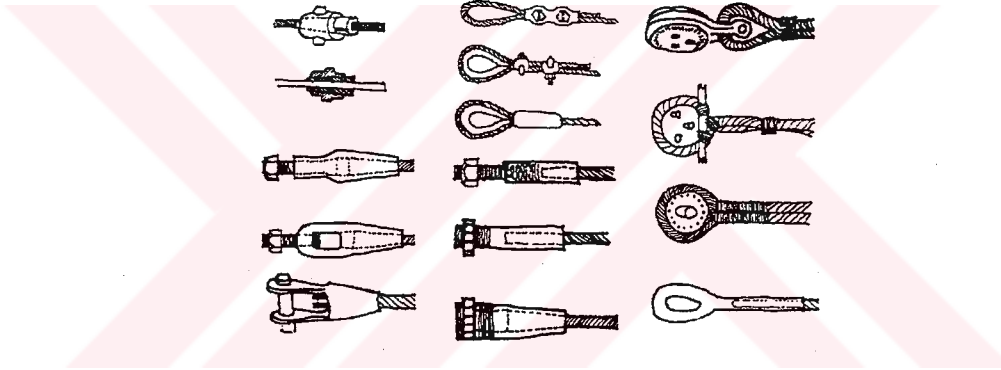


Şekil 6.3.4 Asılma Noktaları [23, s:28]



**d) Kablo Uçlarının Bitiş Olanakları :** Kablolar, uçlarından bir asılma veya düğüm noktasına veya başka bir kabloya bağlanacağı için, bitiş yerlerinde buntı sağlayacak ve kolaylaştıracak önlemler de gerekmektedir. Kablo ucu (bitiş olanağı) olarak tanımlanabilecek bir noktada kablo genelde bir destek elemanına tutturulmaktadır.

Bu olanaklar ; Özel bulonlu bir elemanla bitiş, özel sarmal bir elemanla bitiş, manşonlu, yüksüklü, ankraj halkalı bitiş olarak gruplandırılmıştır. İki tip bağlantı yaygındır. Yuvalı bitişte teller yuvaya yerleştirildikten sonra, ergimiş durumdaki saf çinko tüm telleri saracak şekilde yuvaya dökülmektedir. Gömme bitişlerde kablodan daha yumuşak çelikten yapılmış bir parçanın içine kablo yerleştirildikten sonra preslenerek bitiş sağlanmaktadır.



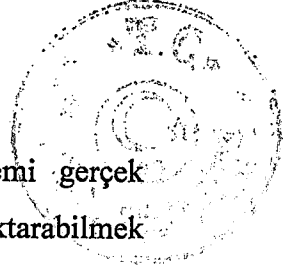
Şekil 6.3.5 Kablo Uçlarının Bitiş Örnekleri (23, s:29)

**e) Ağ Gözleri :** Kablo ağlarının kablolarla sınırlanan küçük geometrik şekilleri “göz” olarak adlandırılmaktadır. Bu gözler üçgen, dörtgen, altıgen şekillerinde olabilir. Kablo ağlarının geometrilerinde uzay strüktürlerin düzgünlüğü gerekmektedir.

**f) Ağ Kenarları :** Genellikle bir kablo sisteminin asılma noktalarının yer aldığı kenar kabloları ile sınırlandırıldığı, kablo ağı arasındaki büyük boşluklar veya bitiş yerleridir. Bir kablo ağının kenarları “etek” adı ile de tanınmaktadır. Ağ kenarlarına yük yığılması olacağından kenarlar pekiştirilmelidir.

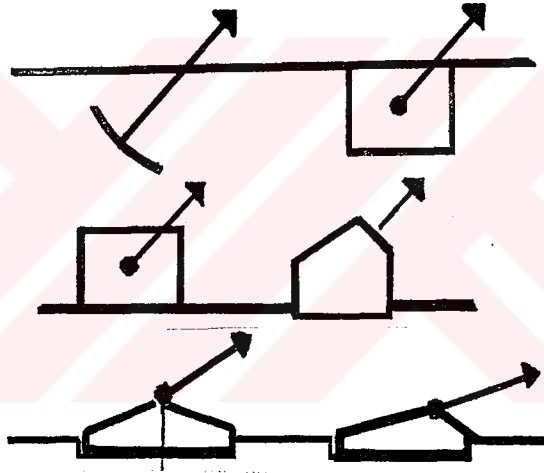
**g) Destek Elemanları :** Kabloların asıldığı kablo ağına öngerilme veren sistemi tümünden asmaya yarayan ve sonuç geometrilerini sabitleştiren elemanlar destek elemanlarıdır. Bu elemanlar genellikle rijit malzemeli eğilme ve basınç gerilmesi altında çalışan elemanlardır.





**h) Ankraj Elemanları :** Çekmeye çalışan bir taşıyıcı sistemi gerçek durumda tutabilmek, hafif olan taşıyıcı sistemin yüklerini zemine aktarabilmek için sistemin yere ankre edilmesi gerekmektedir.

Çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerde yükler zemine aktarıldığı gibi başka bir ortama, örneğin duba ve şamandıralar yardımıyla suya, yine balonlar aracılığı ile havaya aktarılabilir. Toprağa mesnetlemede klasik temellerden farklı olarak sonuç kuvvetler, dünyanın merkezine doğru değil, rüzgarın emme gücü ile yukarıya doğru gerçekleşmekte, bu nedenle daha çok sürtünme kuvveti oluşturacak bir düzen öngörülmektedir. Sürtünme ile sağlanan ankrajlar “hafif temeller”dir. Ankraj elemanları vidalı, beton presli ve burgulu kama tipli olmaktadır. Ağırlıkları ve kütleleriyle yükleri direnen temeller ise “blok temeller”(ağırlık temelleri) olarak tanımlanmaktadır.

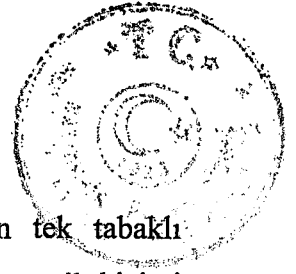


Şekil 6.3.6 Hafif Yapılarda Ankrajlar [23, s:31]

### 6.3.3. Taşıyıcı Sistem İlkeleri Açısından Kablo Sistemler

Yüklerin çoğunun destek elemanları tarafından gerilen kablolarca salt çekme kuvveti ile taşındığı strüktür sistemleri “kablo sistemler” veya “asma sistemler” olarak tanımlanmaktadır. Kabloların imal edildiği çelik tellerin yüksek dayanımları ile salt çekme gerilmesi ile etkilenen taşıyıcı öğelerin oluşturduğu statik avantajlar kablo sistemlerin etkinliğini doğuran nedenlerdir.

Kablo sistemler kabloların sistem içinde oluşturdukları geometriler yönünden “tek kablo sistemler”, “çift kablo sistemler”, “kablo ağları” olarak üç alt bölümde ele alınmaktadır.

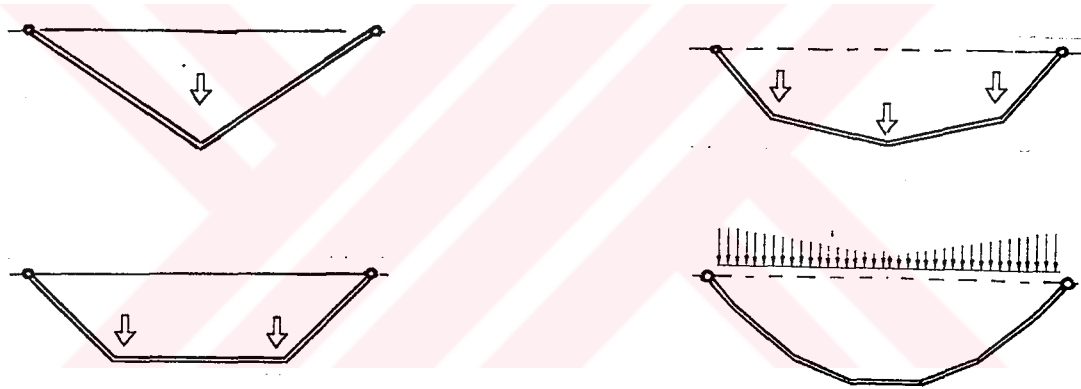


### 6.3.3.1 Tek Kablolü Sistemler

Sabit noktalar arasına asılmış kablolardan meydana gelen tek tabaklı düzenlemelere tek kablolu sistemler denir. Bilindiği gibi kablonun geometrik biçimi dış etkiler ve iç kuvvetler tarafından belirlenmektedir.

Kabloların yükler altında aldığı biçimler ip eğrisi adı altında incelenmekte, kablo etki eden yüke bağlı olarak önce bir çokgene daha sonra giderek bir parbole dönüşmekte ve kablo sarkarak yükü taşımaktadır.

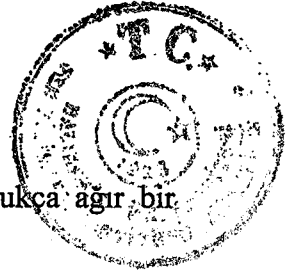
Tekil yükün altında üçgen bulunur. Bütün ip eğrilerinin biçimini yükler, etki noktaları ve ipin uzunluğu belirlemektedir. Tekil yüklerin sayısı artınca çokgen şekiller ortaya çıkmaktadır. Kabloların yük altında sarkmaları zorunlu olmakta, sarkma arttıkça kablolardaki çekme kuvveti azalmakta, buna bağlı olarak da mesnetteki tepki kuvvetleri küçülmektedir.



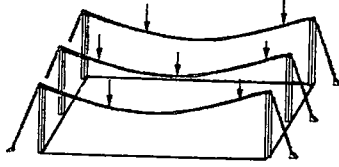
Şekil 6.3.7 İp Eğrileri [23, s:33]

Tek kablolu sistemlerde çatı ağırlığı  $40-60 \text{ kg/m}^2$  arasında değişmektedir. Geçilebilen açıklık ise  $45-90 \text{ m}$ . arasındadır [50].

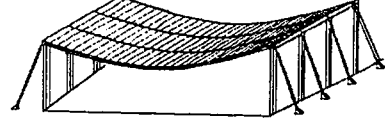
Bu sistemler sadece düşey yükler gözönünde tutularak dizaynlanmış, eğrilikleri zincir eğrisi formunda olan tek ve iki eğrilikli strüktürlerdir. Örtünün hafif olması halinde özellikle rüzgar gibi asimetric kuvvetlerin sistemde dalgalanma meydana getirmemesi için ek yük uygulanması veya örtünün rijit bir ters tonoz yapısında olması gerekmektedir. Saarinen'in Dulles Hava Limanı bu türde bir yapıya örnektir. O'Neil Ford'un Villita Toplantı Salonu taşıyıcısı ise merkezinde



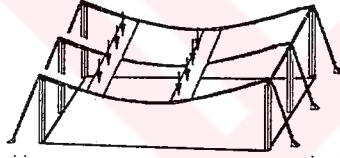
dalgalanmalara karşı dıştaki basınç çemberine kablolarla asılmış oldukça ağır bir çekme çemberi bulunan iki eğrilikli tek kablolu bir sistemdir [1].



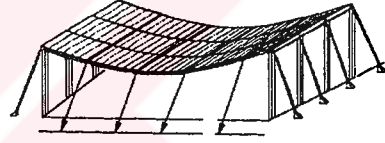
a- Kablolar enine doğrultuda bağlandıklarından her biri kendi başına çalışıyor.



c- Döşeme elemanları da kabloları birleştirerek çatıyı bir bütün olarak çalıştırıyor.



b- Enine elemanlar yardımıyla kablolar birlikte çalışmaya başlıyorlar.



d- Enine yöndeki kablolar yardımıyla ana kablolar birleştirilerek sisteme ön gerilme verilebilir

Şekil 6.3.8 Tek Kablolu Sistemlerin Statik Çalışması [23, s:38]

### 6.3.3.2 Çift Kablolu Sistemler

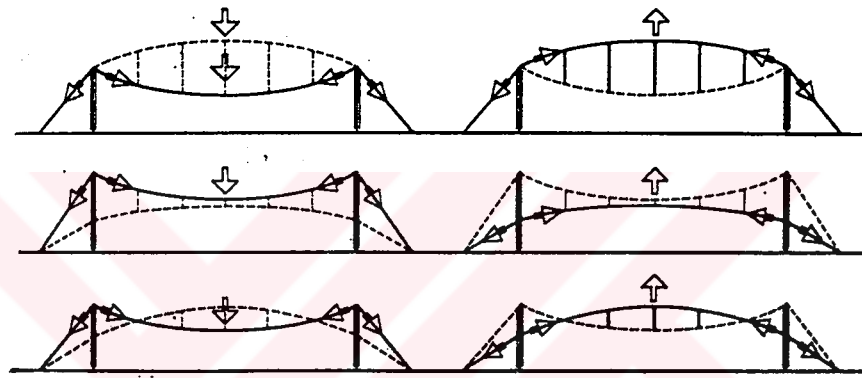
Düşey yükleri alan bir “asma kablosu” ile sistemde dalgalanma ve deformasyonlar doğurabilecek asimetrik kuvvetlere karşı sistemin rijitliğini sağlayan “betonarme kablosu” ve tüm sistem ile zemin arasındaki yük alışverişini sağlayan fleksibl ve rijit elemanlardan oluşmaktadır [1].

Tek kablolu sistemlerin rüzgar etkisi veya hareketli yükler karşısında rezonans (dalgalanma) eğilimi göstermesi bu nedenle de çoğu kez ağır bir çatı kaplaması gerektirmesi, çift kablolu sistemlerin gelişmesine yol açmıştır.



Çift kablolu sistemler ayrı düzlem içinde bulunan ve eğrilikleri birbirine göre ters durumda olan iki kablodan meydana gelmektedir. Çift kablolu sistemlerde kuruluş ve çalışma yönünden üç durum söz konusudur.

- Asma kabloları germe kablolarının altında (bağlantı elemanları rijit)
- Asma kabloları germe kablolarının üstünde (bağlantı elemanları fleksibl)
- Asma kabloları germe kablolarının kısmen altında kısmen üstünde (bağlantı elemanları rijit ve fleksibl) [1].



Şekil 6.3.9 Çift tabakalı asma sistemler

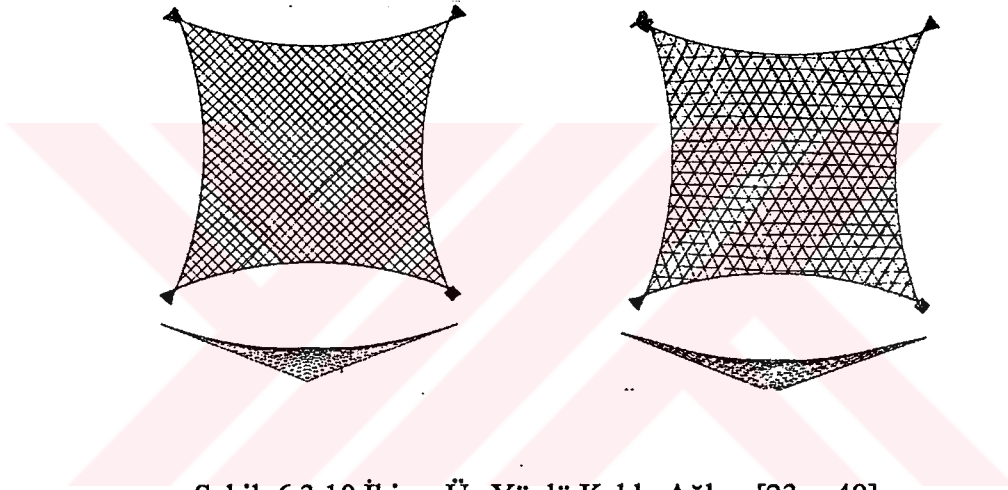
- 1-Asma kablolarının altında
- 2- Asma kablolarının üstünde
- 3- Asma kabloları germe kablolarının kısmen altında kısmen üstünde

Sistemi oluşturan asma ve germe kablolarıyla bağlantı elemanlarının belirlediği düzlemlerin durumuna göre “düz paralel”, “ışınsal” ve “mekansal” sistemler kurulabilmektedir. Dikdörtgensel mekanlar üzerindeki uygulamalarda Johanneshov (Stockholm) buz sporları salonunda görüldüğü gibi tek eğrilikli, dairesel mekanlar üzerindeki uygulamalarda ise Utica Memorial Oditoryum’u (NewYork) gibi çift eğrilikli ve çift katlı strüktürle elde edilmektedir. Bunlardan ilkinde asma kabloları germe kablolarının üstünde iken, ikicisin de altta, dıştaki basınç çemberi ile içteki çekme çemberi arasında yer almaktadır [1].



### 6.3.3.3 Kablo Ağı Sistemleri

Birbirlerini kesen kabloların meydana getirdiği taşıyıcı sistemlerdir. Kabloların yük etkisi veya herhangi bir nedenle yer değiştirmesini ve kaymasını önlemek için kesişme noktalarında birbirlerine düğüm noktaları ile bağlanmaktadır. Bir düğüm noktasından iki veya üç kablo geçerek asılma noktalarına kadar uzanmaktadır. İki yönlü bir ağda düğüm noktalarında iki kablo, üç yönlülerde üç kablo kesişmektedir.



Şekil 6.3.10 İki ve Üç Yönlü Kablo Ağları [23, s:49].

Düzdün bir ağ şeması düşünüldüğünde iki yönlü ağlar;

- a) Karşılıklı iki kenar arasında
- b) Köşegenler doğrultusunda düzenlenmektedir.

İlk durumda kablolar asal eğrilerin açıortayı doğrultusunda uzanmakta ve kablo uzunlukları birbirine yakın ölçülerde olmaktadır. Yapım ve montaj kolaylığı söz konusudur. Ancak deformasyon eğiliminin fazlalığından dolayı kablo taşıyıcı sistemlere uygun değildir [Şekil: 6.3.10 -a].



İkinci durumda, kablolar asal eğriler doğrultusunda yer aldıklarından sistem stabilitesi artmaktadır. Kablo uzunlukları ilk seçeneğe göre daha çok değişkenlik göstermektedir. Daha az deforme olmakta ve statik yönden daha etkin düzenlenmektedir [ 6.3.10-b ].

Üç yönlü kablo ağları statik açıdan bir diyafram yüzeyi gibidir. Kablo sistemin stabilitesine bağlı olduğundan ve üç yönlü ağın düğüm noktaları zor deforme olduğundan bu olasılık en ağır yüklenme koşullarına ve büyük açıklıklara uygundur [ 6.3.10-c ].

Rüzgar ve asimetrik yüklere direncinden ötürü kablo ağları, merkezi geniş hacimler, büyük açıklıklar için en fazla uygulanan, kablo sistemler içinde ve mimarlık uygulamalarında en önemli olan gruptur. Bunlarda da taşıyıcı ve stabilize kablosu olmak üzere iki tip kablo vardır.

Kablolar tamamen çekmeye çalıştıkları halde, bunların yüklerini karşılayıp mesnetlere aktaracak yardımcı elemanlara gerek vardır. En çok rastlanan yardımcı elemanlar; pilon, kolon, dikme, basınç kemerleri, basınç ve çekme çemberleri, kenar kabloları, betonarme perde duvarlar, betonarme veya çelik çerçeveler ve makaslardır [ 23 ].

Kablo ağı olarak düzenlenen asma sistemler herhangi bir biçimde bir planın örtülmesinde kullanılmakta ve mimarlara değişik form yaratma olanakları sağlamaktadır [ 50 ].

#### **6.3.3.4 İç ve Dış Çemberli (Radyal) Kablo Ağları**

Taşıyıcı kablolar merkezle kenar çemberi arasında sarkarken öngerilme için gerekli olan stabilize kabloları da dairesel eğriler üzerinde ağ çevresine benzer geometride kullanılmaktadır. O nedenle, böyle geometrideki düzenlemelere radyal kablo ağları adı verilmektedir. Dışta ve içte iki çember basınca çalışmaktadır.



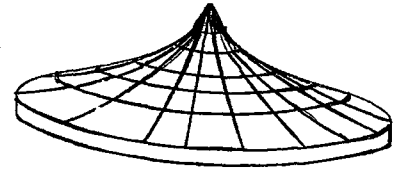
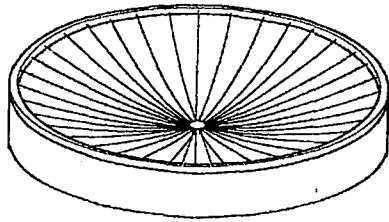
Kabloların yük taşınması için sarkmaları esas olduğu için dış ve iç çemberlerin farklı düzlemlerde yer almaları gerekmekte ve bu düzenlemede iç çember için üç konum söz konusu olmaktadır.

a)İç çember dıştaki basınç çemberinden daha alttadır. Bu durumda iç çember taşıyıcı kablolarla basınç çemberine bağlandığından iç çemberin kendi ağırlığı da kenara aktarılmaktadır.

b)İç çember kenar düzleminde üsttedir. İç çemberi taşıyacak bir ek elemana gerek vardır. Bu merkezi bir pilon tarafından desteklenme şeklinde veya çevre dolayındaki bir pilona asılma şeklinde olmaktadır.

c)Bir silindiri andıracak boyutlara dönüştürülen iç çemberin bir kenarı dış çembere göre altta, diğer kenarı üstte olmaktadır.

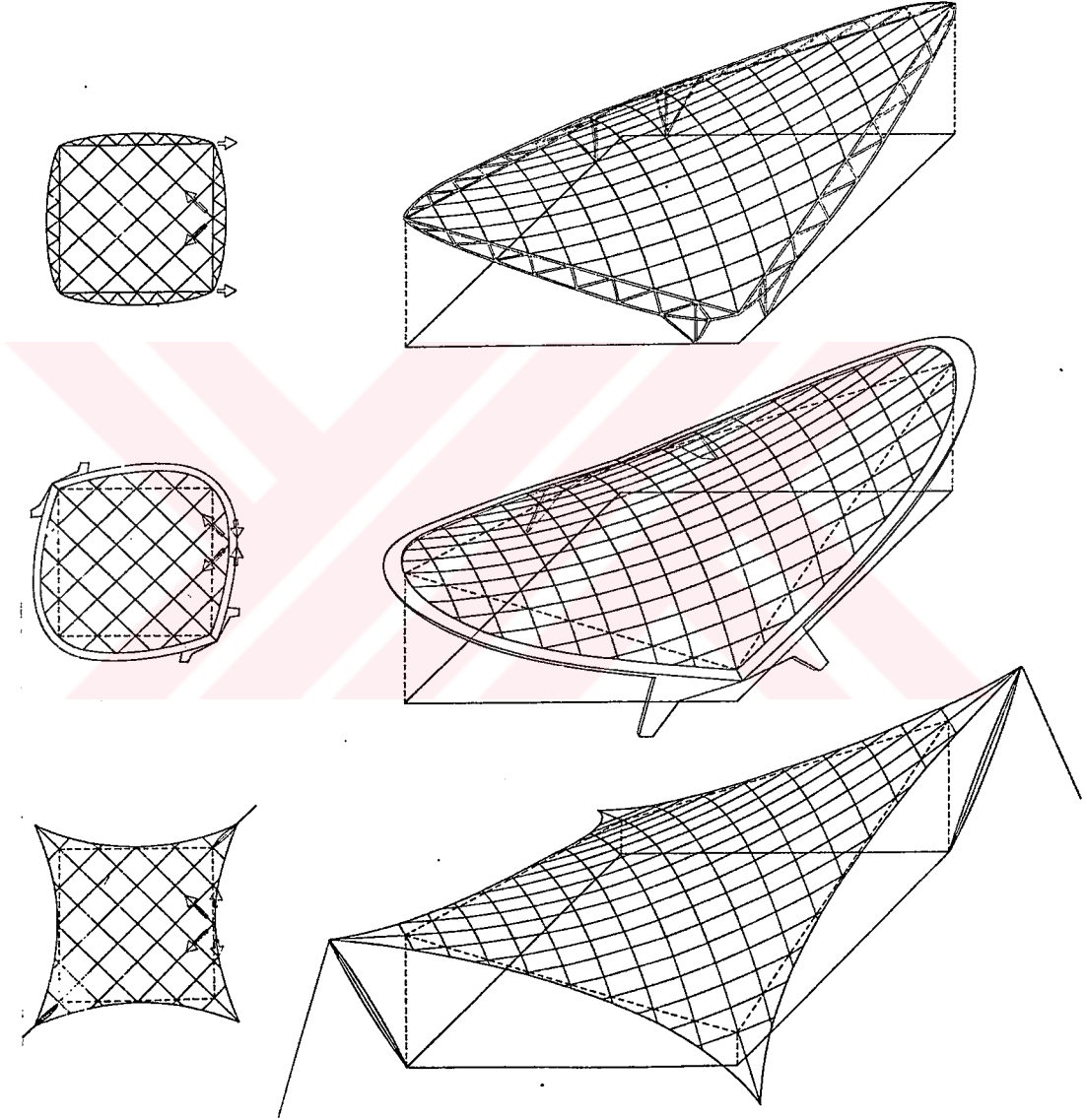
Anlatılan yaklaşımlarda tek kablolu olan sistemlerle çapı 90 m., çift kablolu olanlarla ise çapı 150 m.'ye kadar uzanan dairesel alanlar örtülebilmektedir.



Şekil 6.3.11 İç ve Dış Çemberlerin Konumları [23, s:62]



Ters eğrilikli kablo ağlarının değişik düzenlemeleri görülmektedir.

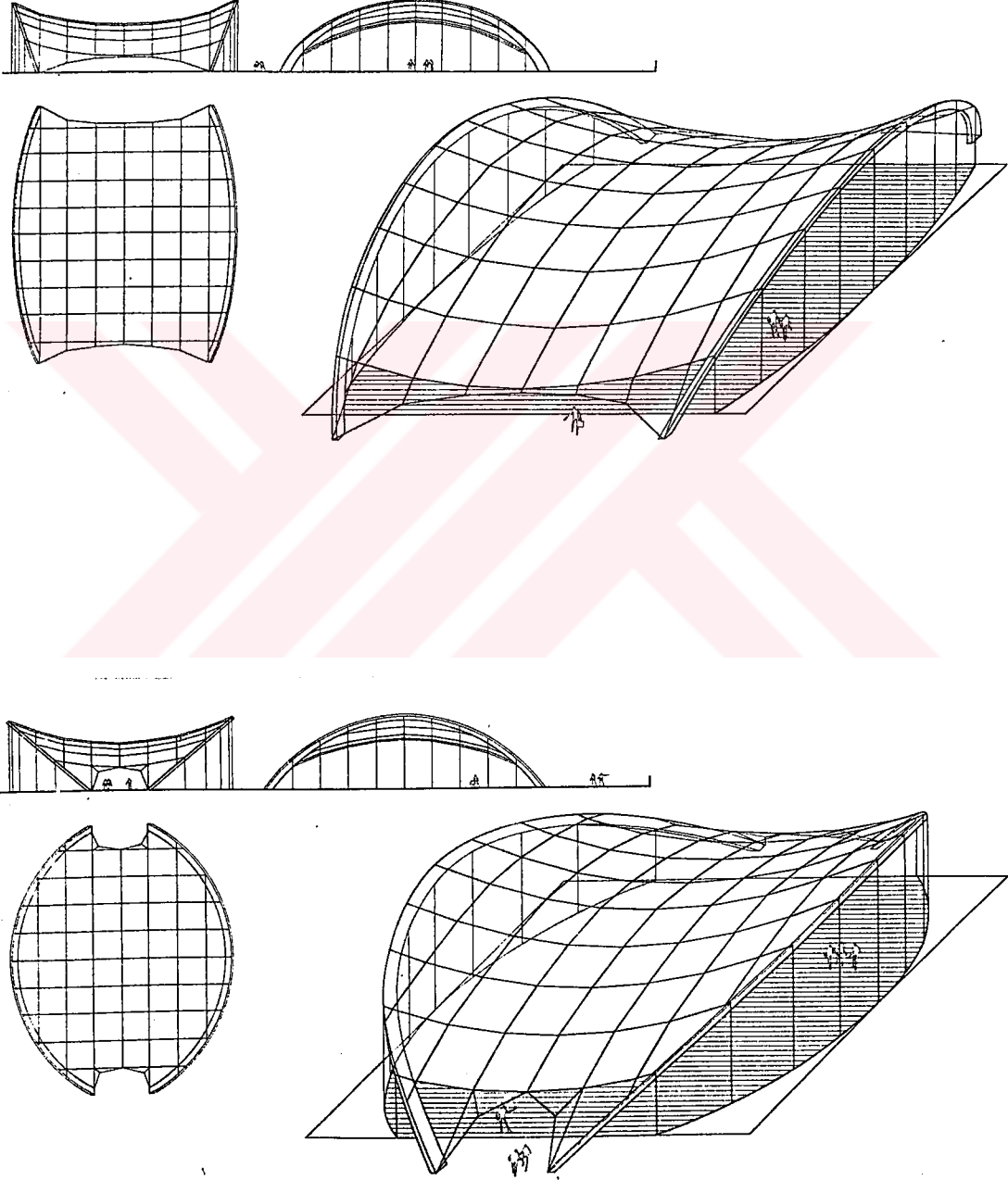


Şekil 6.3.12 Ters Eğrilikli Kablo Ağları [27, s:42]





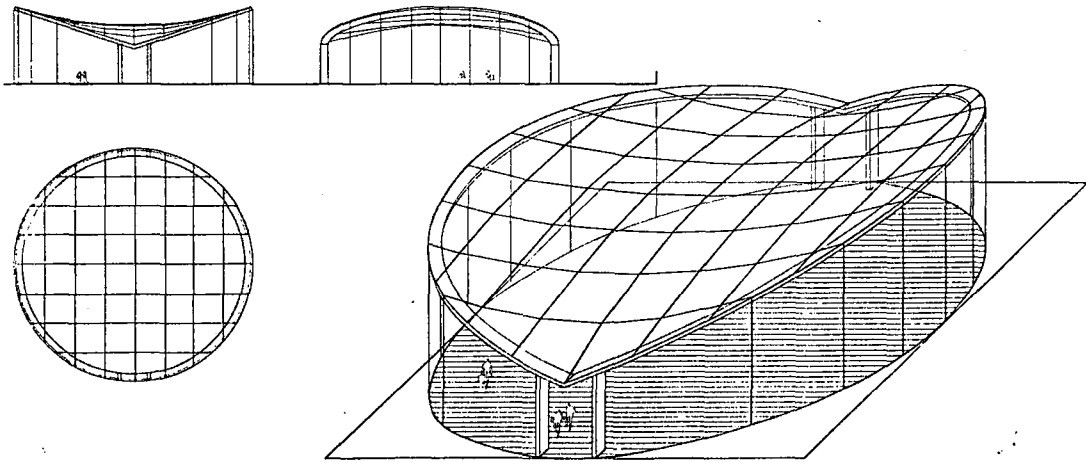
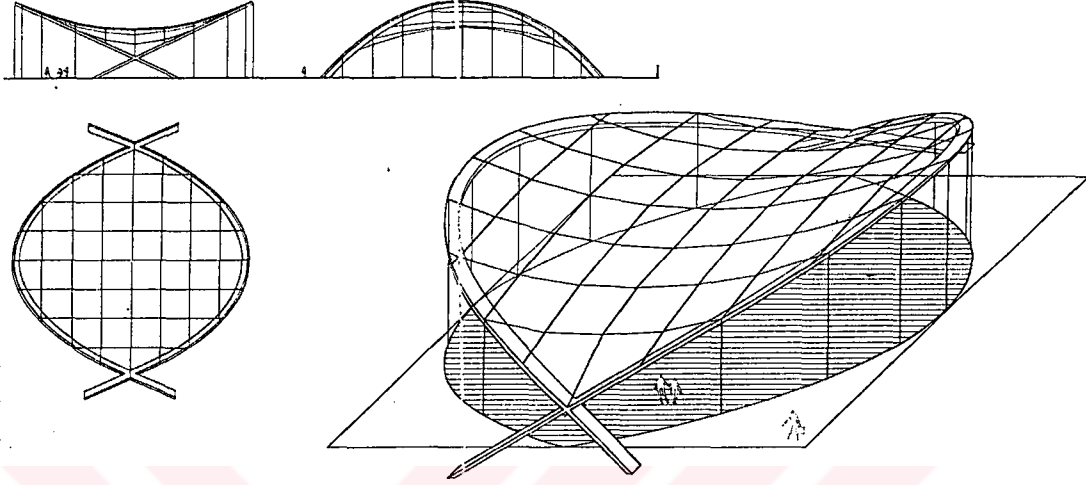
Dışarı doğru hafif eğimli ve taban noktaları içeri doğru çekilmiş yaylardan oluşan ters eğrilikli kablo ağlarının değişik uygulamaları görülmektedir.



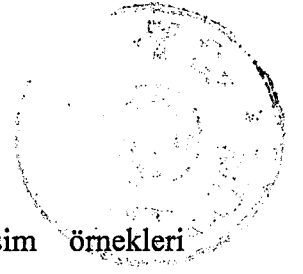
Şekil 6.3.13 Ters Eğrilikli Kablo Ağları [27, s: 46]



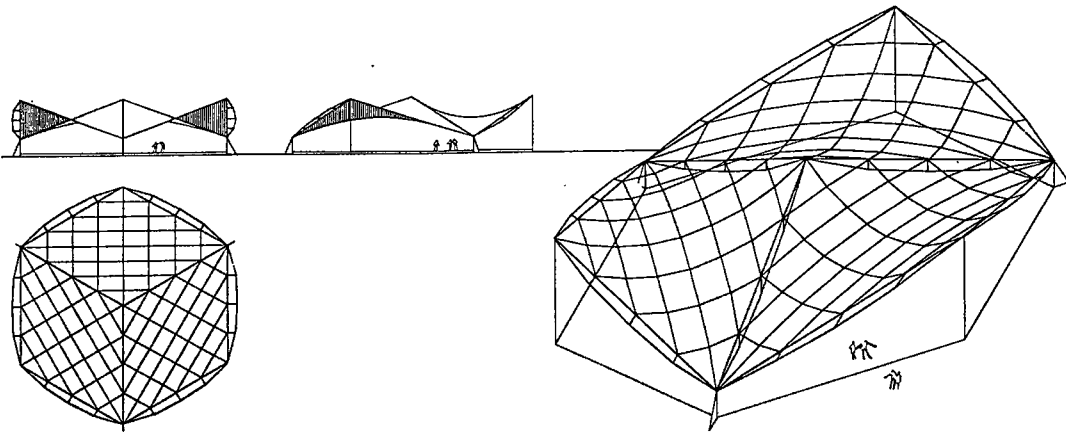
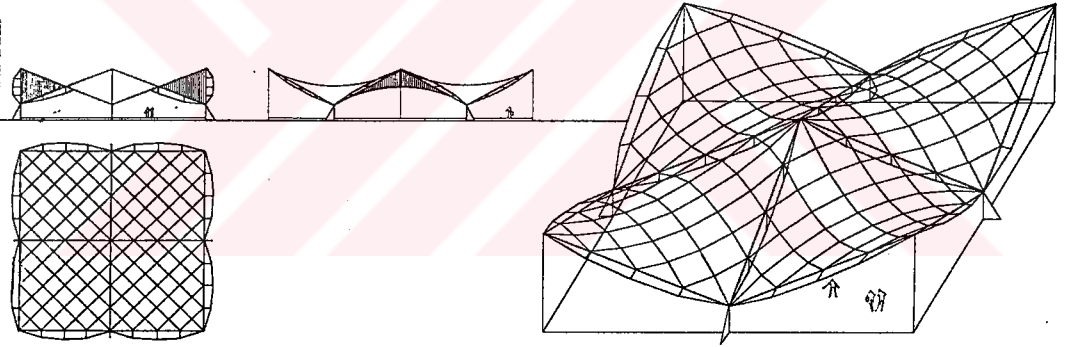
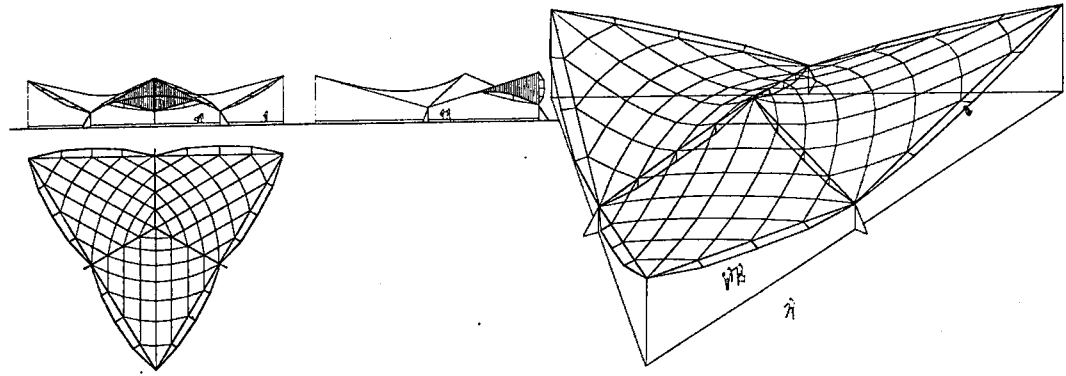
Yaydan taban halkasına geçişin ve tabanları üzerinde birbirini kesen eğik yayların uygulamaları görülmektedir.



Şekil 6.3.14 Ters Eğrilikli Kablo Ağları [27, s: 47]



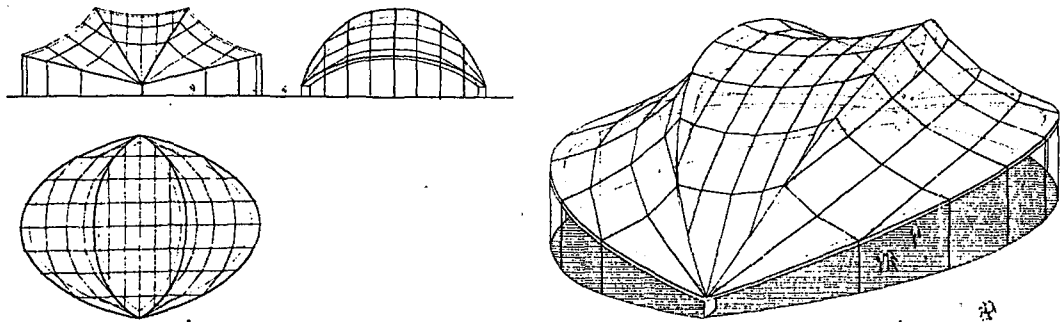
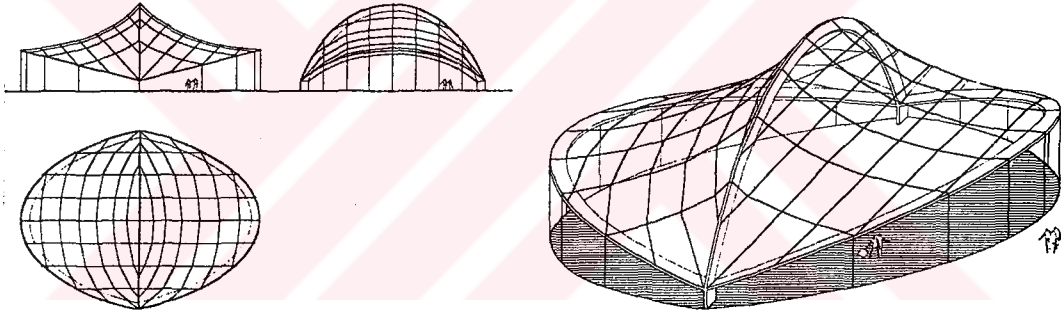
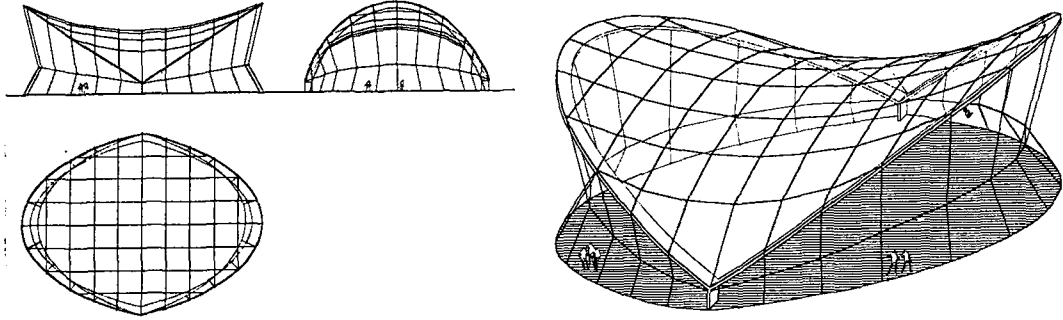
Ters eğrilikli kablo ağı ile düz kenarların birleşim örnekleri görülmektedir. Bunlar; kare plan üzerinde dört öge ve altıgen plan üzerinde üç ögeden oluşmaktadır.



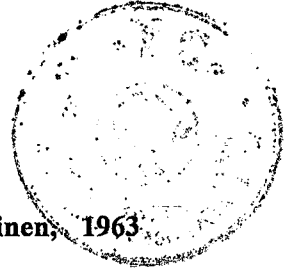
Şekil 6.3.15 Ters Eğrilikli Kablo Ağları [27, s: 48]



Sınır yaylı ters eğrilikli kablo ağlarının kombinasyonları görülmektedir.



Şekil 6.3.16 Ters Eğrilikli Kablo Ağları [ 27,s: 50]

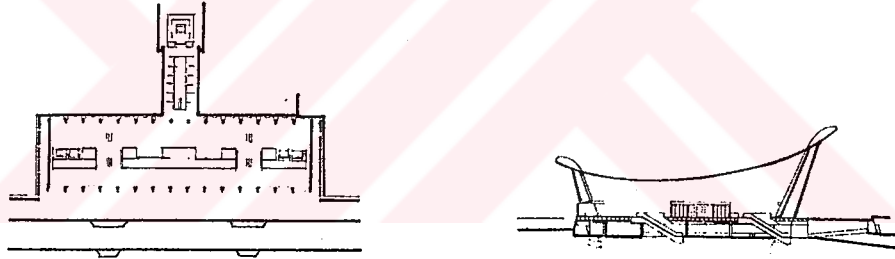


### 6.3.4. Kablolu Sistemlerin Uygulamaları

#### 6.3.4.1. J.F. Dulles Havaalanı Terminal Binası, Eero Saarinen, 1963

Washington

Tek kablolu sistemin örneklerinden birisi olan terminal binasında 45x180 m'lik dikdörtgen bir alan örtülmektedir. Kablolar pylon ucunda son bulmuş aks aralıkları 12 m. olup zemine ankastre olarak mesnetlenmiştir. Ön cephedeki pylonlar daha yüksek yapılarak giriş vurgulanmış, asimetrik bir görünüş elde edilmiştir. 2,5 cm. çaplı kablolar 3 m. uzunluktaki prefabrike hafif beton çatı plaklarını taşımaktadır. Kabloların üzerine aralıklı yerleştirilen prefabrike plakların arasına ve üstüne beton dökülmeden önce çatıya kum torbalarıyla bazı safralar yüklenmiş ve beton prizini kazandıktan sonra bu safralar kaldırılarak çatıya öngerilme verilmiştir [23].



Şekil 6.3.17. J.F. Dulles Havaalanı Terminal Binası [ 23, s: 39]

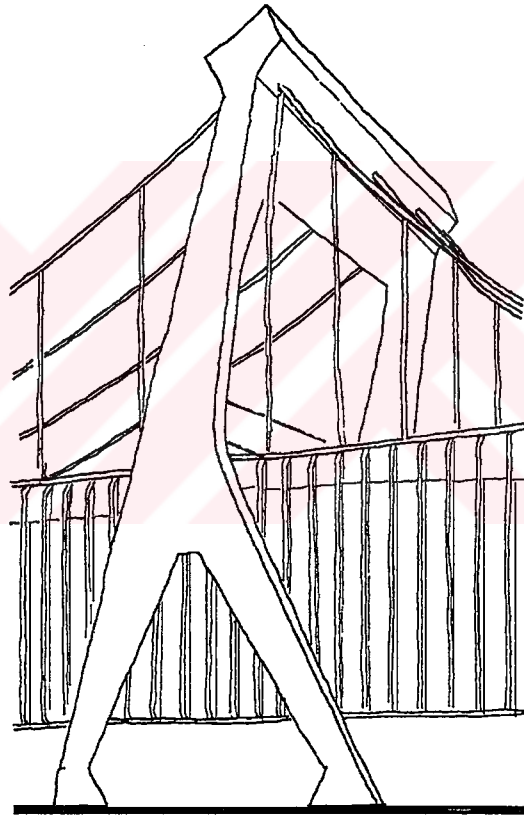
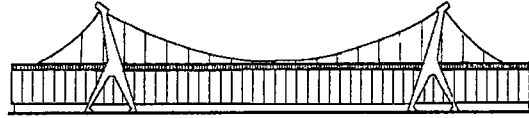
#### 6.3.4.2. Mantua Kağıt Fabrikası, Pier Luigi Nervi, Mantua, İtalya

Montua kenti dışında 80.000 m<sup>2</sup> lik alana inşa edilmiştir. 250 m. uzunluk 30 m. derinliğe sahip olan bu dikdörtgen alanın örtülmesi için Nervi'nin çözümü bir asma köprüyü andıran ve 50 m. yüksekliğinde, ayakta duran insana benzeyen dört adet pilona asılan ana kablolarla çelik çerçeveleri taşımak doğrultusunda olmuştur. Karşılıklı iki pylon üst başlarından ve ortalarından betonarme kirişlerle birleştirilmiştir.



Çatı düzleminde 10'ar metre aralıklarla dört adet çelik çerçeve kullanılmış ve çelik çerçeveler birbirine köşegen elemanlarla birleştirilmiştir. Geçilen kritik açıklık dikdörtgenin uzun aksında 163 m.'dir. Ancak pylonlardan sonra her iki tarafa 43 m.'lik konsol çıkılmıştır. Pylonlar kısmen hazır, kısmen yerinde üretim yöntemiyle üretilmiştir.

Mantua Kağıt Fabrikası tek kablolu sistemlerin örneklerindedir. [23]



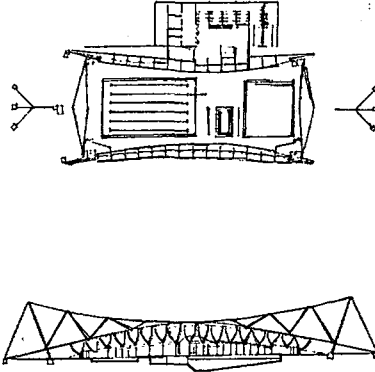
Şekil 6.3.18. Mantua Kağıt Fabrikası [ 23,s : 41]

#### 6.3.4.3. Değişebilir Yüzme Havuzu, Canduner, Ghiulamila, Jawerth, 1969, Fransa

Salon 24 m x 64 m.'lik bir dikdörtgen alan olup 76 m. uzunlukta bir çift kablo sistemle geçilmiştir. 9 adet çift kablolu makas, dışa doğru eğik dikmeler arasında gerilmiş ve kablolar temele kadar uzatılarak dikmeye aksel yüklerin



gelmesi hedeflenmiştir. Çatı alanı  $1550 \text{ m}^2$ 'dir ve uygun iklim koşullarında çatı kısmen açılabilir [23].



Şekil 6.3.19. Değişebilir Yüzme Havuzu, Fransa [23, s: 43]

#### 6.3.4.4. North Carolina, State Fair, Nowicki, Deitrick, Severud, Elstad, Krueger, Raleigh, ABD

1950 yılında tasarlanmış 1953 yılında tamamlanmış, 97 m. uzunlukta ve 92 m. genişlikte bir spor salonudur. Kablo ağlarının ilk ve önemli uygulamalarındandır. Semer eğrilikli olan kablo ağı, iki parabolik kemer arasında gerilmekte ve kemerler çelik kolonlarla desteklenmektedir. Ağ gözleri yaklaşık 150 cm. dolayındadır. Taşıyıcı kabloların çapı 18-32 mm, stabilite kabloların çapı 12-18 mm. arasındadır. En büyük açıklık 91,44 m. maksimum sarkma 9,54 m. dolayındadır.

Çatı kaplaması, oluklu saç levha üzerine konulan ısı izolasyonu ve bütümlü tabakadan oluşur. Kablo ağının kendi ağırlığı  $39 \text{ kg/m}^2$ 'dir. Bu çatı betonarme kabuk olsaydı 6 cm. kalınlıkta  $160-170 \text{ kg/m}^2$  ağırlıkta olacaktı. Kablo ağları kural olarak ağır çatı gerektirmemektedir [23].

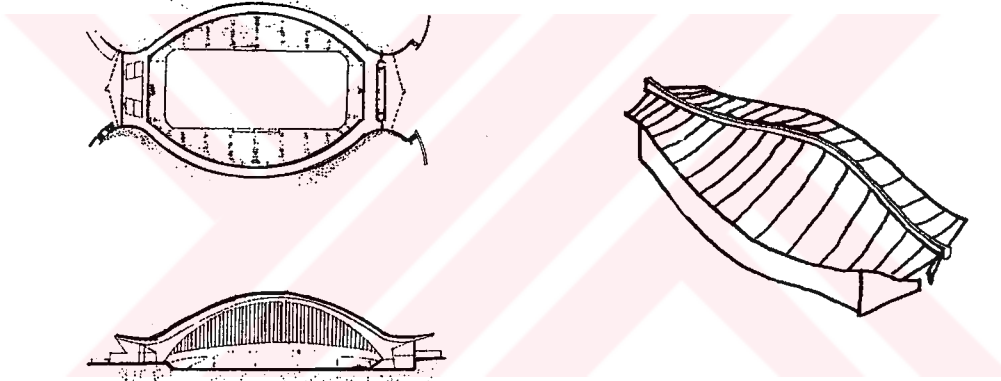


Şekil 6.3.20. North Carolina Eyalet Fuarı [23, s: 52]



**6.3.4.5. Ingalls Buz Hokeyi Binası, Eero Saarinen, Severud, Perrone, Sturm, Yale Üniversitesi, New Haven , ABD**

1958'de bitirilmiş olan bu bina, salonun ortasından geçen merkezi tek bir kemerin iki yanında yer alan iki ayrı semer yüzeyinden oluşmaktadır. 67 m. uzunlukta ve 55 m. genişliktedir. Taşıyıcı kablolar, bir uçlarından salonu ikiye ayıran kemere, diğer ucundan kenardaki perde duvarları tarafından taşınan kirişlere ( yatay kemerlere) asılmıştır. Kablo çapları 24 mm'dir. Öngerilmeyi sağlayan stabilite kabloları kemerin iki ucundaki çelik çerçeveler arasında uzanmaktadır. Kablo ağının üzerine 5 cm.-22 cm. ebadında ahşap elemanlar, ısı izolasyonu ve bitümlü yalıtım tabakaları gelmektedir [23].



Şekil 6.3.21. Ingalls Buz Hokeyi Binası [ 23, s: 52]

**6.3.4.6. Tokyo Büyük Olimpiyat Stadyumu, Kenzo Tange, Y. Tsuboi, M. Kawaguchi, Tokyo, Japonya, 1964**

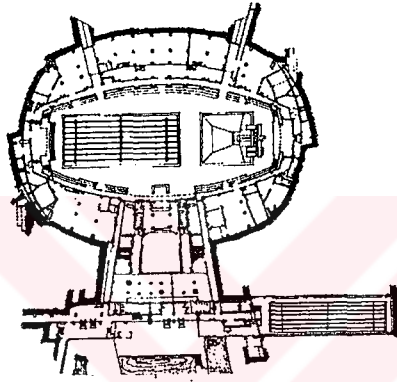
1964 yılında Tokyo Olimpiyatları için yapılmıştır. 15.000 seyirci kapasiteli büyük salon 126 m. uzunluk ve 65 m. genişlikte bir çatı ile örtülmektedir. Sistemin destek elemanları iki pilon, bu iki pilon arasına yerleşen iki kenar, kablosu ve en dışta yer alan iki yatay kemerden oluşmaktadır. Kenar kabloları 33 cm. çapında olup 58 mm. çaplı 31 tel grubu ile 34.5 mm. çaplı 6 tel grubunun paralel sıralanması ile yapılmıştır. Çelik tellerin çekme emniyet dayanımı 150 kgf/cm<sup>2</sup> olarak alınmıştır.





Kenar kablolarının en büyük sarkması 9,63 m. olup ortada birbirlerinden 16,80m. kadar ayrılmaktadır.

Kenar kablolarından yatay kemerlere uzanan doğrultuda sarkma okunun çok küçük olması, kablodaki çekme kuvvetini çok fazla artırıp ekonomik sınırları aşacağından burada kablo yerine çelik I profiller kullanılmıştır. Diğer doğrultuda ise 44 mm. çaplı kablolar yerleştirilmiş ve çatı 4.5 mm. kalınlıkta metal saçlar ile kaplanmıştır [23].



Şekil 6.3.22. Tokyo Büyük Olimpiyat Stadyumu [23, s:53]

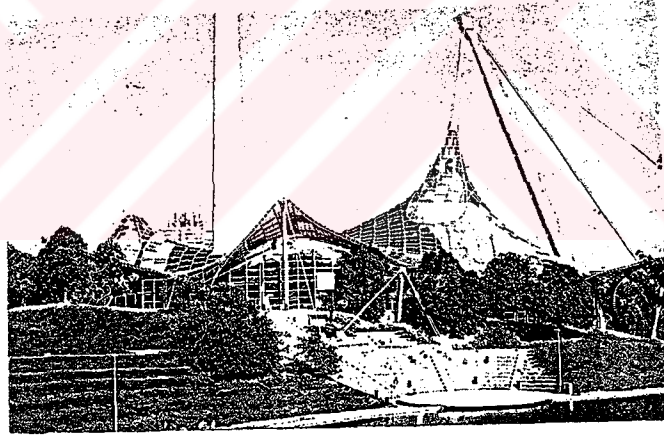
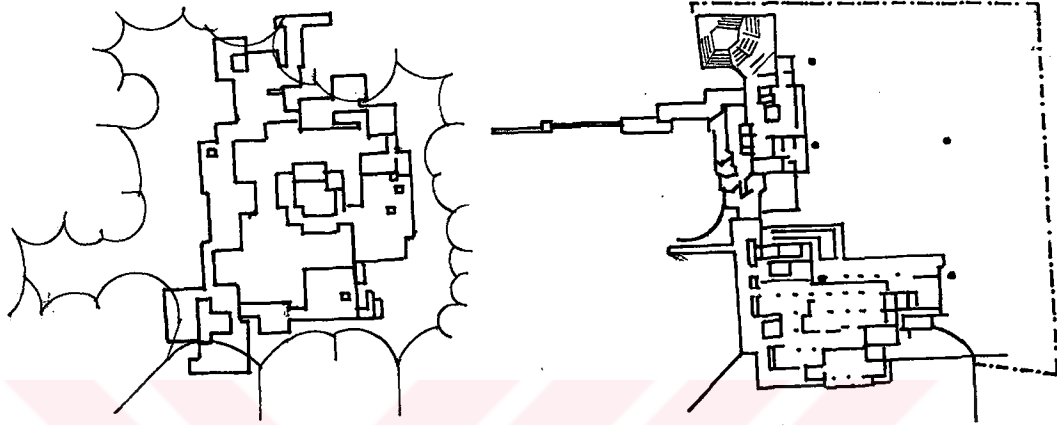
#### 6.3.4.7. Batı Almanya Pavyonu, Gudbrod, Kendel, Frei Otto, Leonhardt Andra, Montreal, 1967

Yapıldığı yıllarda hafif yapıların en güzel ve gelişmiş örneklerinden birisi olarak kabul edilen bu pavyon, sekiz çelik pilon tarafından noktasal desteklenen bir membran sistemdir. Kablo takviyeli membran sistem olarak adlandırılan bu yapıda örtülen alan 8000 m<sup>2</sup> dolayındadır. Ana pilonla diğer pilonlar arasındaki en büyük açıklık 55 m. en uzun pilon 39 m. yüksekliktedir.

Membran örtü 0,8 mm. kalınlığında polyester kökenli trevia bezinden imal edilmiş ve her iki yüzü çok ince bir PVC tabakası ile kaplanmıştır. Örtü zemin üzerinde düz olarak hazırlanıp sonradan gerilmiştir. Membran örtü %50 dolayında ışık geçirgenliğine sahiptir.



Esas taşıma işlevini yüklenen taşıyıcı ve stabilite kablolarından oluşan iki yönlü kablo ağı membran örtününün 30 cm. üzerinde yer almakta ve bu örtüye gelen rüzgar ve kar yüklerini de taşımaktadır. Kablo ağı pylonlar ve kenar kabloları yardımıyla öngerilmekte, çadır 34 noktadan zemine ankre edilmektedir [23].



Şekil 6.3.23. Batı Almanya Pavyonu [23, s: 57]

#### 6.3.4.8. Münih Olimpiyat Stadyumu, Bennis, Frei Otto, Almanya 1972

1972 Olimpiyat oyunları için Münih'te yapılan sitede kablo ağı ile 74800 m<sup>2</sup>'lik alan örtülmüştür. Tüm olimpiyat kompleksinde kullanılan kabloların uzunluğu 210 km. düğüm noktalarının sayısı 137.000 olmuştur. Bu kapsamda 25.000 kişilik olimpiyat salonu, 9.000 seyirci kapasiteli yüzme salonu, 80.000 kişilik futbol

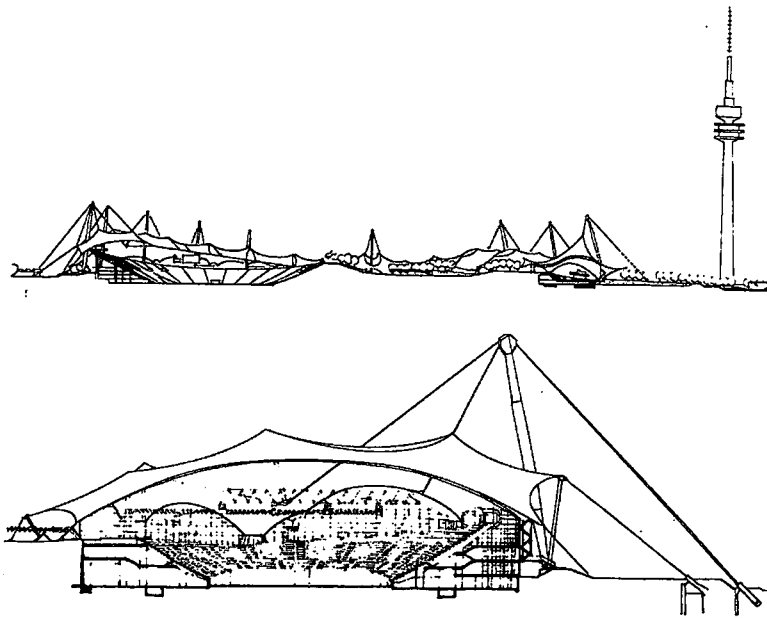


stadyumu gibi yapılar bulunmaktadır. Burada bunlardan en ilgi çekici olan futbol stadyumunun çatısı ayrıntılı incelenmektedir.

Bir elips parçası şeklindeki alan, yapım kolaylığı sağlayabilmek amacıyla Frei Otto'nun önerisi üzerine her biri birbiriyle aynı, dokuz bölüme ayrılmış, her birim bir pylon ve kenar kablolarıyla desteklenen ters eğriklikli bir yüzeyle örtülmüştür.

Eksenel basınçtan etkilenen 56 pylonun 12'si 7-25 m. değerleri 40-81 m. uzunluktadır. Pylonların çapları en fazla 3.5 m. olup et kalınlıkları 40-70 mm. arasında değişmektedir. Kablo ağı 75x75 cm'lik bir ızgara oluşturmaktadır. Montreal'deki Alman Pavyonu'nda membran bezden oluşan çatı örtüsü, kablo ağından 30 cm. aşağıda iken bu kez 3 x 3 m'lik 4 mm. kalınlığındaki akrilik paneller kablo ağının üzerine oturtulmuştur. Paneller renklendirilip, ışık geçirgenliği azaltılmış, ısıya karşı direnci artırılmıştır. Ayrıca belirli kesimlerde örneğin yüzme havuzunda 10-14 cm. kalınlığında poliüretan köpüklü "sandviç" plak kullanılmış bir asma çatı ile ısı izolasyonu artırılmıştır. Asılma noktaları dökme çelikten olup en ağırı 27 ton çekmektedir.

Mühh Olimpiyat Stadyumu strüktüründe ince, zarif, hafif görünümlü membran örtü ile devasa boyutlarla basınç elemanlarından oluşan iki ayrı sistemin özellikleri göze çarpmaktadır.



Şekil 6.3.24. Mühh Olimpiyat Stadyumu [ 23, s: 59]



#### 6.3.4.9 Stuttgart Üniversitesi Hafif Yapı Enstitüsü, Otto, Burkhardt, Minke,

1966

17 m. yükseklikte ve 42 cm. çapındaki merkezi bir pylon ve kenar kabloları yardımıyla öngerilmesi sağlanan bu kablo ağı 11 noktadan zemine ankre edilmiştir. Bu şekliyle merkezden tek bir pylonla desteklenen, modern bir çadır görünümündedir. Kablo ağı 460 m<sup>2</sup>'lik bir alanı örtmektedir.

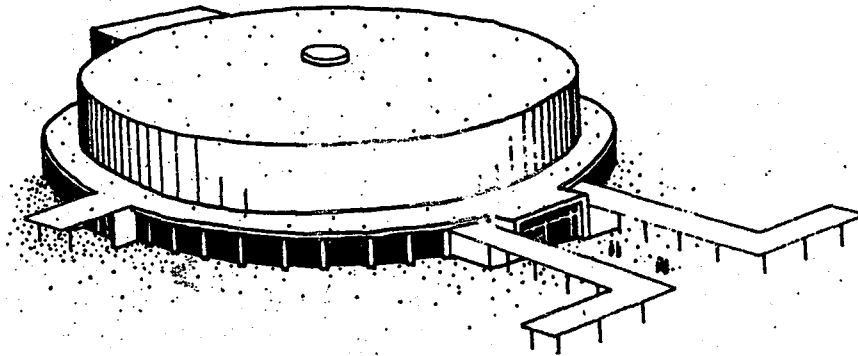
50 cm. aralıklarla döşenen taşıyıcı kablolarla stabilite kabloları 12 mm. çapında, kenar kabloları ise 54 mm. çapında galvanizli tel gruplarından oluşmaktadır. Çatı örtüsü içten dışa doğru sırasıyla ahşap rabita, polietilen folyo, mineral yünü, ahşap rabita, bitümlü karton ve eternit plaklardan meydana gelmektedir [23].



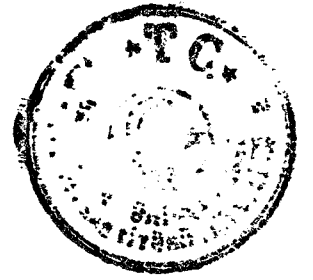
Şekil 6.3.25. Stuttgart Üniversitesi Hafif Yapı Enstitüsü, 1966 [23,s: 6]

#### 6.3.4.10 Utica Toplantı Salonu, Gehron Seltzer, Utica, ABD, 1959

Basınç ve çekme halkalarının kullanıldığı asılı bir radyal kabuktan oluşmuştur. Kablolar 75 m. çapındaki basınç halkası ile 6 m. aralıklarla yerleştirilmiş iki çekme halkası arasında yer almaktadır. Kablo stabilitesi alt ve üst kablo düzlemleri arasındaki çubuklarla sağlanmıştır. Çubukların kullanılmasıyla kablolar gerilme verilmiş ve kabloların hareketi ve titreşimi önlenmiştir.



Şekil 6.3.26. Utica Toplantı Salonu [25, S: II 23]



### 6.3.5 Değerlendirme

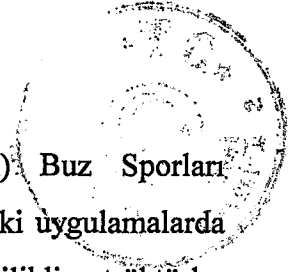
Yük taşıma işleminin kablolar tarafından gerçekleştirildiği esas yüklerin ankraj noktaları arasına gerilmiş çekme elemanları tarafından taşındığı taşıyıcı sistemler “Kablo Sistemler” olarak tanımlanmaktadır. Eğilme rijitliği çok küçük olan çekme etkisinde kalan, kablolarla meydana getirilen asma sistemlerle büyük hacimler mesnetsiz olarak örtülebilmektedir. Asma bir sistem çelik taşıyıcı sistemden on kez, betonarme sistemlerden ise yüz kez daha hafiftir. Çelik kablolar yalnız çekmeye çalışmakta, burkulmadan etkilenmedikleri için kesitler ekonomik olarak elde edilmekte ayrıca klasik yapı sistemlerinin tersine, açıklıklar arttıkça yapı maliyeti düşmektedir.

Tek eğrilikli tek kablolu asma sistemlerde çatı plaklarının doğrudan doğruya kablolar üzerine oturtulması halinde, açıklıklar 30-60 m. arasında değişmektedir. Çatı döşemesinin askı çubukları ile kablolarla asılı olduğu durumlarda ise bu değerler 45-90 m.’yi bulmaktadır. Çift eğrilikli tek kablolu asma sistemler ise 90-150 m. arasındaki açıklıklarda kullanılmaktadır.

Tek tabakalı sistemler sadece düşey yükler gözönünde tutularak dizaynlanmış, eğrilikleri zincir eğrisi formunda olan tek veya iki eğrilikli strüktürlerdir.

Örtünün hafif olması halinde ek yük uygulaması veya örtünün rijit bir ters tonoz yapısında olması gerekmektedir. Saarinen’in Dulles Havaalanı binasının üst örtüsü bu türde yapıya örnektir. O’Neil Ford’un Villita Toplantı Salonu’nun taşıyıcısı ise merkezinde dalgalanmalara karşı dıştaki basınç çemberine kablolarla asılmış, oldukça ağır bir çekme çemberi bulunan iki eğrilikli tek tabakalı sistemden oluşmaktadır.

Çift tabakalı asma sistemler, sistemi meydana getiren asma ve germe kablolarıyla bağlantı elemanlarının belirlediği düzlemlerin durumuna göre düz paralel, ışınsal ve mekansal sistemler olarak sınıflandırılmaktadır. Dikdörtgensel



mekanlar üzerindeki uygulamalarda Johanneshov (Stockholm) Buz Sporları Salonu'nda görüldüğü gibi tek eğrilikli dairesel mekanlar üzerindeki uygulamalarda ise Utica Memorial Oditoryum'u (NewYork) gibi çift eğrilikli strüktürler kullanılmaktadır.

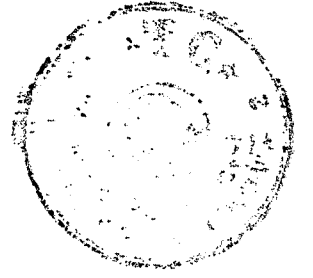
Zıt yönde eğrilikli olarak gerilmiş asma ve germe kablolarından oluşan ve hiperbolik paraboloid görünümündeki bu sistemler kenar elemanlarının düz doğrusal veya kemer şeklinde oluşuna ve ayrıca sistemin basit veya birleşik şekillerde dizaynlanışına göre farklı biçimlere olanak tanımaktadırlar.

Kablolu sistemler biçim etken strüktürlerdir. Yani biçim yük etkisi altında oluşmaktadır. Kablolu sistemlerde yapıyı oluşturan tüm elemanların çalışma tarzları görsel olarak da izlenebilecek kadar açık kullanılmaktadır. Örneğin Münih Olimpiyatları Kompleksinde sadece taşıyıcı elemanlarla taşınan kısım değil taşıyıcılar arasında hangilerinin saf çekmeye hangilerinin de saf basıncı çalıştığı açıkça izlenmektedir.

Herzog ve Schrade'in Hannover Sergi Binası'nda ise stabilite kolonları kalkmakta, bunların yerini tek tek noktasal gerilen taşıyıcı kablolar almakta, kablo sistemin ayaklarından bir tanesi yukarı kaldırılarak farklı bir cephe etkisi yaratılmaktadır.

Nowicki, Deitrick'in 1950 de tasarladıkları North Carolina State Fair'in semer eğrilikli olan kablo ağı, iki parabolik kemer arasına gerilmiştir. Parabolik kemerler yapının hem strüktürünü hem biçimini oluşturmuştur.

Kablolu sistemlerle hafif olduğu ve burkulma sorunu olmadığı için iskelet sistemlerle aşlamayacak büyüklükte açıklıklar geçilebilmektedir. Böylece günümüzde ihtiyaç duyulan büyüklükte mekanların, aralarda düşey taşıyıcılar olmadan örtülebilmesi olanağı sağlamakta ve strüktürel bir bütünlüğe ulaşılmaktadır.



## 6.4 Membran Sistemler

### 6.4.1 Tanımlama-Tarihçe

Membran terimi, taşıyıcı sistemler sözkonusu olduğundan “malzemesi esnek olan, önemli eğilme rijitliği göstermeyen ve sadece çekmeye çalışan bir yüzeysel taşıyıcı öge” anlamında kullanılmaktadır. Kablo ile membranı birbirinden ayıran en önemli fark;

- Kabloların lineer (çizgisel),
- Membranların yüzeysel

eleman olmalarıdır. Kısaca membran, hem taşıyıcı hem örtme görevi gören, çekmeye çalışan esnek bir örtüdür. Membranlar çekme etkisi altında statik hesaplamaların gerektirdiği ve imalatı mümkün olan en ince kalınlıklarda dahi taşıyıcı sistem olarak yer almaktadır.

Etki eden dış yüklerin yüzey için yüzeye teğet çekme kuvvetleri ile karşılandığında gerilme durumuna “membran gerilme durumu” denir. Bu durum sabun köpüğünde içi hava ile şişirilen bir balonun çeperinde oluşan gerilme durumudur.

Membranlara geçmişten verilebilecek en yaygın örnek çadırlardır. Günümüzde çadırlar hem geleneksel kullanımında olduğu gibi küçük ve geçici mekanların, hem de çağdaş teknolojiye uygun olarak çok büyük alanların üzerini örtecek örneklerde uygulanmaktadır.

### 6.4.2 Membran Sistemler için Malzemeler

Membran malzemeler, taşıyıcı olmanın yanısıra, mekanları sınırlayan elemanların yapımında da kullanıldıklarından yağmur, kar, güneşin radyasyonu gibi etkilere de karşı koymak, gerektiğinde ısı, ses yalıtımına katkıda bulunmak yangından çabuk etkilenmemek gibi özelliklere sahip olmalıdır. Membran olarak kullanılan malzeme üç gruba ayrılmaktadır.



#### 6.4.2.1 Homojen Membranlar

Her nokta ve yönde yaklaşık aynı teknik özellikleri gösteren plastik tabakalar veya metal folyolardan oluşmaktadır.

Plastik folyolar ; tabakalar halinde fabrikasyon olarak üretilerek, birbirine yapışmakta ya da kaynaklanmaktadır. %100 şeffaftır, hava, rutubet ve suyu önlerler, sera, geçici üst örtüler ve küçük pnömatik sistemler için uygun malzeme olarak kullanılmaktadırlar.

Metalik folyolar; çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum gibi metallerin çok ince üretilen tabakalarından oluşmaktadır. İnce metal sac veya metalik folyoların dayanımı yüksek olmakta ve uzun ömürlü yapılarda özellikle pnömatik sistemler için uygun malzeme olarak kullanılmaktadır [ 23 ]. Yangına karşı dayanımları fazladır nakliyatı ve montajı plastik folyolara oranla daha çok sorun yaratmaktadır.

#### 6.4.2.2 Örgü (Dokuma ) Membranlar

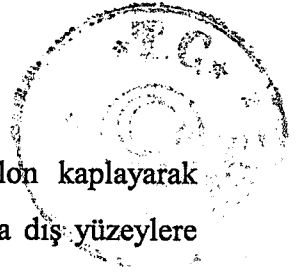
Doğal veya yapay ipliklerden dokuma yoluyla elde edilen bezler örgü membranlarını oluşturmakta uzun ömürlü olmaları, yırtılma dayanımlarının yüksekliği gibi nedenlerden örtü taşıyıcı sistemlerde daha fazla tercih edilmektedirler. Küçük açıklıklardan 150 m<sup>2</sup>'lik açıklıklara kadar uygulanmakta örgü membranlarının yapımında kullanılan iplik çeşitlerine göre üç grupta toplanmaktadır.

- Organik (doğal )Lifli Membranlar
- Sentetik ( yapay) Membranlar
- Mineral Kökenli Membranlar

#### 6.4.2.3 Homojen/ Örgü Membranlar Kombinasyonu

Homojen plastik membranların ip veya tel ağlarıyla tavsiye edilmiş şeklidir. Davranış olarak homojen membran özelliği ağır basar, fakat takviye tabakasından örtü çekmeye karşı direnci daha fazladır.





Membran malzemeler pek dayanıklı olmadıkları için teflon kaplayarak korunabilmektedirler. Ayrıca PVC ile kaplamak, renklendirmek veya dış yüzeylere alüminyum buharı püskürtülmesi de iyi sonuçlar vermektedir.

Membran örtüler, 1,5-2.0 m genişliğinde şeritler halinde üretilir. Taşıyıcı sistem olarak kullanımlarında daha büyük açıklıklar söz konusu olduğundan, bunların birbirine birleştirilmesi gerekmektedir. Şeritler birbirine dikilerek, yapıştırılarak, kaynaklanarak veya halkalarla tutturularak birleştirilmektedir. Kablolarla takviye edilen membranlarda birleşme yerlerinde yırtılmayı önleyecek önlemler alınmaktadır [23].

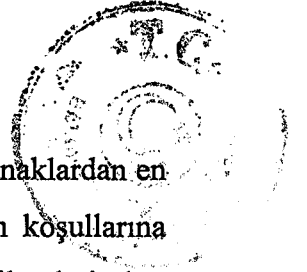
#### 6.4.3 Membran Taşıyıcı Sistemler

Oluşturdukları mekanlar ve ön gerilmeyi sağlamak için başvurulan yöntemler açısından membran sistemler iki büyük grupta toplanmaktadır.

- Açık (hacimli) Membran Sistemler (Çadırlar)
- Kapalı (hacimli) Membran Sistemler (pnömatik sistemler)

Membran sistemlerde taşıyıcı elemanların toplam ağırlığı, ön gerilme kuvvetine oranla çok azdır. Bu da sistemlerin çok hafif olduğunu göstermektedir. Konvansiyonel bir örtü sistemine göre malzeme kullanımını 1/30 oranında azalmaktadır.

Pnömatik membran örtü tamamen kapalı bir hacim oluşturamamakta, membran yüzey, mekanı örterek rüzgar ve kar yüklerine dayanmak ve bunlardan kaynaklanan tüm yükleri, destek elemanlarına veya kablo ağına aktarmak görevini üstlenmekte, kablo ağı taşıyıcı sistemin iskeletini oluşturmaktadır. Çadır sistemler öngerilmeli membran örneklerinden olduğu için bu sistemlere ters eğrilikli yüzeyler uygundur. Düz membran ancak malzeme ağırlığının çok az olduğu yükün veya öngerilme kuvvetinin membran örtüyü kendi düzlemi doğrultusunda etkilediği durumlarda söz konusu olmaktadır.



Uzay içinde yer alan bir kenar çizgileri takımını örtebilecek olanaklardan en küçüğüne “minimum yüzey” denmektedir. Minimum yüzey öngörülen koşullarına göre oluşan en küçük yüzeyle verilen kenar çizgilerinin örtüldüğü gerilmelerin her nokta ve yönde eşit olduğu taşıyıcı sistemlerde malzemenin en etkin kullanıldığı bir durumu tanımlamaktadır. Bu durum verilen yük taşıma durumunda minimum yüzeye en yakın geometri olarak kabul edilmektedir. Özetle;

• Açık membran sistemlere uygun biçimler ters eğrilikli minimum yüzeylerdir.

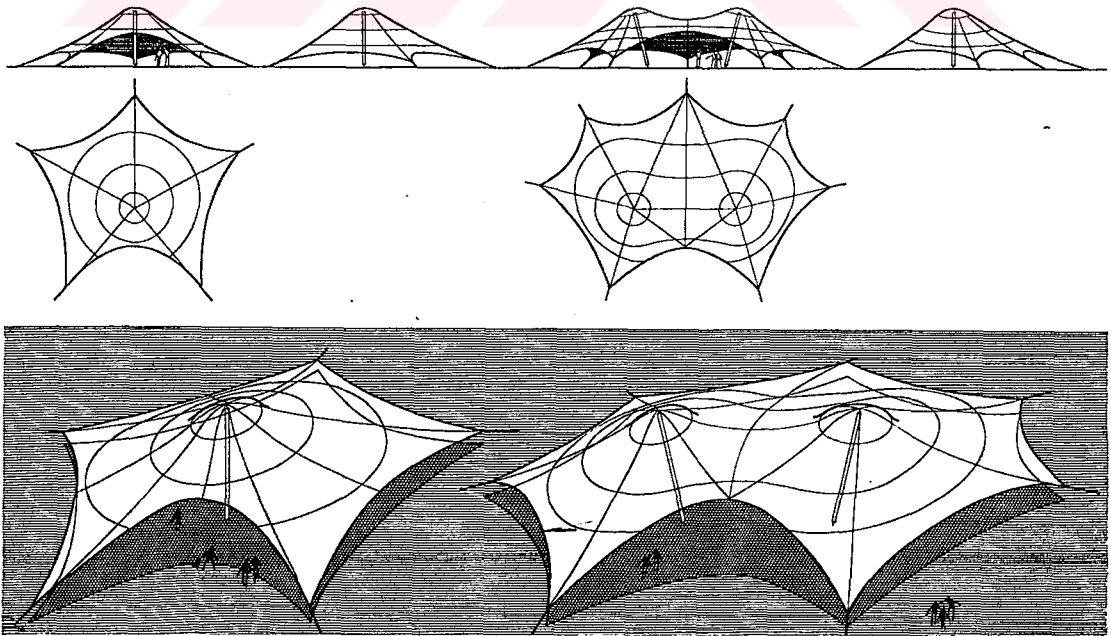
• Membran sistemler kablolar gibi sarkarak yükleri taşımaktadırlar.

• Membran yüzeyler eğrilikleri arttıkça, taşıyabilecekleri yük artmaktadır.

• Membran yüzeyler belli ölçüde kayma kuvvetine karşı direnç göstermektedirler.

Çadır sistemlerde nokta destekleri, kenar kabloları, kemer destekleri, kenar kirişleri, iç veya dış çemberleri veya bunların kombinasyonlarından oluşan destek elemanları kullanılmaktadır [ 23 ].

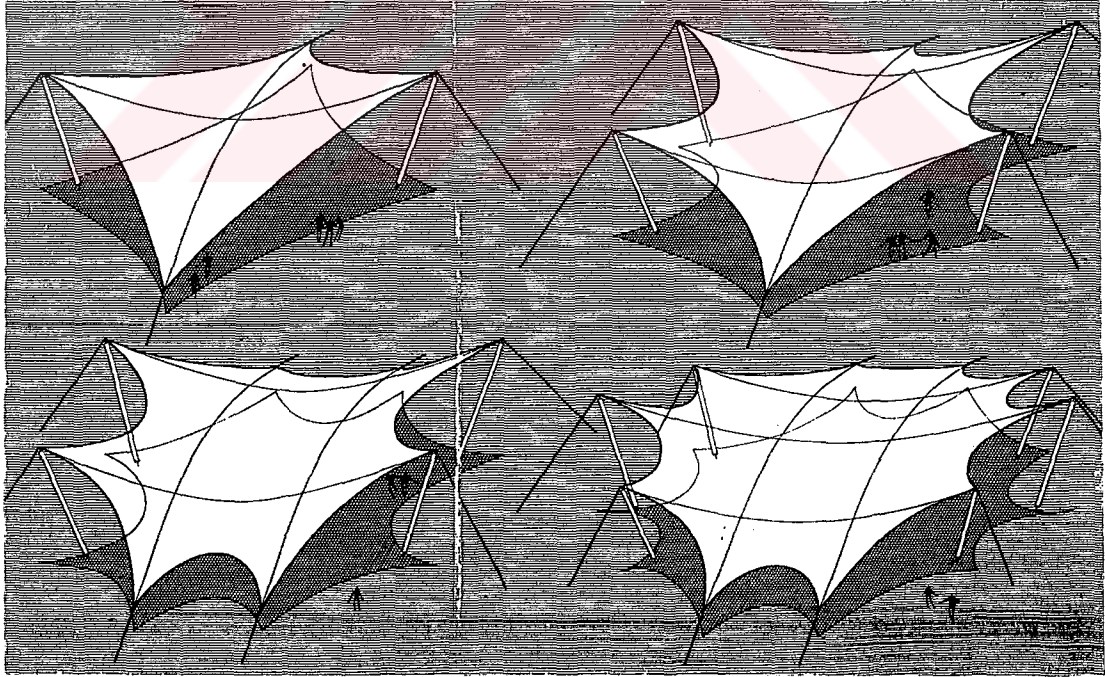
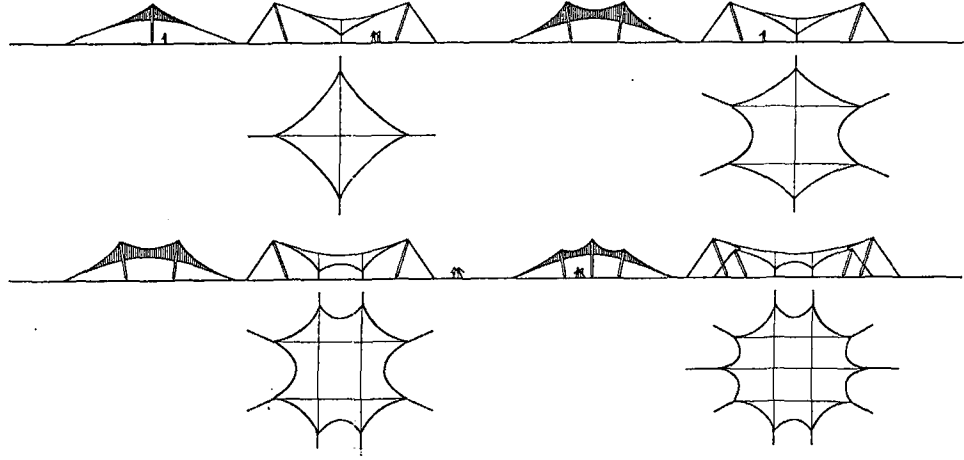
Kambur yüzeyli çadır sistemlerde kuvvetlerin yoğunlaşmasından, tepeler düzleşmektedir.



Şekil 6.4.1 Bir ve İki Yüksek Noktalı Çadır Sistemler. [27,s:52]



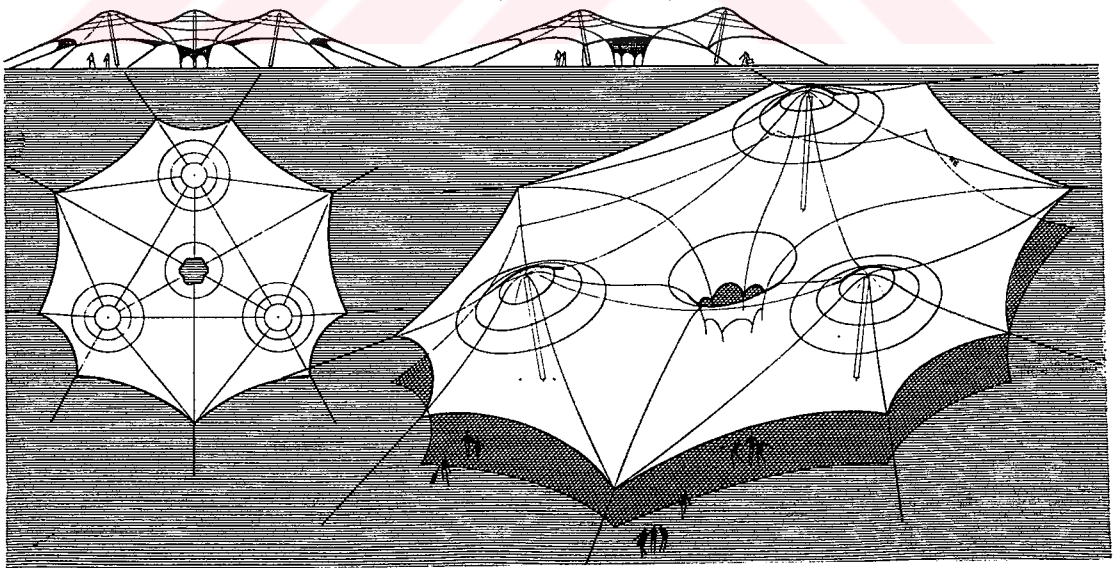
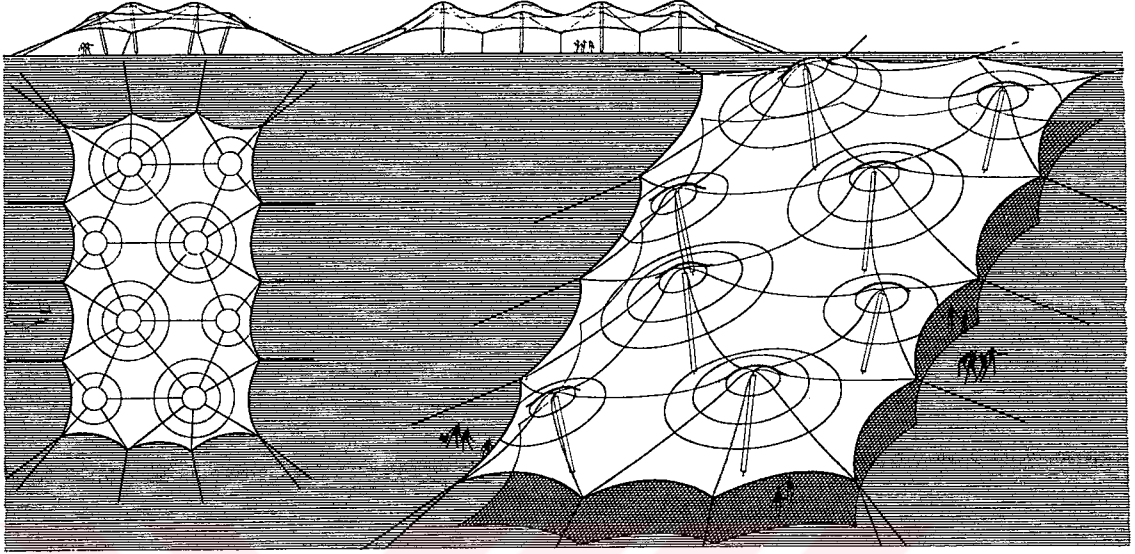
Basınç elemanlarından oluşan dış mesnetli çadır sistemlerin örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.4.2 Çadır Sistem Örnekleri [27, s:51]



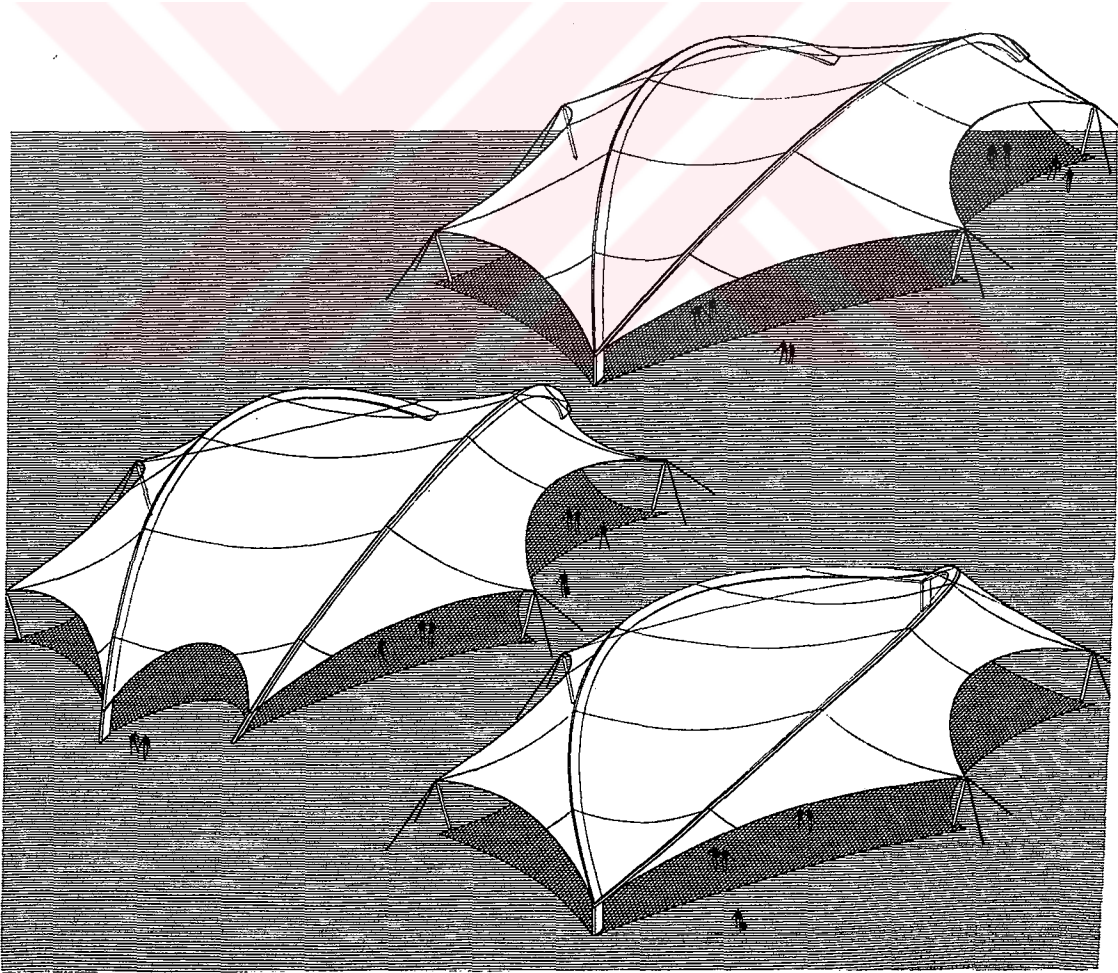
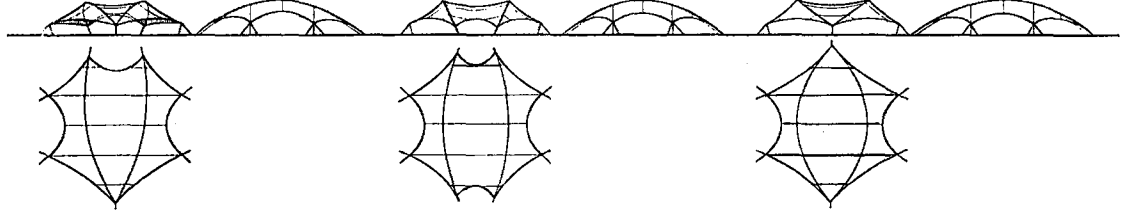
Basınç elemanlarından oluşan iç mesnetli çadır sistemlerin örnekleri  
görölmektedir.



Şekil 6.4.3 Merkezde İlave Ankraj Noktalı Çadır Sistemler [27,s:53]



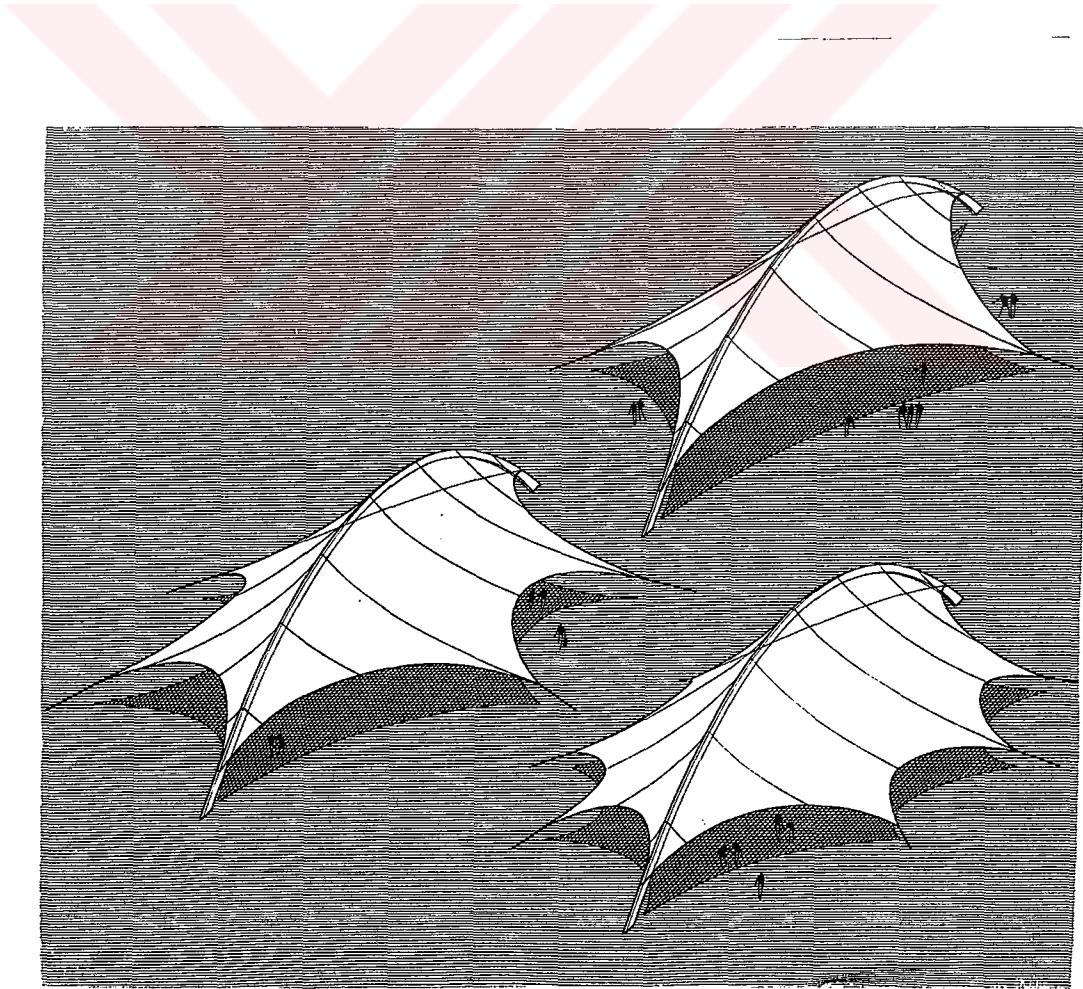
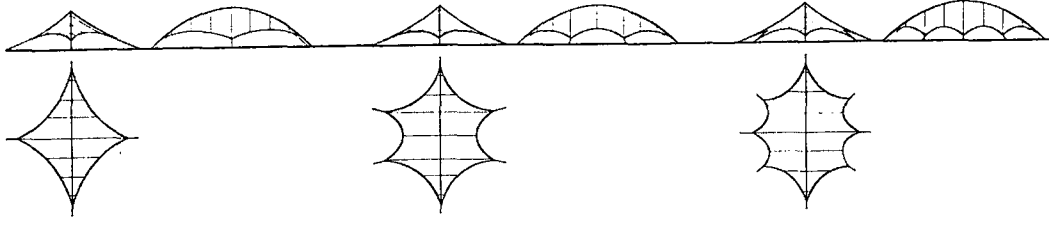
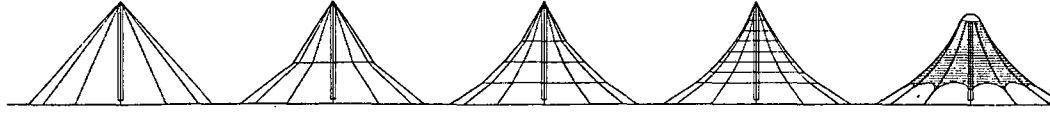
Yüksek noktalı iç yaylı çadır sistemlerin uygulama örnekleri görülmektedir.  
Bu sistem kenarlarındaki ankraj noktalarının sayısına göre düzenlenmektedir.



6.4.4 Kenarlardan Ankrajlı Çadır sistemler [27, s:54]



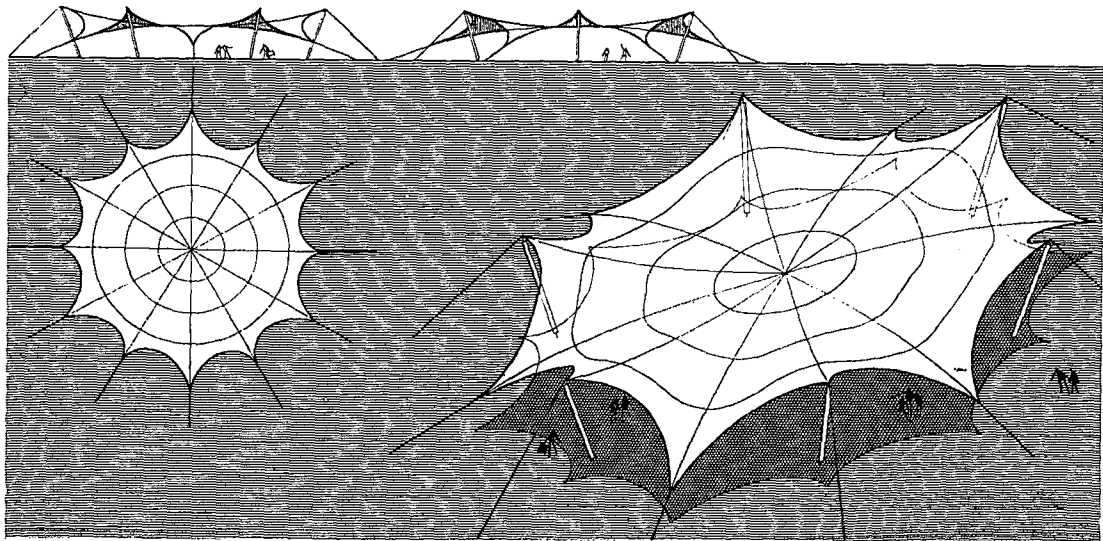
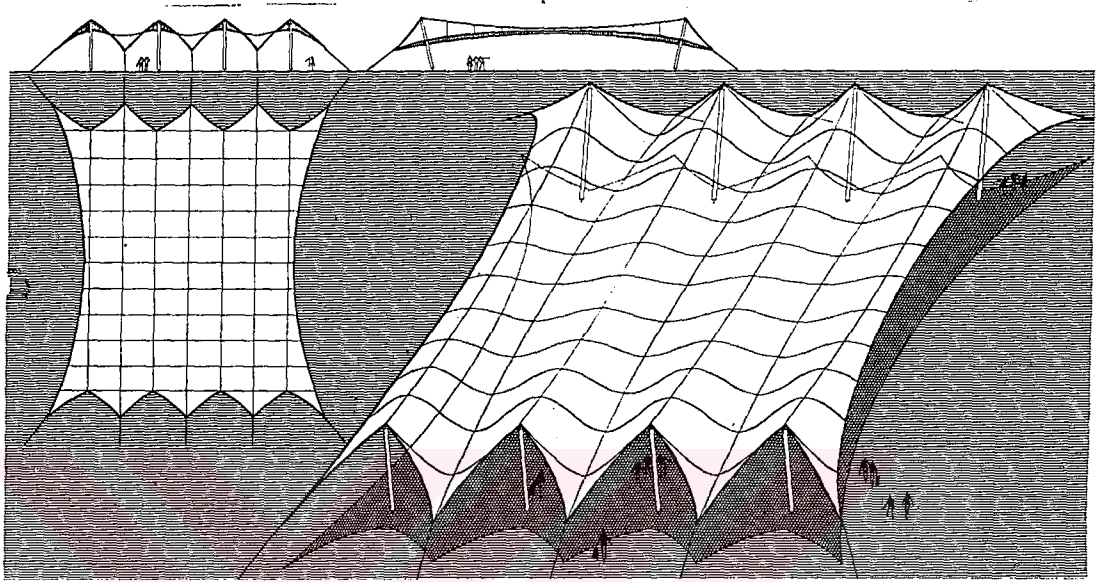
Yüksek nokta yapımı için kullanılan iki merkezi yaylı çadır sisteminin uygulamaları görülmektedir.



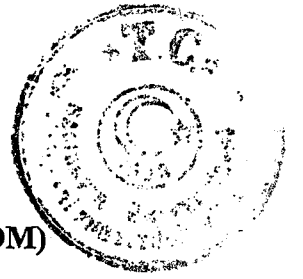
Şekil 6.4.5 Taban Noktalarına Göre Çadır Sistemler [27,s:55]



Değişken ankraj noktalı ve mesnetli çadır sistem örnekleri görülmektedir. Dalgalı yüzeyli sistemler; Sabit noktaların paralel düzenlendiği sistemler ve sabit noktaların dönele düzenlendiği sistemler olarak iki şekilde dizaynlanmaktadır.



Şekil 6.4.6 Sabit Noktaların Düzenlenmesine Göre Çadır Sistemler [27,s:57]



#### 6.4.4 Membran Sistemlerin Uygulamaları

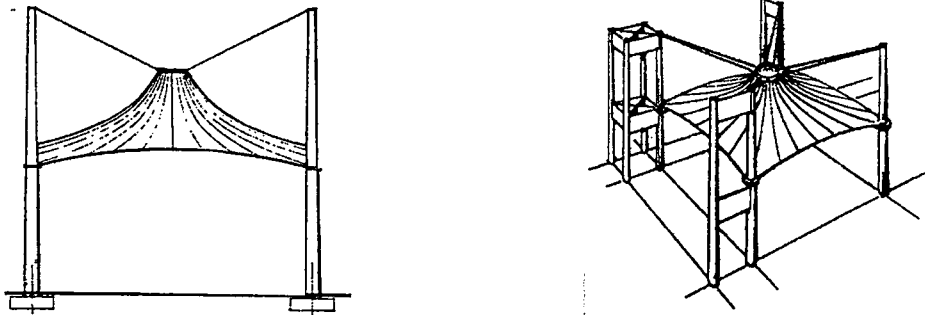
##### 6.4.4.1 Cidde Hac Terminali, Skidmore, Owings-Merrill (SOM)

###### Hochtief-Bau

Hac döneminde Suudi Arabistan'a giden hacılar için özel olarak tasarlanan ve sadece hac döneminde kullanılan bu örtü kare ızgara üzerine oturtulan çadırlardan oluşmaktadır. Gelen ve giden hacılara gölgeli doğal havalandırmalı bir korunak sağlamayı amaçlayan bu yaklaşımın seçimini belirleyen etkenler arasında, çadır sistemlerin hafifliği kadar bedevi çadırlarının da etkili olduğu hissedilmektedir.

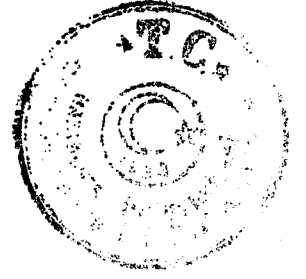
Önce her birini beş bölümlü iki bloğa ayrılan çadır gruplarının her bölümünde 21 kare modül bulunmaktadır. Toplam olarak 210 çadır birimi kullanılmakta modüller birimler 45m. x 45m. lik kare alanları örtmektedir. Her bir çadır 20m. yükseklikte, kenarlarından dört piona bağlanırken üstteki bir çelik çemberden 45m. kotundaki pilonun üstüne kadar kablolarla gerilmektedir.

Uygulaması ile de dikkati çeken bu tesisin yapı ve taşıyıcı sistem elemanlarının hemen tamamı Arabistan dışı ülkelerden getirilmiştir. Yan yana gelen membranlar, aralarında boşluk bırakmayacak şekilde birleştirilirken, çemberin olduğu yer doğal havalandırma amacıyla açık bırakılmıştır. Membran, üstteki çekme çemberine bağlanan 32 kablo ile desteklemektedir. Radyal yönde kablo kullanılmamış, membranın dayanımı yeterli bulunmuştur.



Şekil 6.4.7 Cidde Hac Terminali [23,s:81-83]





#### 6.4.5 Değerlendirme

En basit şekliyle basınç gerilmelerini alan bir direk ile sistemi ayakta tutacak gerilmiş bir yüzey ve gerekli kablolardan oluşan çadırların diğer asma sistemlerden fark örtünün diğerlerinde kolonlara oturması veya asılmasına karşılık doğrudan doğruya gerilmiş olmasıdır. Taşıyıcıları içte, dışta veya hem içte hem dışta bulunabilen “ bir veya daha çok yüksek noktalı”, “çukur noktalı”, “dalgalı formlu” çadırlar oldukça zengin bir form yayılımı göstermektedir. Kısaca membran, hem, taşıma hem örtme görevi gören çekmeye çalışan esnek bir örtüdür.

Özellikle F.Otto'nun çalışmaları sonucunda çadırlar, içi mekan formunu tamamen yansıtan dış formları ve taşınabilme, kurulup sökülebilmeye olanakları ile günümüz mimarisinin en ilginç strüktürleri arasına girmiş bulunmaktadır.

Membran sistemlerde taşıyıcı elemanların toplam ağırlığı ön gerilme kuvvetlerine oranla çok azdır. Bu da sistemin çok hafif olduğunu göstermekte, konvansiyonel bir örtü sistemine göre malzeme kullanımında 1/30 oranında ekonomi sağlamaktadır.

Membran sistemler biçim etken strüktürlerdir. Bu sebeple biçim yük etkisi altında oluşmakta ve yapıyı oluşturan tüm elemanların çalışma tarzları görsel olarak izlenebilecek kadar açıkça kullanılmaktadır.

Günümüzde çadırlar hem geleneksel kullanımında olduğu gibi küçük ve geçici mekanların, hem de çağdaş teknolojiye uygun olarak çok büyük alanların üzerini örtecek örneklerde uygulanmakta ve biçimin oluşmasında etkili olmaktadır.



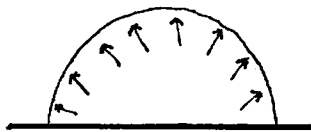
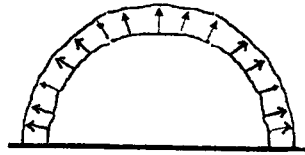
## 6.5 Pnömatik Sistemler

### 6.5.1 Tanımlama - Tarihçe

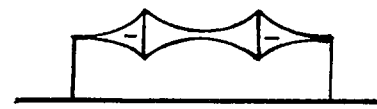
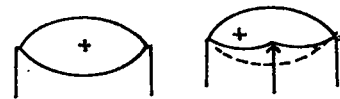
Pnömatik sistemler, gerilmeye elverişli geçirgen olmayan bir yüzeyin ayırdığı iki uzay kesimindeki farklı yoğunluk veya miktardaki, gaz, sıvı ve danesal katı cisimlerin doğurduğu basınçtan yararlanılarak kurulmuş sistemlerdir [ 1 ]. Kapalı membranlar olarak da tanımlanan grupta membran; hem örtme hem de taşıma görevlerini birleştiren bir yüzey olup tamamen kapalı bir hacim oluşturmaktadır. Kapalı bir hacim içerisinde yaratılan basınç farkı ile membran örtüye öngerilme verilerek sistemin taşıyıcılığı sağlanmaktadır.

Pnömatik sistemlerin mimarlıkta taşıyıcı örtü olarak kullanılmaya başlaması çok yenidir. Başka işlevler için güzel bir örnek geçen asırlarda bilinen balonlar ve 20.yy. başlarında kullanılan zeplinlerdir. Canlı organizmanın temel taşı olan hücrelerde pnömatik ilkeler yani içteki basınçla cidarın şekillenmesi mevcuttur. Bütün canlılar milyonlarca hücrenin bir araya gelmesiyle oluştuğuna göre, tüm yaşayan strüktürler bir zamanlar pnömatik ilkelere göre gelişmiş çok sayıda strüktürün biraraya gelmesi ile oluşmuş karmaşık sistemlerdir.

Pnömatik bir sistemde yüzey gerilmesi basınç fazlası veya basınç eksikliği yaratılarak sağlanmaktadır. Mimarlıktaki uygulamalarda genellikle basınç fazlası yaratmak yaygın olarak kullanılmaktadır.



a) Basınç Fazlası ile Öngerilen  
Alçak Basıncılı Örnekler



b) Basınç Fazlası ile Öngerilen  
Yüksek Basıncılı Örnekler



c) Basınç Eksikliği ile Öngerilen  
Pnömatik Sistem Örnekleri



d) Şişirme (Hortum) Sistemler

Şekil: 6.5.1 Pnömatik Sistem Türleri [23. S: 87]

Pnömatik sistemler;

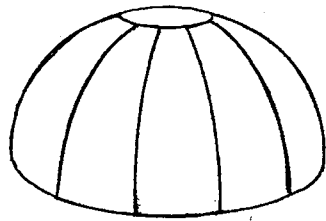
- Hava destekli pnömatik sistemler (Tek cidarlı pnömatik sistemler),
- İki cidarlı (şişirme) pnömatik sistemler

olarak uygulanmaktadır.

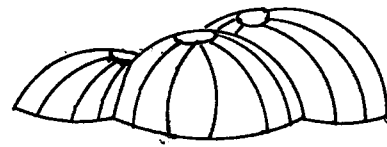
### 6.5.2. Tek Cidarlı Pnömatik Sistemler

Tek cidarlı pnömatik sistemlerde membran örtünün ana amacı insanları, korunan canlı ve eşyaların yer aldığı mekanı örtmektir. Tek cidarlı pnömatik sistemlerde biçim seçimi önemlidir. Biçim, mimariyi estetik açıdan olduğu kadar seçilen yüzey geometrisinin büyüklüğü açısından da etkilenmekte, kısaca yapılabilişliğine ve statik davranışına etkide bulunmaktadır.

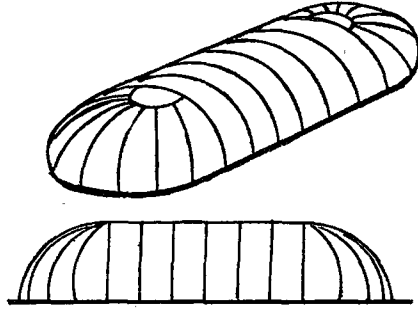
Alçak basınçlı sistemlerde geometrik şekiller silindir, küre kesitleri, koniler veya bunların benzerleri olan, tek ve çift eğrilikli yüzeylerin kombinasyonudur.



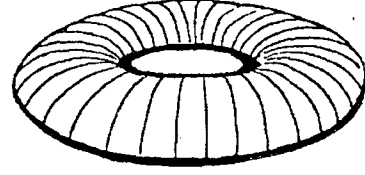
a) Yüzey Geometrisi - Yarım Küre



b) Küresel Kesitlerin Kümeleri



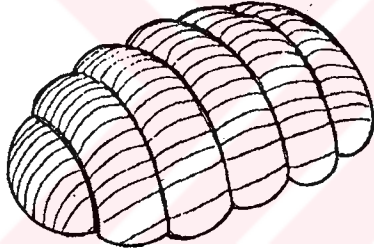
c) Küre Silindir Kombinasyonu



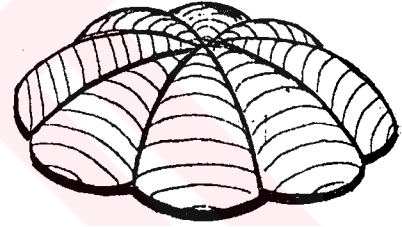
d) Tor Yüzeyi

Şekil 6.5.2 Hava Destekli Pnömatik Sistemlerde Biçimler [23, s: 90]

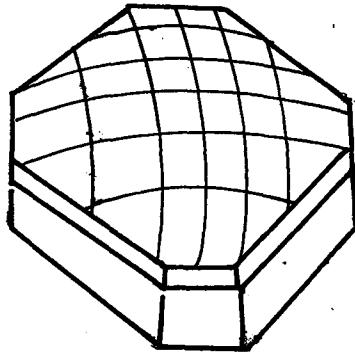
Farklı geometrilerin kesişim hatlarında daha fazla gerilme oluşacağından buraya kablo eklenmesi veya bu hattın kemer biçimli elastik bir ek parça ile takviyesi doğru bir yaklaşımdır. Kablo ve takviyenin bir yararı da taşıyıcı sistem yüksekliğinin ve hacminin azaltılmasıdır.



a)Kablo Takviyeli Küre(Silindir Geometrisi)

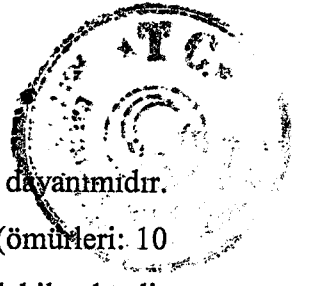


b)Kablo Takviyeli Küre veya Elipsoid vb. Kesiti



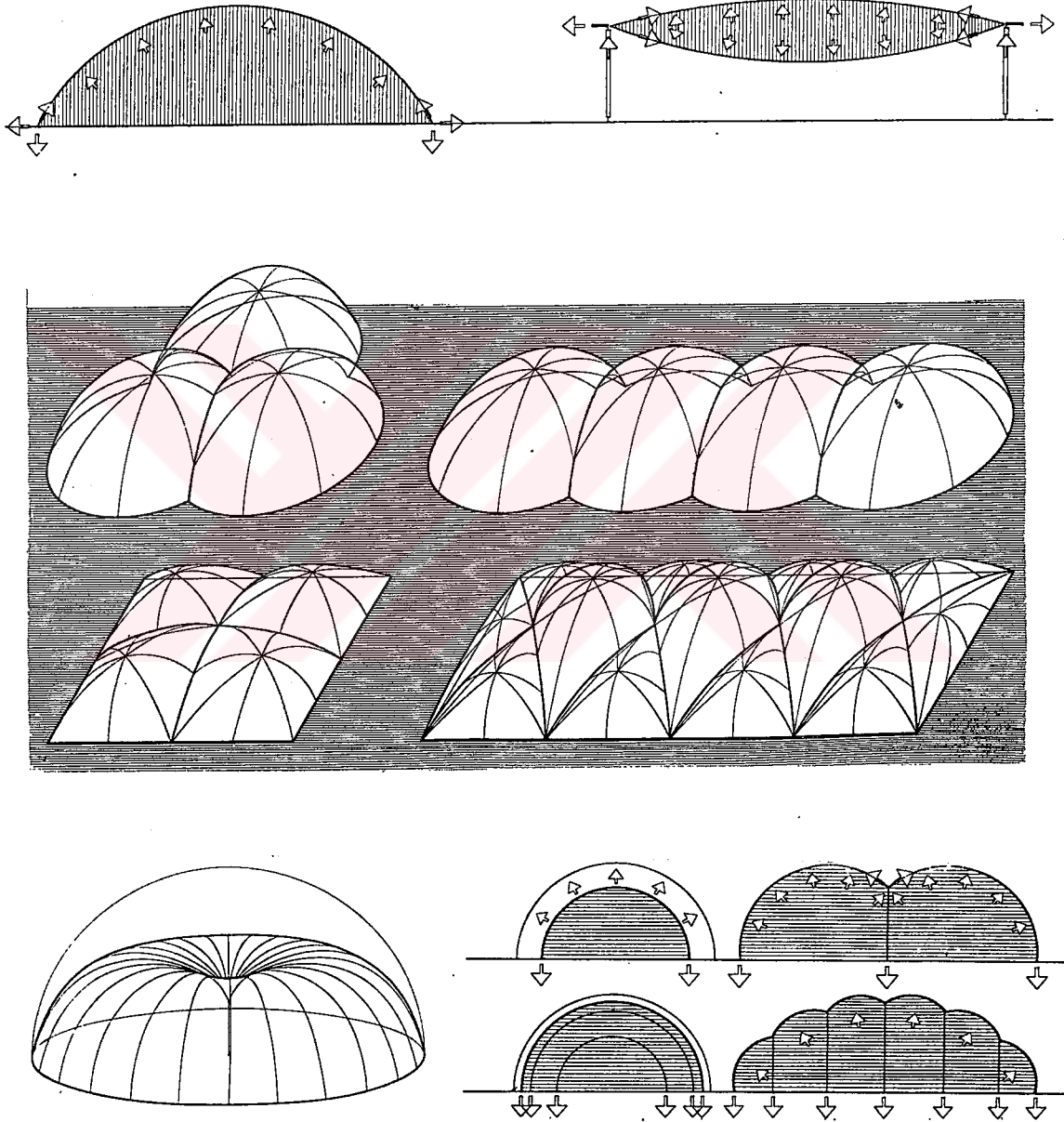
c) Kablo Takviyeli Serbest Geometri

Şekil 6.5.3 Kablo Takviyeli Pnömatik Sistemler [23, s: 91]

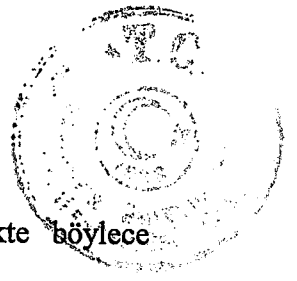


Pnömatik sistemlerin en belirgin özelliği membran örtünün dayanımıdır. Cam elyaf örgülü, teflon kaplamalı kablo takviyeli pnömatik sistemler (ömürleri: 10 yıl üzeri) uzun ömürlerinin yanı sıra 500 m<sup>2</sup> lik açıklıklara kadar yapılabilmektedir [23].

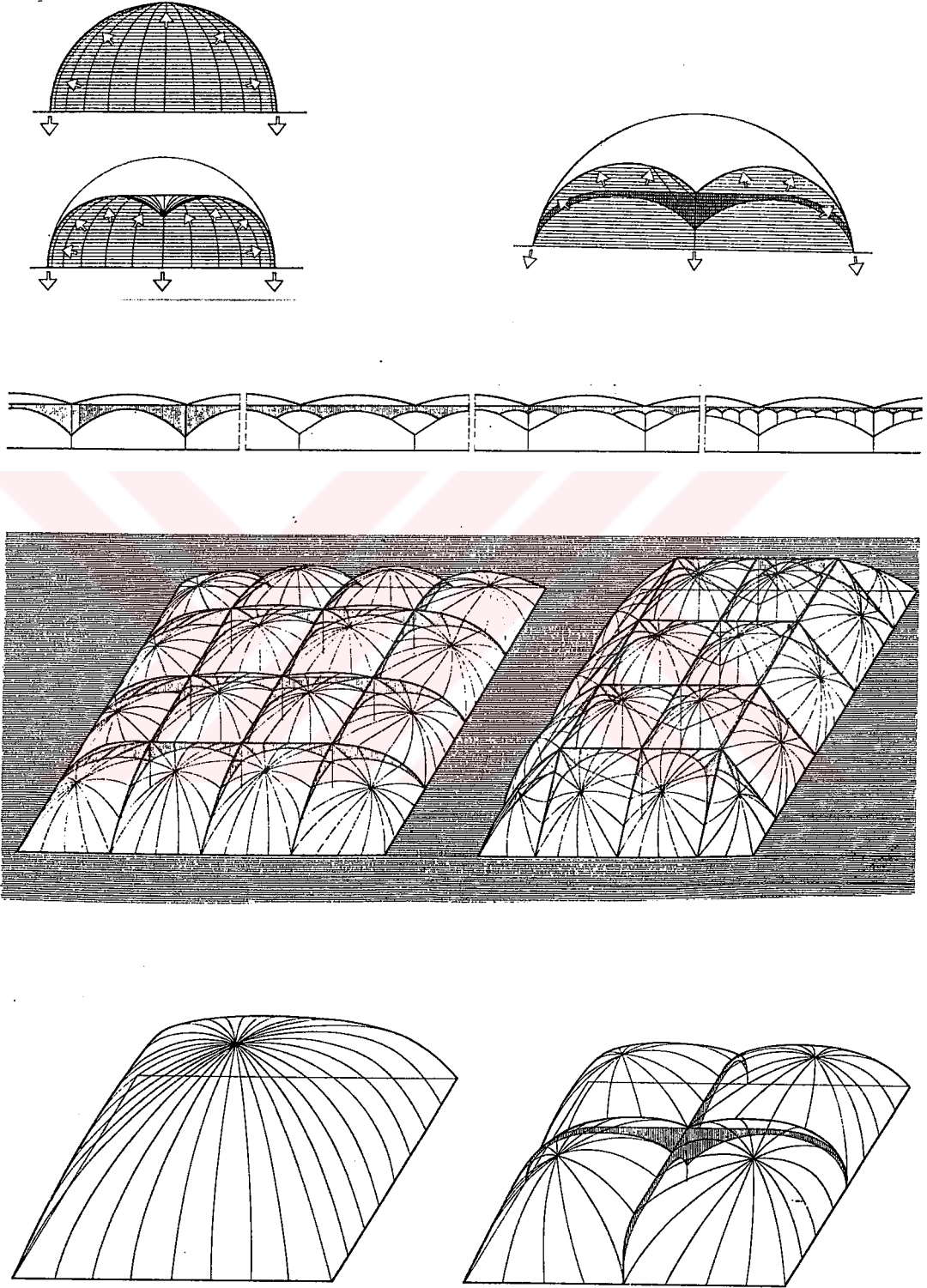
Basınç fazlası ile öngerilen yüksek basınçlı ve alçak basınçlı pnömatik sistem örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.5.4 Tek Cidarlı Pnömatik Sistemlerin Temel Tipleri [27, s:61]



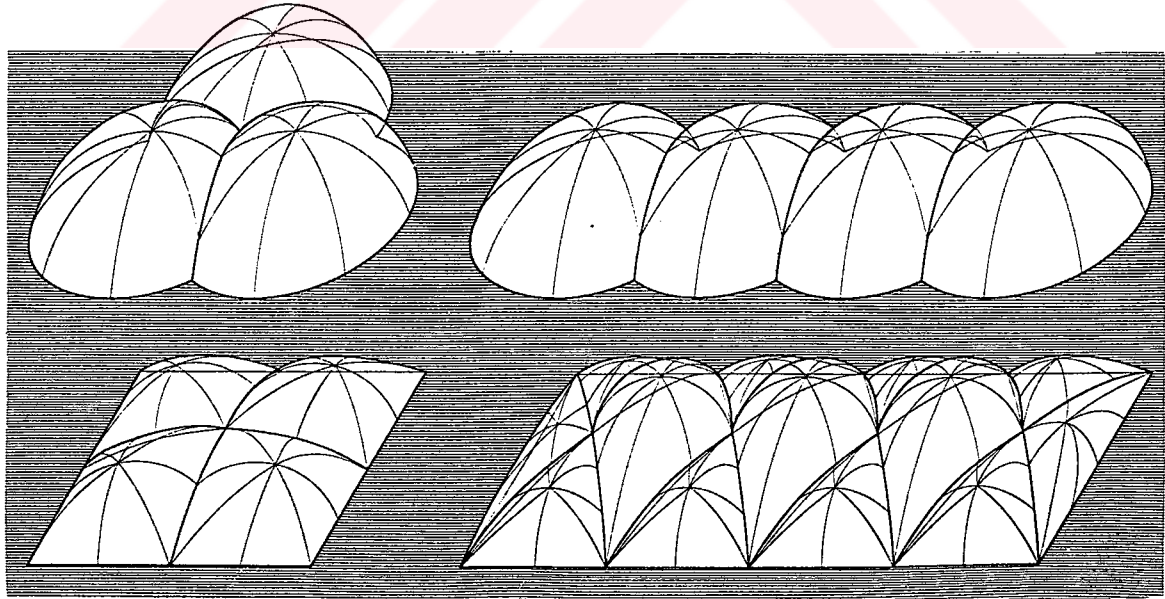
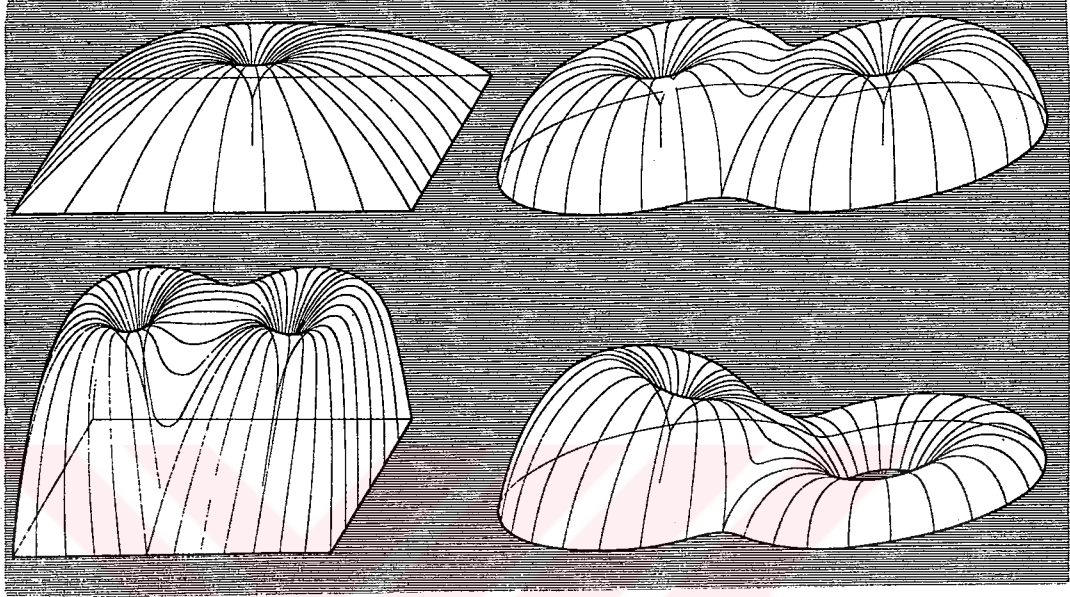
Zar yalnızca kenarlarından değil, merkezinden de ankre edilmekte böylece yarıçapın dolayısıyla gerilmelerin azaltıldığı örnekler görülmektedir.



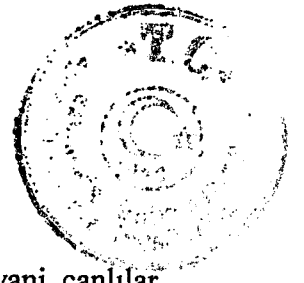
Şekil 6.5.5 Tek Cidarlı, İç Ankraj Noktalı ve İç Basınçlı Sistemler [27,s :62]



Birden fazla tek cidarlı pnömatik sistemin bir arada kullanılarak oluşturdukları sistem örnekleri görülmektedir.



Şekil 6.5.6 Tek Cidarlı Pnömatik Sistem Örnekleri [27, s:63]



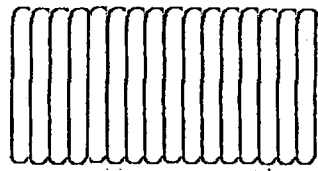
### 6.5.3. İki Cidarlı (Şişirme) Pnömatik Sistemler

Bu sistemlerde basınç fazlası iki zar arasında yaratılmakta, yani canlılar içinde yaşadıkları eylemlerini gerçekleştirdikleri mekanlar normal hava basıncı altında kalırken membran örtünün gerilmesi, iki cidar arasına pompalanan hava basıncı fazlası ile sağlanmaktadır. Çift cidarlı pnömatik sistem örnekleri, hortum ve yastık sistemler veya yüksek basınçlı pnömatik sistemler adıyla da bilinmektedir.

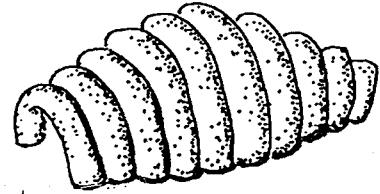
Tek cidarlı uygulamaların tersine, mekana giriş ve çıkışlarında hava kaçmasını önleyecek kontrollü geçişler veya kapılar gerektirmemektedir. Kompresörlerin havayı temizleme, azalan oksijeni tamamlama gibi işlevleri artık kalmamış olup hava kaybı tek cidarlı sistemlere oranla daha az olmaktadır.

Çift cidarlı pnömatik sistemlerde basınç fazlası, insanların yaşamadığı bir bölümde oluşturulduğundan burada iç basınç malzemenin yırtılma direncine bağlı olarak gerekli seviyede aktarılabilir. Çoğunlukla yüksek basınçlı sistemler uygulanmakta ve 2000 - 70000 kg/m<sup>2</sup> basınç fazlası söz konusu olmaktadır. Bunlarla;

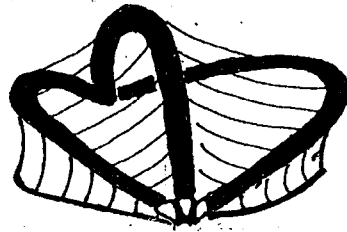
- Lineer - doğrusal hortum
- Yüzeysel yastık
- Hacimsel (hücre) elemanlar yaratılabilmektedir.



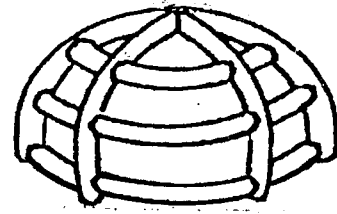
a) Düzlemsel Hortum Strüktür



b) Tek Eğrilikli Hortum Strüktür



c) Ters Eğrilikli Hortum Strüktür



d) Küresel Hortum Strüktür

Şekil 6.5.7 Hortum Strüktürler [ 23, s: 94 ]





Prömatik sistemlerde çoğunlukla polyester bezleri PVC ile kaplanarak kullanılmaktadır. Ayrıca naylon örtüler, cam elyaflı örgüler ve benzeri plastik dokuma membranlar da kullanılmaktadır. Kullanılan membran malzemeler istenildiği gibi renklendirilir ve belli bir ışık geçirgenliği de vardır.

Pnömatik sistemler;

- Taşıyıcı Strüktür,
- Yardımcı Strüktür Elemanı
- Kalıp Elemanı,

olarak kullanılmaktadır.

Pnömatik sistemlerle, taşınabilir binalar, geçici binalar, acil afet binaları büyük açıklık gerektiren yapılar, askeri, ticari, sosyal vb. yapılar yapılabilmektedir. Olumlu yönleri ise şunlardır;

- Geniş mekanlar arada kolon olmaksızın geçilebilir.
- Yapım süresi kısadır. Birkaç gün içinde kullanıma hazır hale getirilebilir.
- Montaj kolaydır. Uсталık ve tecrübeli işçi gerektirmez.
- Demontabl olup sökülüp başka bir yerde yeniden kullanılabilir.
- Hafif olması nedeniyle nakliyesi ucuzdur.
- Işık geçirgen olması nedeniyle aydınlatma masrafı azdır.
- Geçici fonksiyonlar için ideal kullanımı bulunmaktadır.

Membran sistemlerin çağdaş sistemler içindeki yeri henüz yeni sayılmaktadır. 1950'li yıllardan sonra kullanımı ivme kazanan membran sistemlerin geçebileceği açıklığın sınır yok gibidir [ 23 ].

#### **6.5.4 Pnömatik Sistem Uygulamaları**

##### **6.5.4.1 Mitsui Grubu Pavyonu, Takamitsu Azuma, Katsuhiko Yamaguchi, 1970**

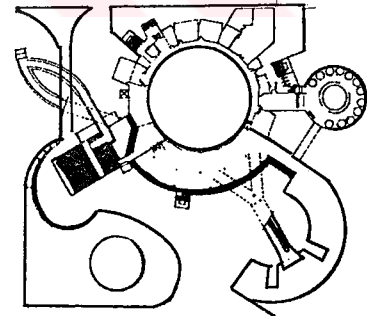
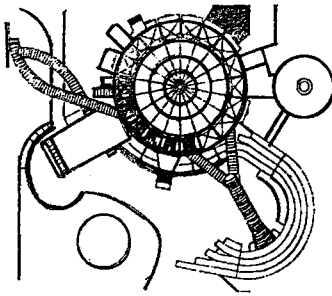
3450 m<sup>2</sup>'lik bir alana oturan, dört kat içinde çözümlenmiş olan bu sergi binasının strüktürü çelik elemanlarla desteklenmiş bir membran örtülü kubbe ile çift



cidarlı hortumlar ve hava destekli bir kuleden oluşan bir pnömatik sistemdir. Seyirciler giriş kotundan 10 m. üstteki bir boşluğa girmekte olup üç boyutlu yaya yolunda ilerledikçe, karmaşık ışık gösterileri, ses efektleri ve hareketli sergi elemanlarıyla karşılaşmaktadırlar.

Yerden 80 m. yükseklikte, çapı 30 m. olan bir küresel kubbe vardır. Kubbenin önünde aynalar, sabun köpükleri veya hava kabarcıkları şeklinde tüneller, spiraller ve boşluğa uzanan bir dinlenme salonu bulunmaktadır. Meydanda hortum biçimli bir pnömatik boru saçak oluşturmakta ve meydanı çevrelemektedir. Pnömatik borunun altında heykeller sergilenmektedir. Yüksekliği 50 m. 'yi bulan bir sembolik pnömatik kule, gölün üzerinde yüzmekte olan restoran ve sergi işlevini zenginleştirmiştir.

Bu tasarımda membran kubbe, çelik elemanlar, pnömatik kule ve hortumlar tesisat aksamı gibi tüm yapısal ve strüktürel elemanlar, birbirleriyle bütünleşerek olumlu bir sergi binası yaratılmıştır.



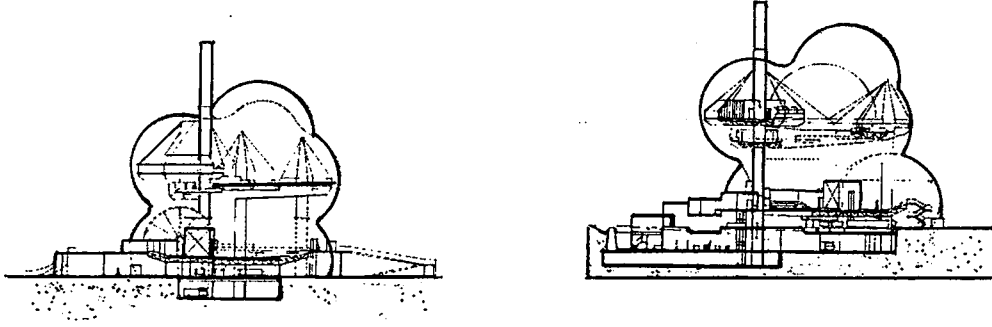
Şekil 6.5.8 Mitsui Grubu Pavyonu [23,s:101]

#### 6.5.4.2 Splendinger'de Çok Amaçlı Salon, Manfred Schiedhelm Almanya

Küresel biçimlerin, birbiriyle bütünleşmesine dayalı bir tasarımı vardır. Pnömatik sistemde her iki tarafı PVC ile kaplı membran malzeme öngörülmüştür.



Membran, bazı yerleri şeffaf bazı yerleri şeffaf olmayacak şekilde üretilerek, güneş ışınlarına karşı bir filtre ile donatılmıştır.

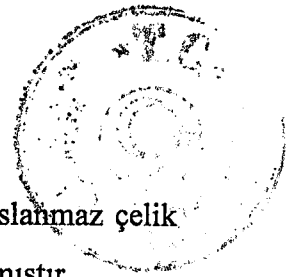


Şekil 6.5.9 Splendinger'de Çok Amaçlı Salon [23, s: 102]

#### 6.5.4.3 Metal Folyolu Pnömatik Kubbe, Mamoru Kawaguchi

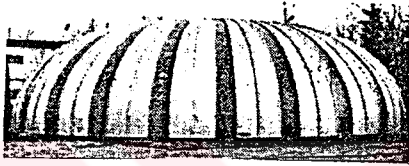
Fiziksel etkilere ve yangına daha dayanıklı olması nedeniyle çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum alaşımlarından elde edilen metalik folyolarla pnömatik sistem yapma girişimleri ABD, Sovyetler Birliği ve Avrupa ülkelerinde denenmiştir. Bu yaklaşımlarda metalik örtünün homojen olduğu kabul edilmektedir. Tam anlamıyla her yönde ve doğrultuda yük aktarabilmek için metal folyoların birbirine kaynaklanması gerekmektedir. Ancak metal folyoların çok ince olmasından dolayı, bu işlem zor ve pahalıdır. Bu nedenle bu uygulamada metal folyoların uzunlukları doğrultusunda yük taşıması yoluna gidilmiştir. Şeritler, üst uçlarından ortadaki bir metal çekme çemberine, alt uçlarından da yüksek dayanımlı çelik bulonlar aracılığıyla betonarme sürekli temele sıkıca mesnetlendirilmişlerdir.

Uzun kenarlar boyunca yük aktaracak bir bağlantı yapılamamakta, bu durum sistemin olumsuz bir yanını oluşturmaktadır. Bu olumsuzluğu yok etmek için, metal folyolu bir pnömatik sistem yapımında ve biçimin belirlenmesinde, oluşacak geometrinin iç basınç verilmesinden sonra enine yönde gerilme yaratmayacak bir şekilde olması önem kazanmaktadır. Kawaguchi bu yüzeyi “olabilecek en basık pnömatik biçim” olarak adlandırmaktadır. Deneme için yapılan kubbe 20 m. çapında seçilmiş ve formüle göre 5.991 m. yükseklik hesaplanmıştır. Ortada 3 m. çaplı bir çekme çemberi öngörülmüş ve bu aynı zamanda ışık alınacak bir olanak olarak

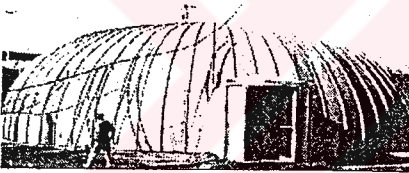


değerlendirilmiştir. Membran malzemesi olarak 0,3 mm. kalınlıkta paslanmaz çelik folyo ile ışıklık üzerinde 200  $\mu$  kalınlıkta şeffaf polyester folyo kullanılmıştır.

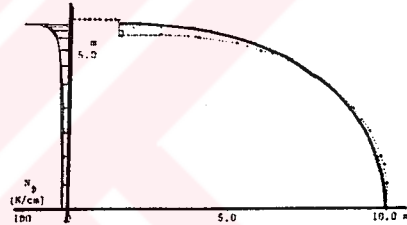
Kubbenin yüzeyi 72 şeritten oluşmuştur. Şeritler uzun kenarları boyunca kıvrılarak bir bakıma flanşlar elde edilmiş ve buralardan 200 mm.'de bir kaba bulonla birbirlerine tutturulmuştur. Montaj işlemi için yere önce bir pnömatrik bulon serilmiş, bunun üzerine metal şeritler dış uçları serbest, iç uçları çekme çemberine bağlı olacak şekilde yerleştirilmiştir. İki saat süren montaj işleminden sonra alt uçlar betonarme temel üzerindeki çelik profillere bulonlarla tutturulmuştur.



a) Şişirme İşlemi



b) Son Durum



c) En Basık Pnömatrik Kubbe Geometrisi

Şekil 6.5.10 Metal Folyolu Pnömatrik Kubbe [23, s: 103]

#### 6.5.4.4 ABD Pavyonu, Davis Chermayeff, Ohbayashi - Gumi Lmd., Osaka, 1970

Bu yapıda 142 m. uzunluk ve 83.5 m genişlikte yaklaşık 10.000 m<sup>2</sup>'lik oval bir alanı örten tek tabakalı kablolarla takviye edilerek basık tutulmuş bir pnömatrik strüktür tasarlanıp uygulanmıştır.

Membran örtü cam elyaf liflerinden örülmüş ve üzeri vinil kaplanmıştır. Oval planı diyagonal olarak geçen takviye kablolarının çapı 38-56 mm. arasında değişmektedir.

Oldukça basık bir çatıya sahip (çatı yüksekliği ankraj noktalarından sonra 9m.dolayındadır) bu binanın taşıyıcı sistemi, toprağa gömülmüş gibi görünmektedir.

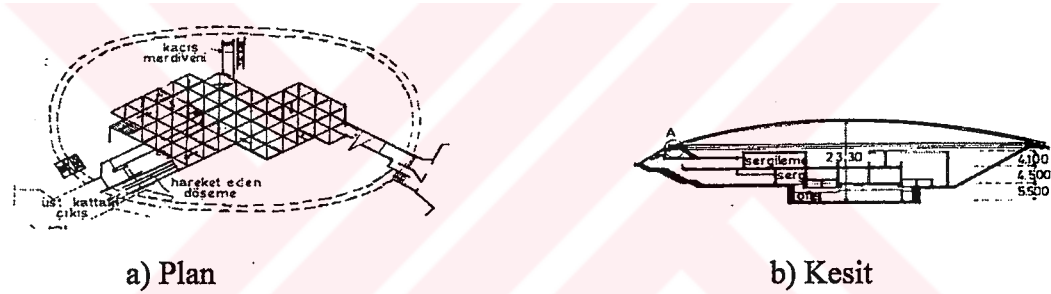


Bunun nedeni, ortadan kazılan toprağın kenarlara yığılması ve bunun üzerine betonarme sürekli temelin yapılarak, kabloların bu temelin üst katına mesnetlenmesidir. Pnömatik sistemlerin hafifliğini bu örnekte çarpıcı bir şekilde görmek olasıdır.

Kablo ağı da dahil olmak üzere taşıyıcı sistemin toplam ağırlığı  $1.2 \text{ Kg/m}^2$  dir. Gerçekten de tüm çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerde söz konusu olan hafiflik özellikle çadır ve pnömatik sistemlerde zirveye ulaşmaktadır.

Burada içte sağlanan 200 mm lik su basıncı, pnömatik sistemlere öngerilme vermek için yeterli olmuştur.

Üst kattan girilen sergiye hava kaçmasını önleyecek türde kontrollü üç giriş-çıkış verilmiştir. Sergi bölümü binanın üst iki katında yer almakta en altta da ofisler bulunmaktadır.



a) Plan

b) Kesit

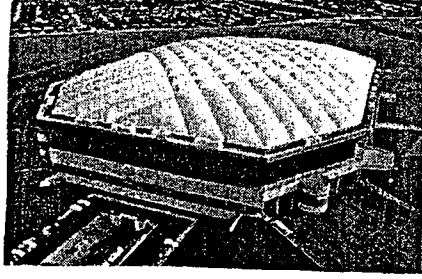
Şekil 6.5.11 ABD Pavyonu, Osaka (23, s: 106)

#### 6.5.4.5 Silverdome, Pontiac O'Dell Hewlett - Luckenbach, Geiger, Berger, Michigan 1975

Kablolarla desteklenmiş ve böylece basık tutulmuş hava destekli (tek cidarlı) bir pnömatik strüktürdür. 90.000 kişilik ve  $39.000 \text{ m}^2$ 'lik dev bir tesisi örtmektedir. Membran bezi olarak, teflon kaplı cam elyaf (fiberglas) dokuma kullanılmıştır. Yapımından sonra çok sayıda büyük spor tesisine örnek olmuştur.

Dıştaki bir çember bir yandan çekme kuvvetine karşı ankraj görevi görürken diğer yandan basınç çemberi olarak çalışmaktadır. Bu çembere membran içinden geçen ve pnömatik sistemin basınlığını sağlayan destek kabloları monte edilmiştir. Maksimum açıklık 750 ft. olup bir kablo 8 ton çekmiştir. Montajda hızlı vinçler ve bir helikopter kullanılmıştır. Kablo çapı  $3/4$  inç, çatı membran ağırlığı 50 ton

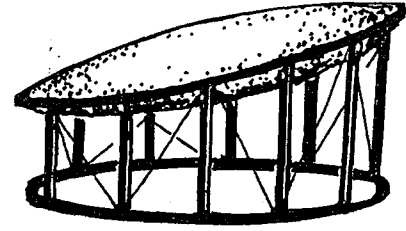
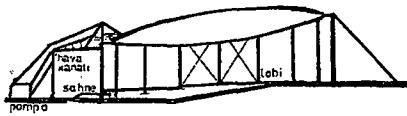
tutmaktadır. İç basıncın aniden yitirilmesini önlemek için giriş ve çıkışlarda çift kapılı, basınç setleri öngörülmüştür [ 23 ].



Resim 6.5.1. Silverdome, Pontiac [23, s: 107]  
Hava Destekli, Basık Geometrili, Pnömatik Sistem

#### 6.5.4.6 Boston Sanat Merkezi Tiyatrosu, Carl Koch, Paul Weidlinger, 1959

1959'da tasarlanmış olan bu bina mimarlıkta pnömatik sistem uygulamalarının ilklerindedir. Önce çadır strüktür olarak düşünülmüş, daha sonra 44 m. çapında 6 m.yüksekliğinde yuvarlak bir yastığı andıran bir pnömatik sistem uygulanmıştır. Akustik nedenlerden ötürü öne doğru eğik yapılan şişirme çatı yükünü kolonların desteklediği bir basınç çemberine aktarmaktadır.



Şekil 6.5.12 Boston Sanat Merkezi [23, 108]

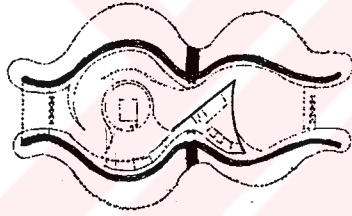
#### 6.5.4.7 Taşınabilir Sergi Salonu, Lundy

Bina Amerikan Atom Enerjisi Komisyonu sergileri için tasarlanmıştır. Pnömatik binanın tercih edilme nedenleri, sökülüp yeniden kurulabilir olması, hafiflik, taşıma ve montaj kolaylığı ile uygun maliyetidir. Sergi 90 m. uzunlukta, 38 m. genişlikte ve maksimum 15 m. yükseklikindedir. İki cidarlı strüktürün arası

1,2 m'dir. Örtü malzemesi olarak üzeri vinil kaplı naylon bez kullanılmıştır. İki cidar arası sekiz ayrı bölümde oluşturulmuş böylece herhangi bir aksilik durumunda binanın tamamının çökme tehlikesi azaltılmıştır.

Şişirme pnömatik sistemlerin bir diğer avantajı, iki cidar arasındaki hava boşluğunun sağladığı ısı yalıtım özelliğidir. Böylece iyi korunan iç mekanın ısıtma giderleri azaltılmaktadır. Burada basınç fazlası hem iki cidar arasında hem de insanların bulunduğu mekanda yaratılmaktadır. Giriş ve çıkışlar iki uçtan olmaktadır. Buralarda hava kaybını azaltmak için sabit kasalara tutturulmuş döner kapılar yapılmıştır.

Pavyonun taşıyıcı sisteminin montajı uzmanların kontrolünde çalışan 12 işçi yardımıyla 3-4 gün içinde tamamlanabilmiştir. Temel yapımı ve montaj işlemi tamamlandıktan ve uygun bir kompresörle 30 dakikalık şişirmeden sonra sistem stabilitesi sağlanmaktadır [ 23 ].



Plan



Kesit

Şekil 6.5.13 Lundy'nin Taşınabilir Sergi Binası [23, s: 108]

#### 6.5.4.8. Fuji Grubu Pavyonu, Yukata Murata, Mamoru Kawaguchi, Osaka, Japonya, 1970

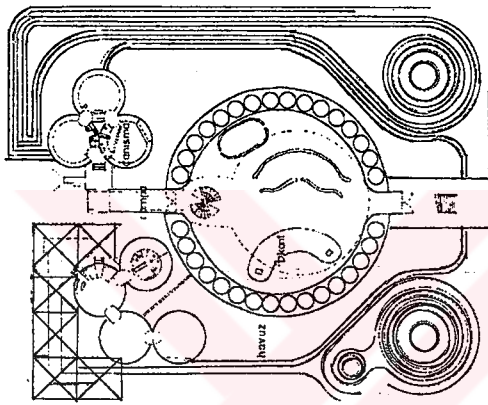
Bu yapıda 50 m. çapındaki dairesel planın üzeri, herbiri 78 m. uzunlukta ve 40 m. çapındaki hortumların yan yana gelip dairenin iki ucuna mesnetlenmesiyle örtülmüştür. Böylece eşit uzunluktaki hortumların geçtiği açıklıklar farklı olduğundan farklı geometrilere sahip kemerler oluşmuş, uçtaki hortumlar ortadakilerden daha yüksek kalarak, dev bir semeri andıran görünüş elde edilmiştir.

Her iki uçta şişirme hortumlarla desteklenmiş membran duvarlar, kemerlerin üstüne tutturularak hem giriş yüksekliği azaltılmış, hem de bu hortumlar kablolarla

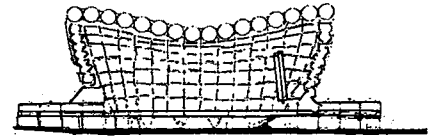


binanın uzun eksenini boyunca girilerek giriş çıkış istikametinde strüktürel rijitlik artırılmıştır. Bütün hortumlar, tokalı geniş şeritlerle birbirine kenetlenerek yapı tüm statik etkilere karşı bütünleştirilmiştir.

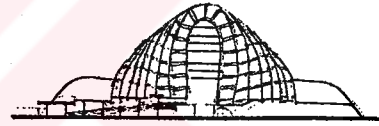
Ziyaretçiler, hafif eğimli bir rampadan geçerek şişirme kemerlerin oluşturduğu mekana girmektedirler. Örtülen mekanda iç basınç olmadığı için giriş ve çıkışlarda hava kontrolü yoktur. Hortumlarda pencere veya başka ışık girecek olanak olmadığından, doğal aydınlatma içlere doğru azalmaktadır. Çıkışlarda küçük pnömatik strüktürlerle örtülü ofisler, makina ve tesisat bölümleri vardır [ 23 ].



Plan

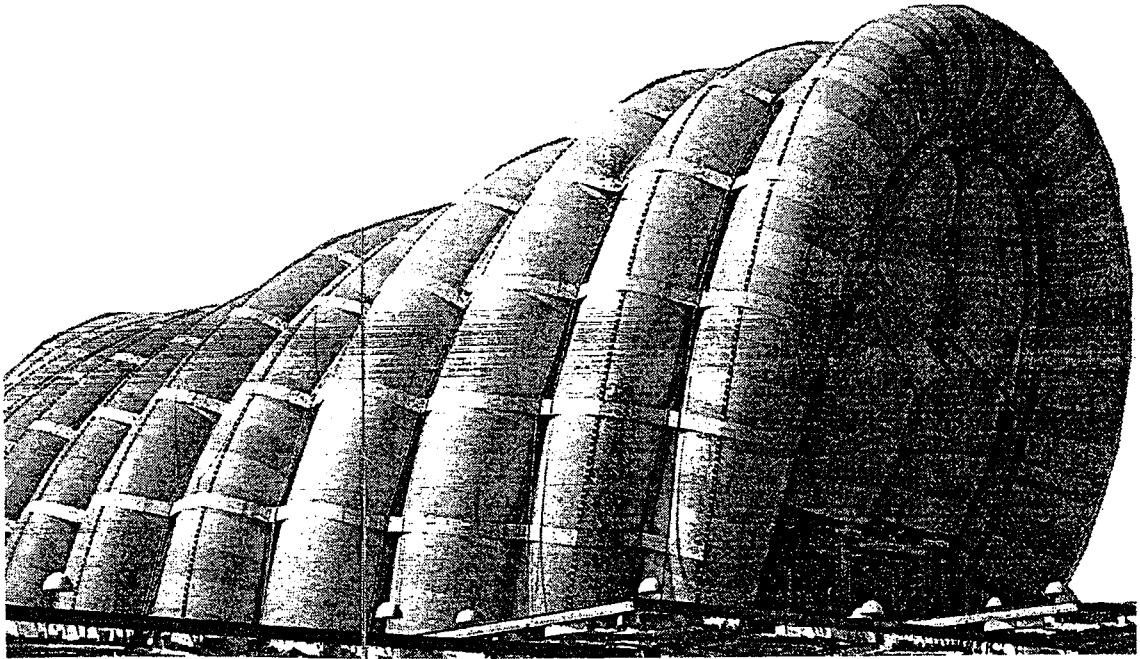


Boyuna Kesit



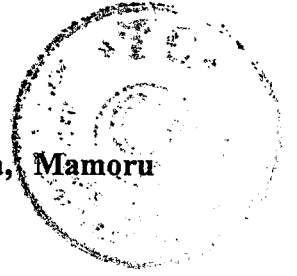
Ön Görünüş

Şekil 6.5.14 Fuji Grubu Pavyonu [23, s: 110]



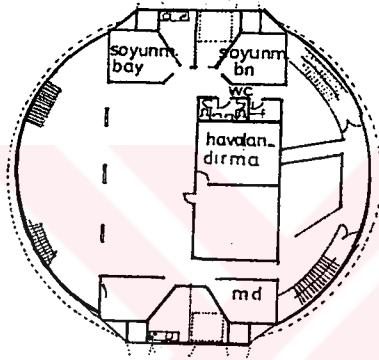
Resim 6.5.2. Fuji Grubu Pavyonu [23, 111]



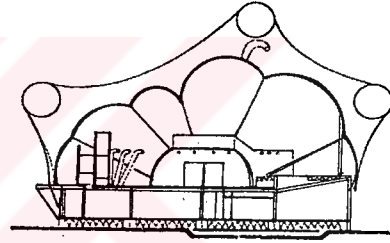


#### 6.5.4.9. Yüzen Tiyatro ve Sergi Binası, Yukata Murata, Mamoru Kawaguchi, Expo 1970, Osaka

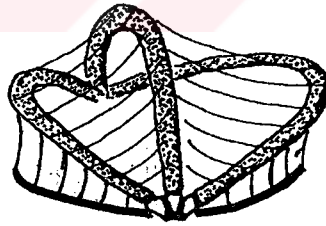
Taban alanı  $600\text{m}^2$  olan toplamı  $1000\text{m}^2$ 'lik bir alanın çatısı şişirme pnömomatik sistemle örtülmüştür. Binanın tabanı çelik iskeletli bir bottur. Çatı ise şişirme üç hortumdan kaburga kirişlerinin gerdiği bir membran örtüdür. Tavan da ayrı bir membran örtüdür. Bu örtü ile çatı örtüsü arasında bir boşluk bulunmakta ve basınç farkını sağlayacak hava, bu boşluktan pompalanmaktadır. Kaburga görevi gören hortumların ve aradaki boşluğun iç basıncı rüzgarlı havalarda artırılmaktadır [ 23 ].



Plan



Kesit

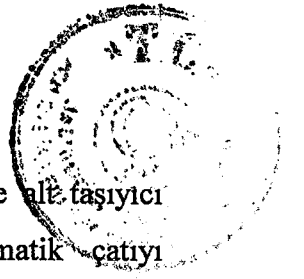


Detay

Şekil 6.5.15 Yüzen Sergi Salonu [23, s: 112]

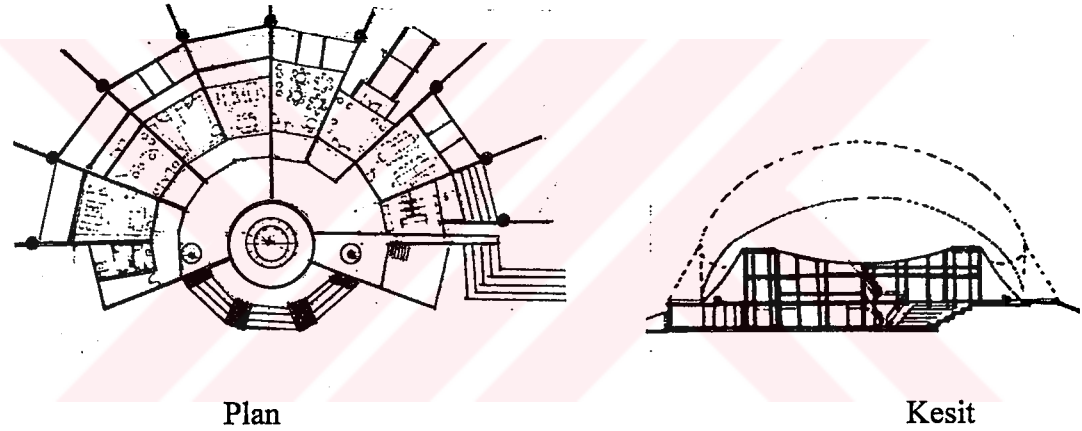
#### 6.5.4.10. Değişebilir Pnömomatik Çatı, R. Kleine, G. Kulm, W. Witte, W. Hauck, Rülzheim Almanya

Speyer kenti yakınında, Rülzheim'de yapılan ve 1974 yılında tamamlanan bu bina varolan yüzme havuzunu hem yaz hem de kış aylarında kullanılan çok amaçlı bir dinlenme tesisine dönüştürmektedir. Dairesel alanın çapı 36 m. dir. Pnömomatik çatının mesnetleri ve ankraj detayları o şekilde çözülmüştür ki çatı hacminin



değişmesiyle çatı bir kat kadar yükselip alçalabilmektedir. Betonarme alt taşıyıcı sistem iki katlı bir galeriyi taşımakta ve bu galeri de pnömatik çatıyı desteklemektedir. Pnömatik çatı iki membrandan oluşmaktadır. Dış cidar bir küre kapağı biçiminde olup iki cidar iki geometrik yüzeyin kombinasyonudur.

İki cidarın kesişim hattında, ankrajların mesnetlendiği çevre kirişi yapılmıştır. Çatı 16 noktadan dış çembere mesnetlenmiştir. Yaz aylarında dış çemberdeki bağlantılar çözümlenerek pnömatik çatı 4 m. yükseğe kaldırılmakta ve böylece ortaya çıkan alan kafeterya olarak değerlendirilmektedir. Kış mevsiminde çatı indirilerek kullanım şekli, tiyatro, sergi gibi işlevlere dönüştürülmektedir. Bu yapı pnömatik sistemlerin değişebilir kullanımına ilişkin çok somut bir örnek olarak belirginleşmektedir [ 23 ].



Şekil 6.5.16 Değişebilir Pnömatik Çatı [23, s: 113]

### 6.5.5 Değerlendirme

Kapalı membranlar olarak da tanımlanan grupta membran hem örtme hem de taşıma görevlerini birleştiren bir yüzey olup tamamen kapalı bir hacim oluşturmaktadır. Kapalı bir hacim içerisinde yaratılan basınç farkı ile membran örtüye öngerilme verilerek sistemin taşıyıcılığı sağlanmaktadır.

Sistem genellikle spor tesisleri ve tatil kompleksleri inşaatlarında kullanılmaktadır. Bunların yanısıra okul yapıları, bağımsız evler, endüstriyel tesisler, silolar, bürolar ve askeri tesislerde gerçekleştirilmektedir.

Pnömatik strüktürler; “Taşıyıcı Strüktür”, “Yardımcı Strüktür Elemanı” ve “Kalıp Elemanı” olarak kullanılmaktadır. Önceleri II. Dünya Savaşı’ndan sonra ABD’de askeri radar istasyonlarındaki radar antenlerini dış etkilerden, buzlanmadan vb. korumak amacıyla küresel biçimli pnömatik yapılar uygulanmıştır.

Pnömatik konstrüksiyonların biçimsel özelliklerini belirleyen yumuşak eğrisel hatlar ve kapanıklılık genel strüktürel gerekliliğin bir sonucudur.

Takamitsu Azuma’nın 1970 yılında dizaynladığı Mitsui Grubu Pavyonu’nda membran kubbe, çelik elemanlar, pnömatik kule ve hortumlar, tüm yapısal ve strüktürel elemanlar birbirleriyle bütünleşerek olumlu bir biçim yaratmışlardır.

Tasarımını Yukata Murata’nın 1970 yılında yaptığı Fuji Grubu Pavyonu’nda dairesel planın üzeri 4 m. çapında ve 78 m. uzunlukta hortumların yan yana getirilip mesnetlenmesiyle örtülmüştür. Böylece eşit uzunluktaki hortumların geçtiği açıklıklar farklı olduğundan farklı geometrilere sahip kemerler biçimi meydana getirmiştir.

Pnömatik sistemlerin çağdaş taşıyıcı sistemler içindeki yeri henüz yeni sayılmaktadır. 1950’li yıllardan sonra ivme kazanan ve her gün gelişmekte olan bu sistemlerin geçebileceği açıklıkların sınırı yok gibidir. Frei Otto ve Ove Arup’un “Kutup Şehri Projesi” örneklerden sadece biridir. Pnömatik sistemlerle, teknik becerinin de artmasıyla daha ekonomik olanaklar sağlanabilecektir.



## 7. ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMLERİ

Uygarlığın hızla gelişmesiyle insanoğlunun yaşam süresi ve standardı yükselmiş, ekonomik yönden rahatlamalar olmuştur. Buna karşılık dünyamızda bir takım sorunlarda artışlar meydana gelmiştir. Bunlar arasında dünya nüfusunun artışı, enerji sorunu, çevre kirlenmesi, ülkeler arasındaki ekonomik ve teknolojik dengesizliklerin büyümesi gibi sorunlar sayılabilmektedir.

Türkiye’de hızlı nüfus artışı, kentleşme hızının fazlalığı, aile sosyal yapısının değişmesi, devletin konut politikası, ticari amaçlı yıkımlar, doğal eskimeler, afetler, konut alım gücünün azalması gibi nedenler konut sorununu doğurmuştur. Konut açığını kapatmak amacıyla, sosyal konutlar üretmek, üretimde yeni sistemler ve malzemeler kullanmak ihtiyacı doğmuştur.

Bina yapımında kütleli üretimin gerçekleşmesinde geleneksel yapım sistemlerinin yetersizliğinin yeni yapım sistemlerinin araştırılmasına ve geliştirilmesinde yol açtığı bilinmektedir. Ön yatırımın, fabrika üretiminin, nakliyenin, montajın, işçilik giderlerinin minimum maliyetle sağlanabilmesi ve inşaat süresinin en aza indirilmesi endüstrileşmiş sistemin sebeplerindedir. Yapım hızını arttırmak ve şantiyede açık hava koşullarında üretim süresini kısaltmak için bir yandan hazır elemanlarla yapım sistemleri geliştirilirken bir yandan da yerinde dökme beton sistemlerinde yeni teknikler uygulanmaya başlanmıştır [35].

### 7.1. Kısmen Endüstrileşmiş Yapım Sistemleri

Malzeme ve bileşen üretiminin yanısıra şantiye sürecinde endüstrileşmenin sağladığı yapım sistemleridir. Bu grup içinde şantiyede üretimi yapılan sistemlerle, beton dökümü hızlandırılacak, kalıpların çok kez kullanılmayla maliyeti ucuzlatacak veya yapım sürecini kısaltacak yapım yöntemleri yer almaktadır. Bunlar;

#### a) Kalıp Yöntemleri

- Kalıcı Kalıplar



- Hareketli Kalıplar
- Takılır - Sökülür Kalıplar
- Pnömatik Kalıplar

b) Kaldırma Yöntemleri

- Plak Kaldırma
- Blok Kaldırma

c) Tünel Kalıp

Kalıp sistemleri, konvansiyonel yapımda günümüzün en yaygın malzemesi olan betonun, yapı bileşenleri üretiminde daha hızlı ve daha randımanlı kullanılmasını, beton yapılarda büyük yekün tutan kalıp giderlerinin azalmasını hedef alan sistemlerdir. Özellikleri;

- Endüstrileşme şantiye sürecinde gerçekleşmektedir.
- Tekrar tekrar kullanılacak kalıplar yardımıyla beton eleman üretimi hızlandırılır. Kalıp giderleri minimuma indirilmektedir.
- Makinalaşma oranı ve organizasyon yoğunluğu yüksektir.
- Yapının betondan oluşan taşıyıcı ve elemanlarının üretimi için uygundur.
- Cephe elemanları ve iç bölücü elemanlar konvansiyonel veya endüstrileşmiş yöntemle üretilebilmektedir.

Kaldırma yöntemlerinde ise zeminde beton dökümü kolay ve emniyetlidir. Yapı iskelesi gerekmemekte ve plaklara kolayca ön gerilme verilebilmektedir. Strüktür sistem kirişsiz döşemeden oluştuğu için yapıda sarkan kiriş yoktur. Bunun yanı sıra teknolojik zorluklarının fazlalığı ve yüksek yapıların uygulanmasında karşılaşılan güçlükler diğer olumsuz yönleridir.

Kayar kalıp inşaatı, betonarme inşaatların düşey elemanlarının yerinde dökme metodu ile yapıldığı, soğuk derzi olmayan ve iki saatte 2 - 6 m. yüksekliğe ulaşabilen, bir betonarme inşaat tarzıdır. Binaların perde duvarları içindeki merdiven, asansör boşlukları, tuvalet ve temizlik odaları vb.nin yer aldığı çekirdeklerin kayar kalıpla yapılması uygundur.

Kayar kalıpların optimum uygulandıkları yerler büyük yüzeyli kalıp kullanımına uygun yüksek çekirdekli yapılar, duvarlar, döşeme plakları betonarme olan binalardır. Duvar ve döşeme plaklarının düzgün geometrili, aynı boyutta ve kalınlıkta çok kez tekrar ediliyor olmaları sistemin ekonomisini arttırmaktadır. Kayar



kalıplar birçok kez kullanıldıktan sonra kendilerini amortize etmektedir. Kayar kalıp kullanımının avantajları;

- Özellikle 12 katlı ve daha yüksek binalarda maliyet azalmaktadır.
- Sürekli inşaat imkanı sağlamaktadır
- Stabilesi yüksek bir inşaat şeklidir.
- Asgari betonarme demiri kullanımını gerektirmektedir.

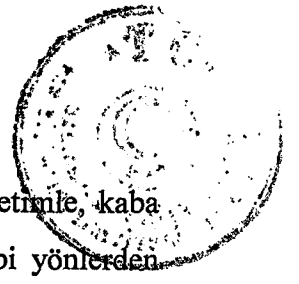
Tünel kalıp yöntemlerinin yangın uygulama olanağı bulmasının başlıca nedeni geleneksel monolitik beton sistemlere oranla üretim hızının yüksek olmasıdır. Endüstrileşme düzeyi daha yüksek olan prefabrike sistemlerin şantiyedeki üretim sürelerinin çok daha kısa olmasına karşın tesisin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması talebin kararsız ve üretim hacminin küçük olduğu durumlarda tünel kalıpların tercihi için neden oluşturmaktadır.

Tünel kalıplar dört yüzü kapalı kalıp birimidir. Mekanın beşinci yüzü kalıbın üzerine oturduğu döşemedir. Altıncı yüzü ise çıkarılabilmesi için açık bırakılmaktadır. Kalıp yüzeyleri genellikle 3-4 mm. kalınlığında çelik levhalardır. Kalıp yüzeylerinin düz olması sıvayı gerektirmemekte ve doğrudan kalıplama yapılabilir.

Kaldırma yöntemleri yerine göre tüm katların veya duvar döşeme panellerinin zeminde üretilip hidrolik veya mekanik kaldırma araçlarıyla belli bir düzen içinde kaldırılıp yapıdaki son yerlerine monte edildikleri yapı sistemleridir.

Kalıp teknolojisinin yaygın uygulama olanağı bulmasının başlıca nedeni geleneksel monolitik beton sistemlere oranla üretim hızının yüksek olmasıdır. Endüstrileşme düzeyi daha yüksek olan prefabrike sistemlerin şantiyedeki üretim sürelerinin çok kısa olmasına karşın, tesisin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, talebin kararsız ve üretim hacminin küçük olduğu durumlarda kalıp sistemlerin tercihi için neden oluşturmaktadır.

Binanın planlamasında, boyutlandırılmasında kalıp teknolojisinin verdiği olanaklardan faydalanılmaktadır.



Kalıp sistemlerinin ana amacı şantiyede makinalarla yoğun üretimle, kaba inşaat veya taşıyıcı sistemin inşası süresinde zaman, işçilik, enerji gibi yönlerden ekonomi sağlanabilmesidir.

## 7.2. Tam Endüstrileşmiş Yapım Sistemleri

Endüstrileşmiş yapım; en üst düzeyde ancak fabrika gibi sabit tesislerde üretimin büyük bölümünün makinalarla, hatta daha ileri aşamalarda robotlar vb. kullanılarak, tam otomasyon yoluyla yapılması durumunda gerçekleşmektedir. Günümüzde dünyada ve ülkemizde uygulanan endüstrileşmiş sistemin özellikleri şöyle sıralanmaktadır [41].

### • İş Bölümü:

Üretim süreci bir takım karmaşık işlemlerden oluşmaktadır. Geleneksel üretimde işçiler üretimin başından sonuna bu karmaşık işlemleri öğrenmek ve uygulamak durumundadırlar. Endüstrileşme ile bir ürünün elde edilmesindeki işlemler çeşitli gruplara ayrılarak daha basit hale getirilmektedir. Bunun sonucunda işçiler tüm işlemler yerine bir ya da birkaç küçük işlem grubunda çalışmakta ve böylece iş bölümü gerçekleşmiş olmaktadır.

### • İşlemlerin Sıralanması:

İş bölümünün gerçekleştirilmesinden sonra üretim sürecinde yer alan işlemlerin bazıları diğer işlemlerle aynı anda, bir kısmı ardarda, bir kısmı ise birbirinden bağımsız olarak yürütülmektedir. Bu ilişkiler gözönüne alınarak çeşitli gruplara ayrılan işlemler rasyonel bir biçimde düzenlenebilmektedir.

### • İşlemlerde Süreklilik:

İşlemlerin gerçekleştirilmesi esnasında hazırlık, düzenleme, temizlik gibi bazı nedenlerden dolayı oluşan zaman kayıpları maliyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Oysa aynı işlem üzerinde seri halde yapılan çalışmalarla bu kayıplar en aza indirgenebilmekte işlemlerde süreklilik olarak tanımlanan bu özellik kesiksiz ve sürekli bir üretim için büyük önem taşımaktadır.



- İşlemlerde Tekrar ve Uzmanlaşma:

Bir işçinin veya işçi gurubunun sürekli olarak aynı işlemde çalışması üretkenlik düzeyinde olumlu etkiler yapmaktadır. Aynı işi tekrarlayan işçiler o işlemde uzmanlaşmakta ve yapılan işin kalitesi yükselmektedir. Yine de işlemlerin tekrarı ile verimlilik yönünde kazanç sağlanmasına karşın işçiler üzerindeki psikolojik etkileri gözönüne alınarak tekrar oranı belirlenmelidir.

- Makinalaşma:

Teknoloji alanında kaydedilen önemli gelişmeler el emeğine dayanarak yapılan üretim ve montaj işlemlerinin makinalarla yapılmasını sağlamıştır. Makina, bir çok işçinin yaptığı işi tek başına daha kısa sürede yaparak birim zamandaki üretimi arttırmaktadır. El emeğiyle yapılan işe oranla makina ile yapılan iş daha hassas olmakta ve böylece ürünün kalitesi artmaktadır.

Ancak, makinaların ekonomik bir şekilde kullanılması için bazı temel koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir. Makinanın kullanımı sırasında boş geçen zamanlar süreyi ve maliyeti olumsuz etkilemektedir.

- Standartlaşma:

Endüstrileşmenin en önemli özelliklerinden biridir. Üretilen ürünlerin tür sayısını azaltarak, kaynakları bu sınırlı türler üzerinde yoğunlaştırmak standartlaşmayı sağlamaktadır. Standartlaşma çalışmalarında iki amaç vardır.

- Bir eylem süreci içinde kullanılan parçaların tip sayılarını azaltmak,
- Bu parçalar arası ilişkileri belli bir strüktüre oturtarak denetlemek.

Bu amaçlar doğrultusunda ürün türleri belirlenirken bazı etkenler rol oynamaktadır. Bunlar:

- Kullanıcı istekleri,





- Üretimle ilgili teknik ve ekonomik zorluklardır.

Yapı üretimi çerçevesinde standartlar şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

- Süreç standartları: Toplumca onaylanarak yerleşmiş bazı standart süreçler vardır. Örneğin, duvar örme, çatı inşa etme gibi. Ayrıca bir otorite tarafından onaylanan ve yürütülen standartlar vardır ki bunlara örnek Bayındırlık Bakanlığı Teknik Şartnameleridir.

- Nesne standartları: Tipleştirilmiş okul yapıları veya tipleştirilmiş kolon, kirişler bu gruba örnektir.

- Çevre (mekan) standartları: Performans şartnameleri adı altında bu tür standartlara rastlamak mümkündür. En genel örneği mekanlardan beklenen çevresel performansların standartlaştırılmasıdır.

• Kaynakların Rasyonel Kullanımı:

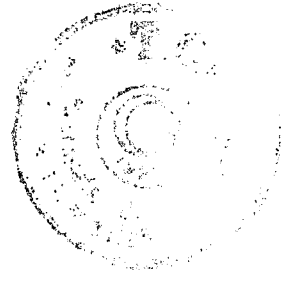
Üretim süreci içinde kullanılan kaynakların israfı minimum düzeyde olmalıdır. Bilimsel temellere dayanan ve sistemli çalışmalarla kaynakların rasyonel kullanımını sözkonusu olmaktadır.

• Yönetim İşlevlerinin Yerine Getirilmesi;

Bu özellik endüstrileşmiş üretim sürecinin tamamını kapsamaktadır. Yönetim işlevleri dört grupta toplanmaktadır.

- Planlama,
- Örgütlenme,
- Yürütme,
- Denetleme

Diğer özelliklerle elde edilen olumlu sonuçların bir bütün oluşturması sağlanmaktadır. Yönetim işlevleri, üretim sürecindeki birbirinden bağımsız olarak olumlu etkiler yapan özellikleri denetlemekte ve toplam faydayı artırmaktadır.



## **7.2.1. Prefabrik Sistemlerin Sınıflandırılması**

### **7.2.1.1. Üretim Yerine Göre**

Prefabrike sistemler üretim yapıldığı yere göre şantiye üretimi ve fabrika üretimi olarak iki kısımda incelenmektedir.

#### **7.2.1.1.1 Şantiye Üretimi (Üstü Açık veya Örtülü) Sabit Kalıplı Üretim**

Elemanlar şantiyede kurulan üstü açık veya örtülü bir geçici fabrikada üretilmektedir. Üretim bittikten sonra sökülüp başka bir şantiyeye nakledildikleri için bu üretim merkezine “gezici fabrikalar” da denilebilmektedir.

Şantiye üretiminde iklim faktörü de önem kazanmaktadır. Şantiyede üretimle çok büyük boyutlu kiriş, döşeme plağı, kabuk veya katlanmış plakların nakliye ve depolama gerekmeden doğrudan montajı sağlanmış olmaktadır [42].

#### **7.2.1.1.2 Fabrika Üretimi (Sabit Üretim veya Hareketli Bant üretimi)**

Sabit fabrikalarda yapılan üretim makineleşmeyi ve iyi kalite kontrolüne imkan sağlamaktadır. Genellikle bu tip tesisler esas üretim alanı, yardımcı mahaller, depolama yerleri olarak üç bölümden oluşmaktadır.

Esas üretim alanının büyüklüğü ön germe yataklarının sayısı ve uzunluğuna ve genelde yıllık üretim kapasitesine bağlı olmaktadır.

Yardımcı mahaller beton hazırlama yeri, demir donatı mahalli, demir atölyesi, marangozhane, elektrik atölyesi, buhar üretim yeri, araç gereç deposu, laboratuvarlar, idari bölümler olarak sıralanmaktadır.

Depolama alanı genelde iki aylık bir üretimi kapsayacak şekilde ana atölye alanının 2-3 misli büyük kapasitelidir [42].



### 7.2.1.2. Taşıyıcı Sistimine Göre

Prefabrike sistemler taşıyıcı sistemler açısından iskelet, panel, hücre ve karma sistemler olarak ele alınmaktadır.

#### 7.2.1.2.1. İskelet Sistemler

Hacmi sınırlayan elemanlarla yapıda taşıyıcılık vazifesi gören eleman gruplarının birbirinden ayrıldığı iskelet sistemlerde yükler zemine bir iskelet vasıtasıyla aktarılmaktadır. İskelet yapı haricinde kalan bölmeler ise taşıyıcı olmayan panellerle veya geleneksel yöntemlerle oluşturulmaktadır.

İskelet sistemlerde, sistem elemanları çeşitli kolon ve kiriş tipleri ve çerçevelerden oluşmaktadır.

İskelet sistemler kolon kiriş, çerçeve, mantar sistemler olarak üç grup altında incelenmektedir.

##### 7.2.1.2.1.1. Kolon - Kiriş Sistemi

- Kolon-kiriş sistemleri statik sistemine göre;

a) Sabit mafsallı sistem: Bu sistemde ankastre kolonlara sabit mafsallı kirişler oturtulmuştur. Betonarme prefabrikasyonunda en çok kullanılan yöntem olarak avantaj ve dezavantajları vardır.

Avantajları;

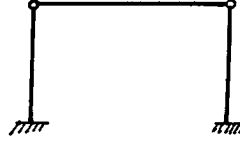
- Prefabrike olarak üretilmeye en uygun sistemdir.
- Üretimi, taşınması ve montajı kısa sürede olduğundan toplam bina üretim süresi daha kısadır ve dolayısıyla diğer sistemlere tercih edilir.

Dezavantajları;

- Kolonların ankastre olmasından dolayı oluşan momentler kolon kesitlerini aşırı büyütebilmektedir.



Kolonlarda oluşan momentler zeminde eşit olmayan oturmalara oluşturmaktadır [43].



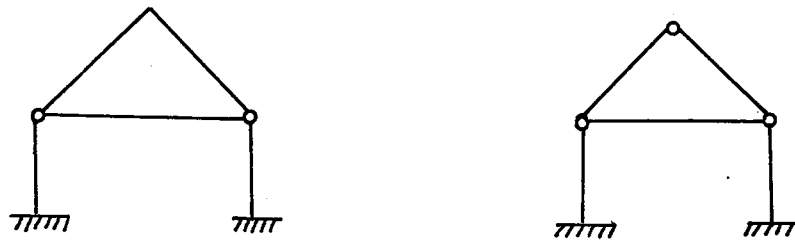
Şekil 7.2.1 Sabit Mafsallı Sistem [43]

b) Ankastre Kolonlara Oturan Rijit Bağlantılı Kirişlere Kurulan Sistem: Bu sistemde yatay ve düşey taşıyıcı elemanlar birleşim noktaları rijit yapılarak tüm sistem bir bütün olarak çalıştırılmaktadır. Sistemin bu şekilde çalışması statik anlamda çerçeve olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemin en önemli avantajı yatay kuvvetlere karşı direncinin fazla olmasıdır.



Şekil 7.2.2. Rijit Bağlantılı Sistem [43]

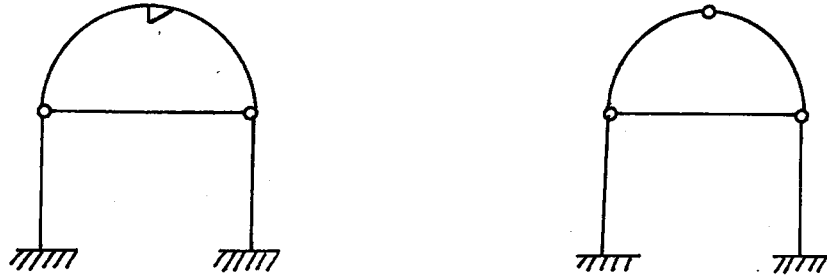
c) İki Kiriş ve Bir Gergi Elemanlarıyla Oluşturulan Üçgen Kirişli Sistemler: Doğrusal kirişli sistemlerle büyük açıklıkları geçmek mümkün olmaktadır.



Şekil 7.2.3 İki ve Üç Mafsallı Üçgen Kirişli Sistemler [43]



Kemer kirişlerde ise boyların kısalığı taşıma kolaylığı sağlamakta, ayrıca bombeli bir çatı elde edilmektedir.

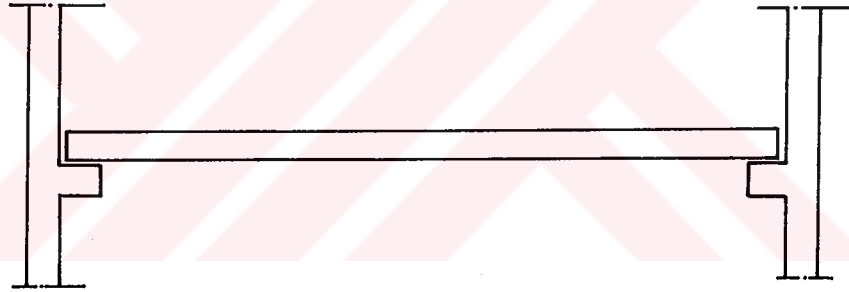


Şekil 7.2.4 İki ve Üç Mafsallı Kemer Kirişi [43 ]

- Çok Katlı Yapılarda Kolon Bağlantılarına Göre;

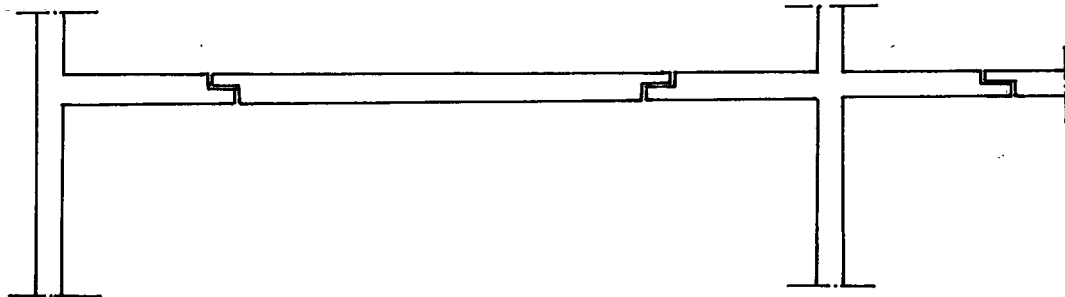
Eklentili Kolonlar; genellikle 10-60 m yüksekliğindeki binalarda uygulanmakta, kolonlar her katta veya iki katta bir eklentili olabilmektedir.

Eklentisiz kolonlar; genellikle 30 m. yüksekliğinde binalarda kullanılmakta, montaj mobil vinçlerle yapılmaktadır.



Şekil 7.2.5 Kirişlerin Kolon Çıkıntısına Oturma Durumu [43]

Lambda Sistemler; sürekli kolonlar kat seviyelerinde kısa konsol oluşturmakta ve kirişler bu konsolcuklara (0) moment noktalarında oturmaktadır.



Şekil 7.2.6 Lambda Sistemler [43]

Bu sistemler ters L ve T çerçeve bölümlerine benzeyen ancak konsol kol uzunlukları 1,8 m.'yi aşmayan kolonlara dayanmaktadır.

### 7.2.1.2.1.2 Çerçeve Sistemler

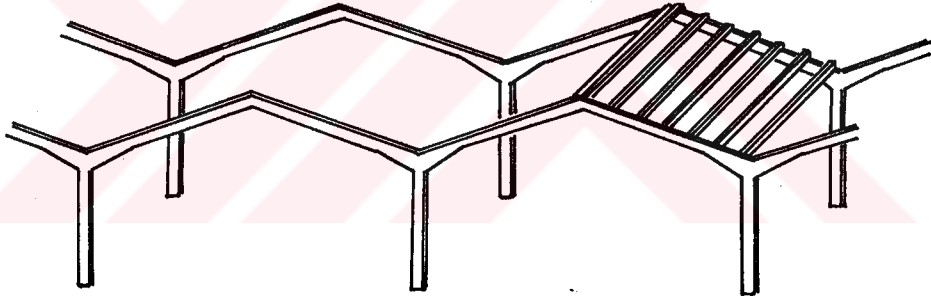
- Statik Sistemlere Göre

a) Tek Parçalı Sistemler: Tek parça halinde gelen çerçevelerin temellere ankastre veya mafsalla bağlandığı sistemlerdir.



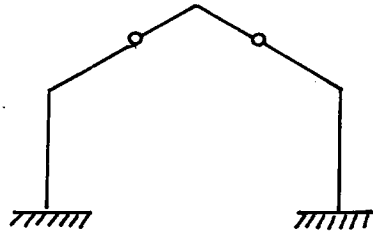
Şekil 7.2.7 Tek Parçalı Sistem [43]

b) Çok Parçalı Sistemler: Çatılı yapılarda kullanılır. Çerçeve elemanları şantiye ya da fabrikada üretilmekte, orta bağlantıları için hareketli iş iskelesi gerekmektedir.



Şekil 7.2.8 Çok Parçalı Sistemler [43]

c) Lambda Sistemler: Eğimli çatılarda momentin (0) olduğu noktalarda mafsallı bağlantılar yapılarak lambda denilen üç ayrı parçadan oluşan sistem uygulanmakta, bu sistem daha büyük açıklıkların geçilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 7.2.9 Lambda Sistemler [43]

d) Kemerler ve Üçgen Çerçevesel: Doğrudan temellere oturur. Bu tür statik sistemler büyük açıklıkların geçilmesine imkan tanımaktadır. Taşınması ve montajı oldukça zordur.



Şekil 7.2.10 Kemerler ve Üçgen Çerçevesel (43)

• Çerçeve Formuna Göre;

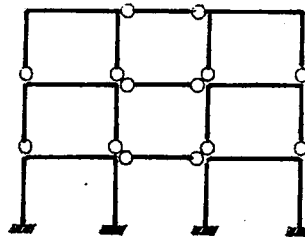
Yatay yüklerin fazla olduğu ve açıklık yükseklik oranının bir veya bire yakın olduğu durumlarda çerçeve sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemde çerçeveyi oluşturan düşey ve yatay çubuk elemanlar bir bütün olarak birlikte çalışmaktadır.

Çerçeve elemanlar genellikle şantiyede yerde yatık olarak üstüste veya düşey olarak batarya kalıplarla birkaçı birden dökülmekte, daha sonra yerinden özel vinçler yardımıyla sökülüp kaldırılmaktadır.

Çerçeve sistemler ağır elemanlar oldukları için ancak küçük açıklıkların geçilmesinde uygulanabilmektedir. Çerçeve tek parça olarak dökülemediği zamanlar 1.2 veya 3 mafsallı çerçeve çözümlerine gidilmektedir.

a) H Formlu Çerçeve Elemanlar

Bu tür çerçevelerde orta açıklık iki tarafta yer alan "H" formu çerçeve kirişlerin konsol olarak uzantıları ile oluşmaktadır. Kolon bağlantıları ya kat yüksekliği ortasından veya döşeme seviyesi üzerinden 1/3'de yer almakta ve bağlantılar yerinde yapılmaktadır.

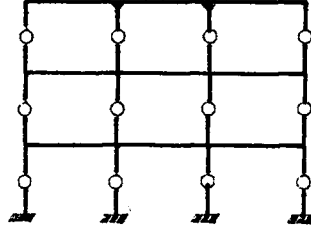


Şekil: 7.2.11 H Formlu Çerçeve Elemanlar [43].



### b) İki Mafsallı ve Takılı Kirişler

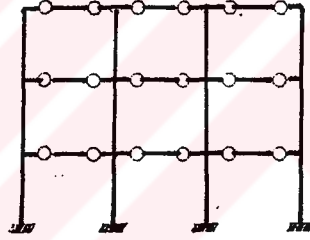
Çerçeveler birbiri üzerine otururken kirişler orta açıklıkta yer almakta bunlar serbest olarak çerçevedeki dişlere oturabilmekte ya da rijit olarak çerçeve ile bağlantı yapılabilmektedir.



Şekil 7.2.12 İki Mafsallı Çerçeveler [43]

### c) T Formlu Sistemler:

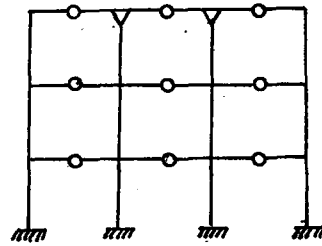
T formli kolonlar ve momentin (0) olduğu noktalarda, eklenmiş kirişlerden oluşmakta, rijit ya da mafsallı bağlantılar yapılabilmektedir.



Şekil 7.2.13 T Formlu Sistemler [43]

### d) T ve L Formlu Çerçeve Tipleri

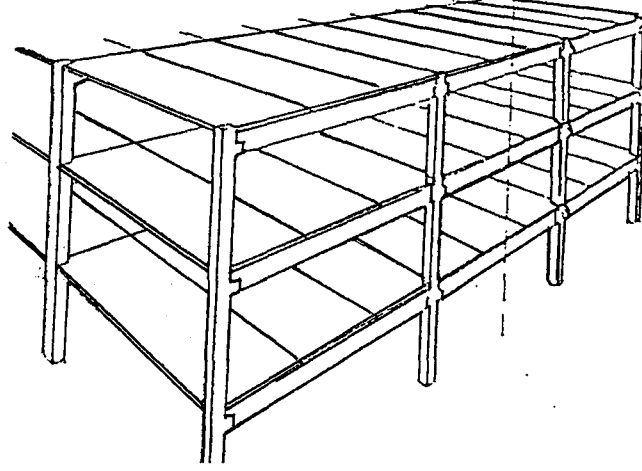
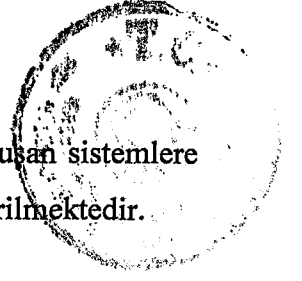
Açıklık ortasındaki mafsallı bileşimlere, katlarda rijit ya da mafsallı birleşimler uygulanabilmektedir.



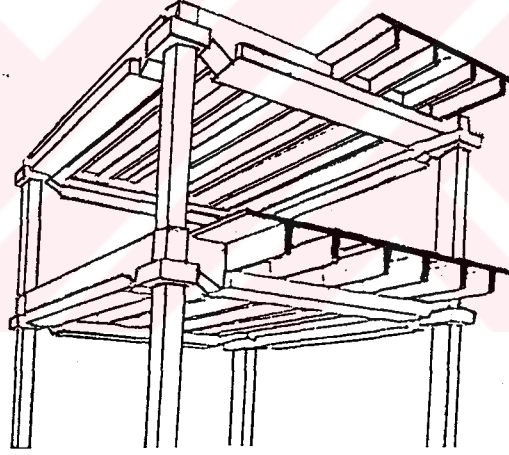
Şekil 7.2.14 T ve L Formlu Sistemler [43]



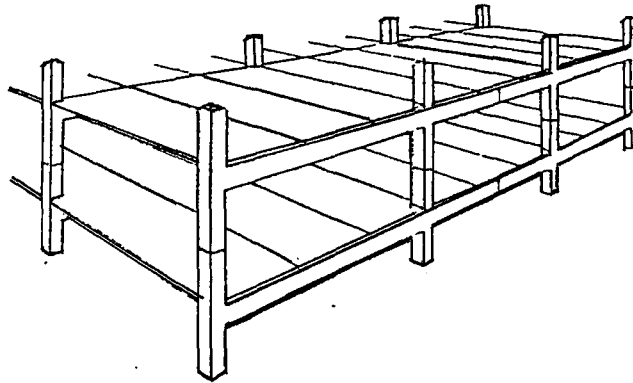
İskeleti çubuk elemanlardan (kolon + kiriş veya çerçeve) oluşan sistemlere karkas sistemler denir. Her tip karkas sistemin örnekleri aşağıda gösterilmektedir.



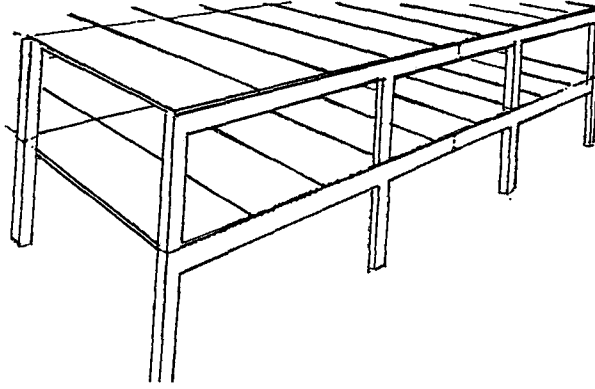
Açıklık Ortasında Birleşen İki Dikmeli Çerçevesizle Karkas Konstrüksiyon



ÜstÜste Oturtulmuş İki Mafsallı Çerçevesizle Karkas Konstrüksiyon



Yapı Yüksekliğince Eklentisiz Kolonlarla Karkas Konstrüksiyon



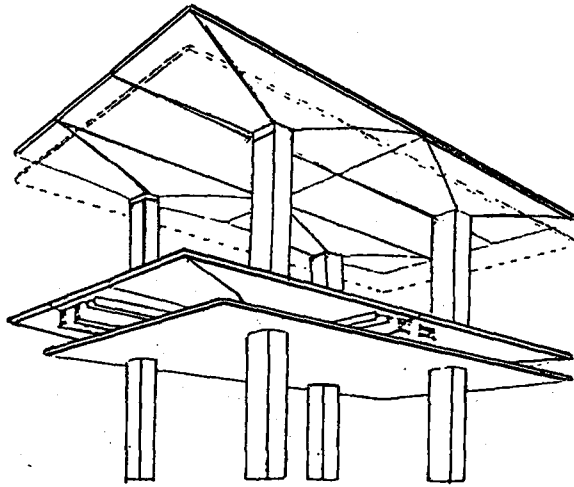
Üstüste Binen Kolonlar “T” Kirişler ve “TT” Döşeme Plakalarıyla Karkas Konstrüksiyon

Şekil 7.2.15 Karkas Sistemler [43]

#### 7.2.1.2.1.3. Mantar Sistemler

Mantar sistemler 4 grupta ele alınabilir.

- Döşemeyi mantarın tümünün kapsadığı sistemler
- Diagonal mantarlar ve döşeme elemanları
- Aralıklı mantarlar ve döşeme elemanları
- Aralıklı mantarlar ve genişliği az döşeme tipli kirişler.



Şekil 7.2.16 Mantar Döşeme [43]

Mantar döşeme her iki yönde de tesisat geçişine olanak sağlamaktadır.



### 7.2.1.2.2. Panel Sistemler

Panel sistemlerde yapıyı oluşturan asal elemanlar, düşey paneller (duvarlar) ve yatay panellerdir. (döşemeler) Herhangi bir elemanın panel olarak isimlendirilebilmesi için o elemanın dar boyutunun minimum yüksekliğinin 3 katı uzun boyutunun ise minimum yüksekliğin 6 katı olması gereklidir. Paneller büyük yüzeyleri kapatabilen yüzeysel elemanlardır [44].

1918'den başlayarak kısıtlı işgücü, yapı üretiminde hızlı bir rasyonelleşme gerektirmiştir. Yapım sürecinin büyük boyutlu eleman ve çabuk kuruyabilecek malzemeler kullanarak olabildiğince kısaltılması, çağının önem arz eden sorunlarından birini oluşturmuştur. Le Corbusier Amerika'daki modern seri üretimden etkilenerek, otomotiv endüstrisinde olduğu gibi fabrika üretimine dayanan, monte edilebilen konutu amaçlamış ve endüstriyel üretimin yapı sektöründe de yerini alarak, yapı elemanlarının fabrikada üretilmesini savunmuştur. Fabrika üretiminin temelinde yatan tabii ki seri üretimdir. Bu amaçlar doğrultusunda karakteristiğinden biri de seri üretim olan endüstrileşmiş yapım (ön üretim) 20. yy. mimarisini etkilemiştir. Yeni yöntemlerin yaratılmasındaki etkinliği ile Le CORBUSIER, Modern Mimarinin ve Rasyonel tutumun en önemli isimlerinden biri olup, açık ve esnek plan ilkesine dayanan ilk projesi Domino Evi'ni 1914-15 yıllarında gerçekleştirmiş, 1920'de ise bir prototip geliştirerek kitlesel üretime dayanan "Citrohan-Haus"u inşa etmiştir [3].

Bunu izleyen yıllarda büyük boy panellerle bina inşasının ve seri üretim prensibinin benimsenmesi ile binaların olabildiğince az sayıda ve taşıyıcı elemanlarla inşa edilmesine başlanmıştır. Böylece küçük eleman ve yapı bileşimi kullanımı ile gerçekleştirilen yoğun üretim yerini beton, ahşap, metal hatta plastik malzemelerle oluşturulan büyük boy elemanlara bırakmıştır. Bu tür elemanların uygulanması sadece taşıyıcı sistem elemanları ile sınırlı kalmayarak, taşıyıcı özelliği olmadan da iskelet yapıda giydirme cephe elemanı ve bölücü panolar şeklinde yer almaya başlamıştır [45].



### 7.2.1.2.2.1. Panellerin İşlevleri

a) Taşıyıcı Paneller; Yükleri yüzeyleri boyunca yayarak diğer taşıyıcı elemanlarına ve zemine aktaran elemanlardır. Taşıyıcı paneller taşıyıcı duvar panelleri ve döşeme panelleri olarak ikiye ayrılırlar.

• Taşıyıcı duvar panelleri; Bu tip paneller yüzeylerinde yer alabilecek (kapı ve pencere gibi) boşluklar açısından ikiye ayrılırlar.

-Dolu gövdeli taşıyıcı duvar panelleri

-Boşluklu taşıyıcı duvar panelleri

• Döşeme Panelleri; Bu tip paneller yükleri düşey taşıyıcı elemanlara aktarma açısından iki gruba ayrılırlar.

-Yükleri bir doğrultuda ileten döşeme panelleri

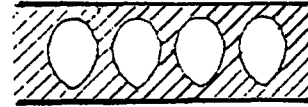
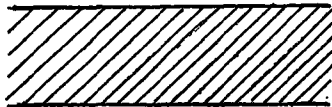
-Yükleri iki doğrultuda ileten döşeme panelleri

• Taşıyıcı Olmayan Paneller: Yalnızca bölücülük işini üstlenen bu paneller dış cephede ve iç kısımda kullanılırlar. Bunlar taşıyıcı paneller gibi dolu ve boşluklu yüzeyli olmaktadır.

• Özel İşlevli Paneller: Panel yüzeylerinde boruların, görülmesini önlemek amacıyla geliştirilen temiz su, pis su, havalandırma ve elektrik tesisatı içeren panellerdir.

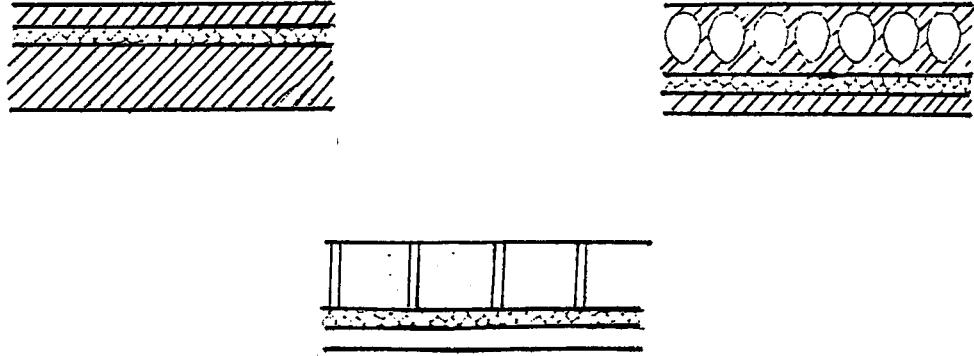
### 7.2.1.2.2.2. Panellerin Konstrüktif Özellikleri

a) Tek Parçalı Monolitik Paneller: Üretimde tek bir malzeme kullanılan panellerdir. Dolu gövdeli, boşluklu ve omurgalı olurlar.



Şekil 7.2.17 Tek Parçalı Monolitik Paneller [43]

b) Çok Parçalı (Kompozit) paneller: Üretiminde birden fazla malzeme kullanılan panellerdir. Dolu ve boşluklu gövdeli, omurgalı ve çerçeve iskeleti olmak üzere 4 grupta incelenirler.

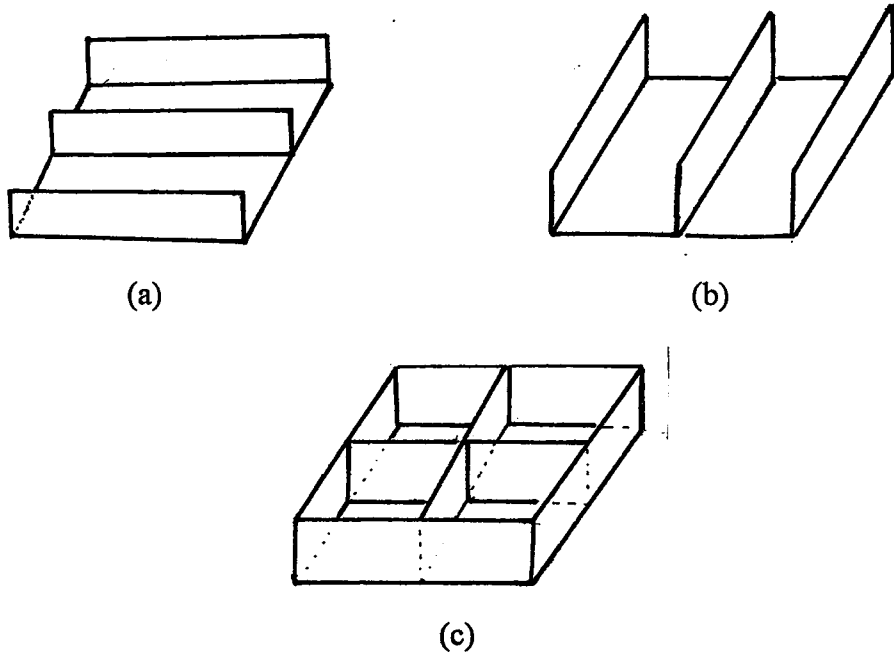


Şekil 7.2.18 Çok Parçalı Kompozit Paneller [43]

#### 7.2.1.2.2.3 Panellerin Yerleştirilme Yöntemleri

Panel sistemlerde taşıyıcılık, yüklerin geniş yüzeyli elemanlar olan paneller aracılığıyla zemine aktarılması esasına dayanır. Paneller üç şekilde yerleştirilebilir.

- Taşıyıcı duvar panellerinin yapının uzun boyutu boyunca düzenlenmesi (a).
- Taşıyıcı duvar panelinin yapının dar boyutu boyunca düzenlenmesi (b).
- Taşıyıcı duvar panelinin yapının her iki boyutu boyunca düzenlenmesi (c).



Şekil 7.2.19 Duvar Panellerini Yerleştirme Yöntemleri [43]



Panel sistemlerde birleşim noktalarının düzenlenmesi oldukça önem taşımaktadır.

- Yapının yatay ve düşey kuvvetlere karşı stabilitesinin sağlanabilmesi için birleşimin rijitliğinin sağlanması,
- Panel akslarının bir noktada kesişecek biçimde düzenlenmesi,
- Birleşim noktalarının hava ve su geçirmezliğinin sağlanması,
- Isı köprüsü oluşumuna engel olunması.

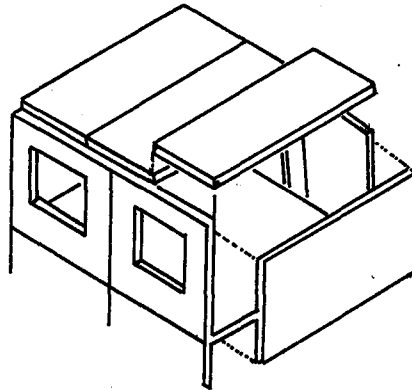
Panellerde birleşim tipleri kapalı ve açık birleşim tipi olarak iki açıdan ele alınmaktadır.

Kapılı bileşimde; panellerin birleşim noktalarında oluşan derzlerin dolgu malzemesi ile tamamen kapatılması gerekmektedir.

Açık bileşimde temel ilke dıştan gelen rüzgarın balona benzetilerek basıncı azaltan bir boşluğa alınmakta ve iç kısma geçmesi önlenmektedir.

#### 7.2.1.2.2.4. Panellerin Boyutlarına Göre Sınıflandırılması

a) Büyük Panel Sistemler; Genişlikleri oda boyutuna eşit veya daha fazla, yükseklikleri ise yine kat yüksekliğine eşit veya daha fazla olan büyük yüzeyli yapı elemanlarıdır. Büyük paneller herhangi bir makina yardımı olmaksızın kaldırılıp monte edilemezler.



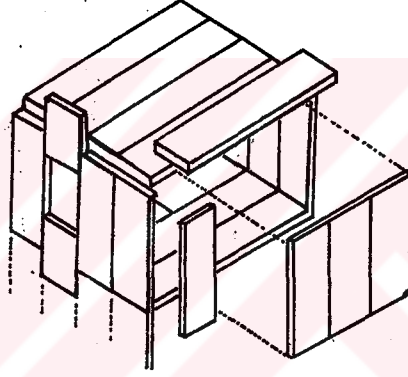
Şekil 7.2.20 Büyük Panel Sistemler [43]

b) Küçük Panel Sistemler; Fonksiyonel eleman niteliğinde olmayan bir hacmin bir yüzeyin kapatılması için bir kaçının bir arada kullanılması gereken panellerdir. Küçük paneller kendi içlerinde bloklar, dar paneller ve orta genişlikte paneller olarak üç grupta toplanmaktadır.

Bloklar bir boyutları kalınlıklarından fazla büyük yada eşit olan küçük yüzeyli yapı elemanlarıdır. Düşey ya da yatay konumda kullanılabilirler.

Dar paneller genişlikleri 40-50 cm. arasında değişen, yükseklikleri kat yüksekliğine eşit ya da altında olan panellerdir.

Orta genişlikte panellerin yükseklikleri de kat yüksekliği dolayında genişlikleri ise dar panellerden fazla olmakla birlikte oda boyutunun altında kalmaktadır [43].



Şekil 7.2.21 Küçük Panel Sistemler [43]

### 7.2.1.2.3. Hücre Sistemler

Hücreler duvar panelleri ile döşeme ünitelerinin biraraya gelerek oluşturdukları üç boyutlu mekansal elemanlardır.

#### 7.2.1.2.3.1. İşlevsel Özellikleri

Hücre birimi işlevsel özellikleri açısından;

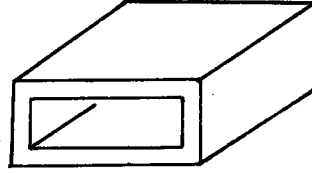
- a) Yaşama mekanı hücreleri,
- b) Tesisat hücreleri olarak iki gruba ayrılmaktadır.



### 7.2.1.2.3.2. Yapısal Özellikleri

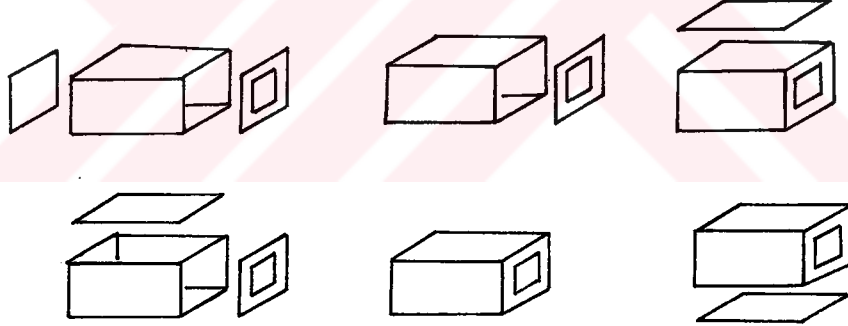
Yapısal özellikleri açısından hücre sistemler iki grupta incelenmektedir.

a) Sandık hücre: Bu tip hücreler çeşitli döküm yöntemleri uygulanarak, monolite bir bütün şeklinde üretilmektedir. Habitat Montreal 1967 bu şekilde yapılmıştır.



Şekil 7.2.22 Sandık Hücre [43]

b) Panellerden Oluşan Hücre: Hücreler lineer elemanlar ve paneller veya sadece panellerin birleşmesi ile üretilmektedir. Duvar ve döşeme bileşenlerinin düzenleme şekilleri açısından hücreler yarı açık kutu veya tam kutu birimler olarak değişik şekillerde kullanılabilir.



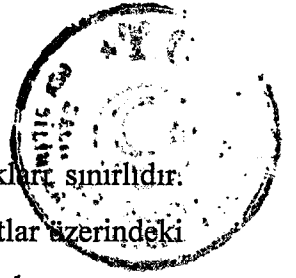
Şekil 7.2.23 Panellerden Oluşan Hücre [43]

### 7.2.1.2.3.3. Ağırlık Özellikleri

Hücreler kullanılan malzemeye bağlı olarak ağırlıklarına göre iki grupta incelenebilmektedirler.

a) Ağır Hücre: Taşıma ve montaj sisteminin önem kazandığı bu sistemde elemanların ağırlığı büyük boyutlu panellere oranla çok fazladır. Ağır hücrenin ortalama ağırlığı 20 tondur. Hafif agregalı beton kullanılan durumda ağırlık 18 ton'a düşmektedir.





b) Hafif Hücre: Hafif hücreli binaların yükselebilmeye olanakları sınırlıdır. Çoğu kez 1- 2 katlı binalar için, hatta ağır hücrelerden oluşan zemin katlar üzerindeki tek kat için kullanılmaktadır. Hafif hücrelerin ağırlığı 2 ile 10 ton arasında değişmektedir.

#### 7.2.1.2.3.4. Hücrelerin Biraraya Getiriliş Biçimi

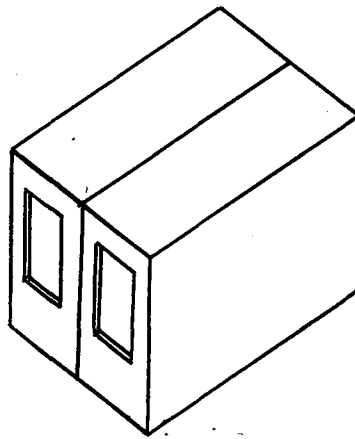
Hücrelerin biraraya getirilişi iki şekilde mümkün olmaktadır.

a) Bağımlı Yapı: Hücreler üstüste yığılarak oluşturulmaktadır. “Bağımlı yapı” tabiri en alttaki hücrenin üsttekiler kaldırılmadan yerinden oynatılamayacağını ve değiştirilemeyeceğini göstermektedir.

b) Bağımsız Yapı: Hücreler bir taşıyıcı yapı içine yerleştirilmektedir. Bağımsız yapılarda birbirinden bağımsız hücreleri ayrı bir yapısal iskelete entegre etmek ve taşımak sözkonusudur [43].

#### 7.2.1.2.3.5. Hücrelerin Oluşturdukları Mekânı Sınırlayış Şekilleri

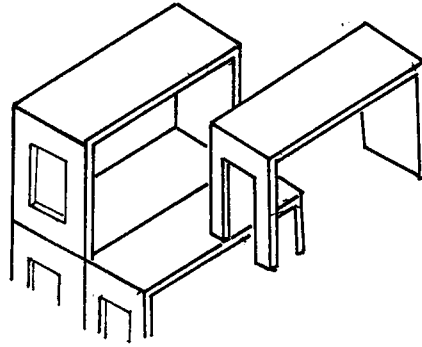
a) Kapalı Hücre: Hazır hacimler tamamen bitmiş birimler olup, tavan ve döşeme elemanları ile sınırlanmış üç boyutlu elemanlardır. Yapısal açıdan hem enlemesine ve hem de boylamasına duvarlar taşıyıcı görevindedir.



Şekil 7.2.24 Kapalı Hücre [43]



b) Açık Hücre: Açık hücre yalnız iki yanla sınırlıdır. Diğer yanlar açıktır. Sınırlanan taraf taşıyıcı iç duvar, dış duvar veya çerçeve olabilmekte ve açık hücre iki yönde mekansal esneklik olanağı vermektedir.



Şekil 7.6.25 Açık Hücre [43]

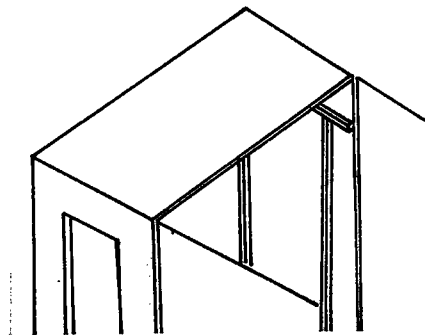
Hücre sistemlerde yükler taşıyıcı hücre biçimi oluşturan duvar elemanları (paneller) ya da döşeme elemanları tarafından birleştirilen çerçevelerle aktarılmaktadır.

#### 7.2.1.2.4. Karma Sistemler

Karma sistemler birden fazla eleman tipinden oluşan yapı sistemleridir. Daha detaylı ifade ile aynı yapı sistemi içinde iskelet + hücre, panel + hücre, hücre veya panel + iskelet gibi yapım yöntemlerinden birinin birlikte yer alması sözkonusudur.

##### 7.2.1.2.4.1. İskelet + Hücre Sistemler

Taşıyıcı sistemin kısmen hücre; kısmen çubuklarla oluşturulduğu sistemlerdir.

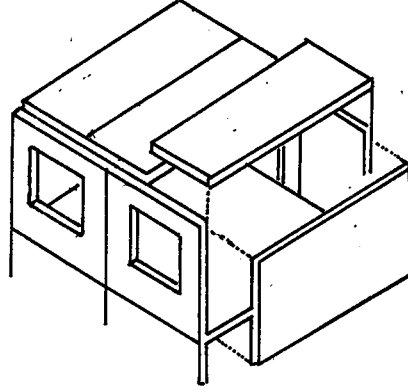


Şekil 7.2.26 İskelet + Hücre Sistemler [43]



#### 7.2.1.2.4.2. Panel + Hücre Sistemler

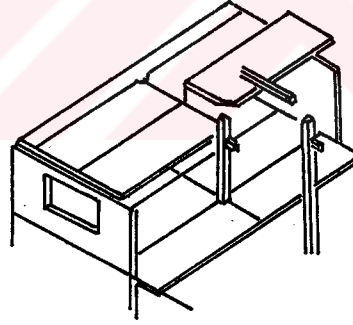
Taşıyıcı sistemi kısmen hücre, kısmen panel elemanlar oluşturduğu sistemlerdir.



Şekil 7.2.27 Panel + Hücre Sistemler [43]

#### 7.2.1.2.4.3. Panel + İskelet Sistemler

Taşıyıcı sistemin kısmen paneller kısmen de çubuk elemanlarla oluşturulduğu sistemlerdir.



Şekil 7.2.28 Panel + İskelet Sistemler [43]

### 7.2.1.3 Üretim ve Pazarlama Bakımından Sınıflandırma

#### 7.2.1.3.1. Kapalı Sistemler

Kapalı sistemlerin çıkış noktaları, binanın standardizasyonudur. Bazı bina tipleri için özel hazır yapı parçaları tasarlanıp üretilmektedir. Bunların şantiyede birleştirilmesi birbirini sırayla takip eden bir dizi işlem sonucu gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler bir bütün oluşturmakta ve ancak bir bina tipi için tekrarlanabilmektedir.



Bir kapalı sistemde hazır yapı parçaları kullanıcı tarafından iki şekilde elde edilebilmektedir.

- Talebe göre üretilmiş hazır parçaların kullanılması
- Bir binayı oluşturacak hazır yapı parçalarının firmanın katalogundan seçilmesi (Mekano sistem)

Kapalı sistemlerde diğer sistemlere oranla endüstrileşme düzeyi daha yüksektir.

#### 7.2.1.3.2. Yarı Kapalı Sistemler

Yarı kapalı sistemler binanın bir bölümünü meydana getiren yapı elemanlarının kendi içlerinde kapalı olmasına karşın, binanın bir diğer bölümünün geleneksel yollarla veya başka bir sistemin bileşenleriyle oluşturulması sonucu tam kapalı sistemlerin rijitliğine esneklik kazandırılan bir sistemdir. Fakat burada kapalı sistemlerden farklı olarak üreticiler arasında boyutsal ve teknik koordinasyon şartı vardır.

#### 7.2.1.3.3. Açık Sistemler

Açık sistem bir çok firma tarafından üretilen ve aralarında değiştirilebilir hazır yapı parçaları üretimine dayanmakta ortaya çıkan ürüne “uyumlu bileşen” veya “katalog bileşen” adı verilmektedir. Açık endüstrileşme üretim - tasarım - montaj aşamalarından oluşmaktadır.

#### 7.2.1.4. Eleman Ağırlıklarına ve Boyutlarına Göre Sınıflandırma

Ağırlıklarına göre prefabrike elemanları aşağıdaki şekilde gruplamak mümkündür.

- Bileşen ağırlığı = 500 kg ; Ağır prefabrikasyon
- Bileşen ağırlığı = 30 - 500 kg ; Orta ağırlıkta prefabrikasyon
- Bileşen ağırlığı = 30 kg ; Hafif prefabrikasyon



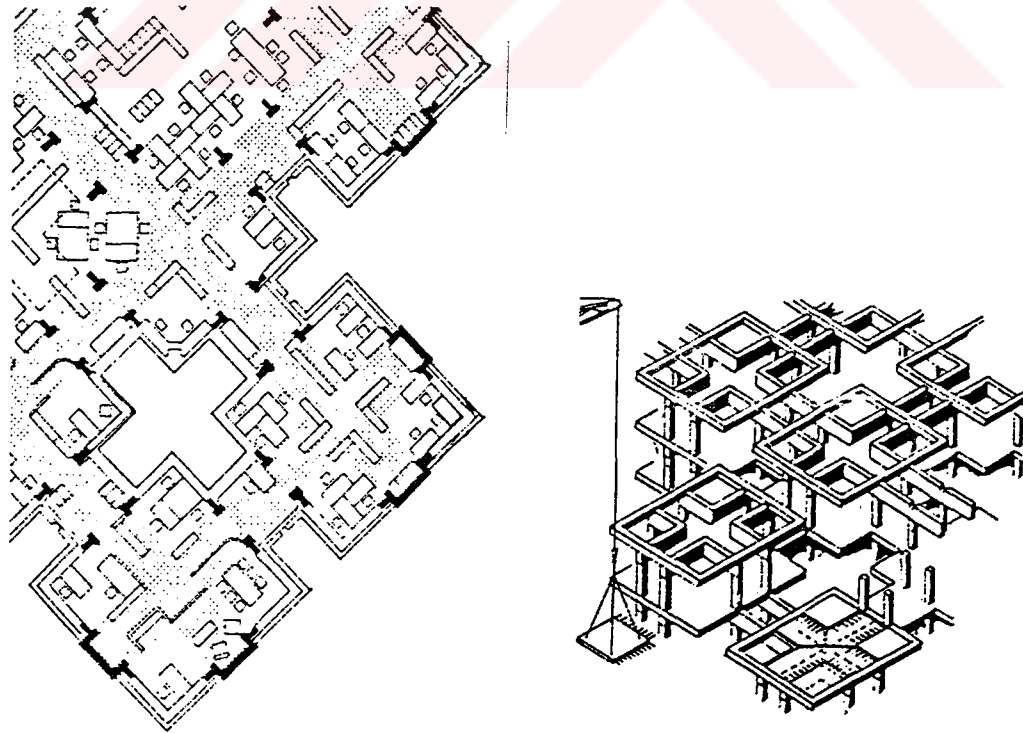
### 7.2.1.5 Prefabrikasyon Uygulamaları

İskelet, panel ve hücre sistemlerinin uygulamalarından örnekler verilecektir.

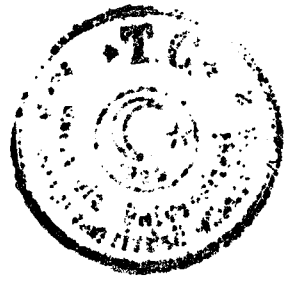
#### 7.2.1.5.1. Central Beheer İdare Binası, H. Herzberger, Hollanda

Bina büro ve idare bölümlerinden oluşmuş ve 5 katlı olarak tasarlanmıştır. Bu sistemde “T” enkesitli kolon ve kirişlerin oluşturduğu “konsol kollu portal” çerçevelerin birbirine dik doğrultuda düzenlenmesi ve yardımcı kirişlerle bağlanması suretiyle 9 m. x 9 m. lik odacıklar kurulmuştur. 12 kişilik çalışma gruplarını kapsayabilen bu birimler üstüste ve yanyana düzenlenmekte, tesisat yatay bağlantıları ise paralel konumlu çerçeveler arasında yer alarak tüm binaya hizmet götürmektedir.

Büro mekan organizasyonlarına yeni bir anlayış getiren bu projede eleman tekrarlarına rağmen tekdüzelikten uzak bir sonuca varılabilmektedir. Bu nedenle bu yapı sınırlı sayıda bileşenden oluşan bir yapı oyununun bile özgün çözümlere ulaştırılabileceğini göstermesi açısından önem taşımaktadır [42].



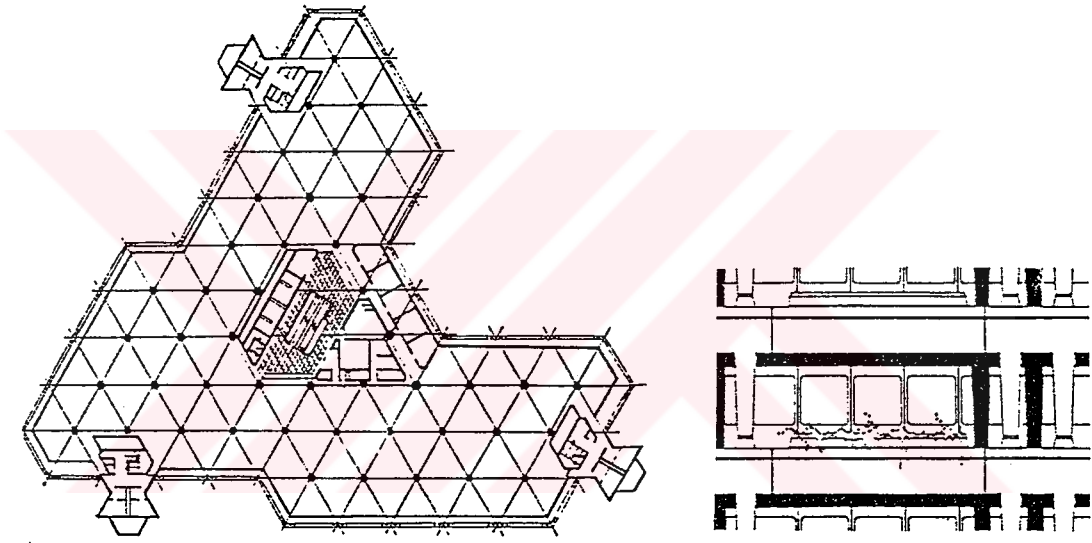
Şekil 7.2 29 Central Beheer İdare Binası [42, s :113]



#### 7.2.1.5.2. WPV - Münster İdare Binası, K. Kafka, Almanya

Tek bir projeye özgü olarak geliştirilmiş olan bu sistemde “basık T” enkesitli kirişler 60° lik modüler ızgaraya göre üç doğrultuda düzenlenmekte ve altıgen kolonların “çepeçevre konsollu” başlıklarına oturtulmaktadır.

Binaya hem rijitlik hem de özgün karakter kazandırmak amacıyla cephelerde H çerçeve bölümlü ayrı bir taşıyıcı sistem kullanılmıştır ve sözkonusu çerçeve bölümleri cephe düzlemi geri çekilerek vurgulamak istenmiştir [42].



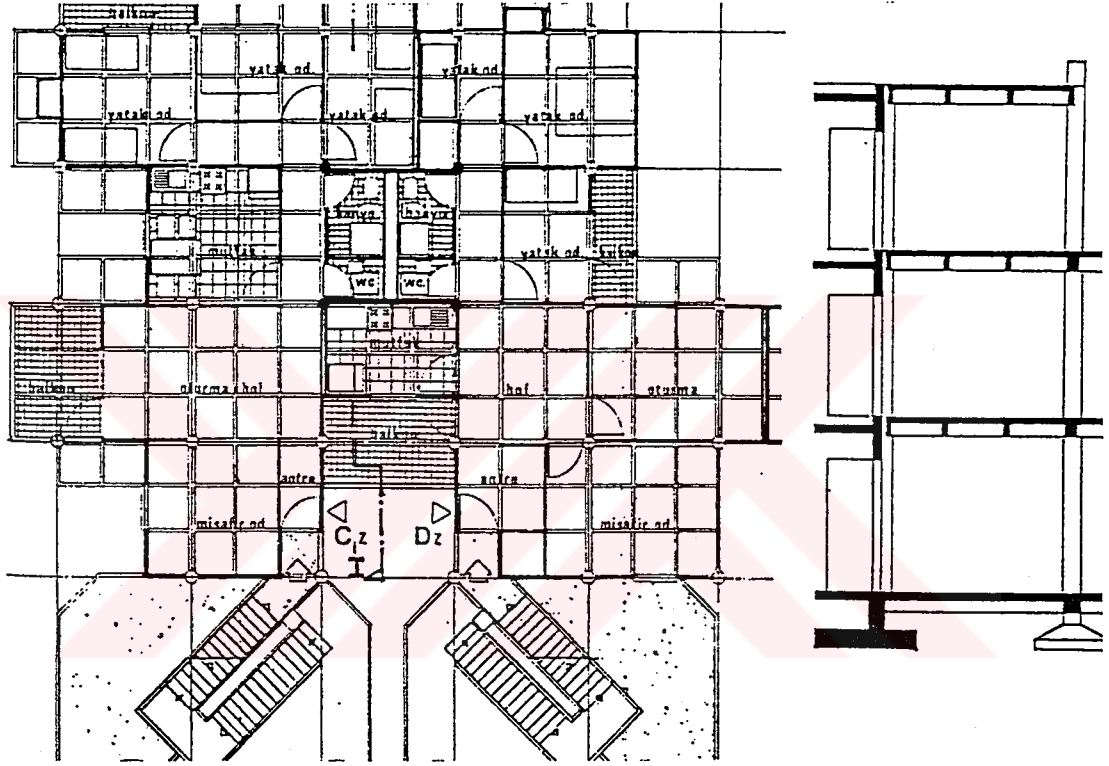
Şekil: 7.2.30 WPV Münster Binası [42, s: 114]

#### 7.2.1.5.3. BM İzmit Toplu Konutları, Birleşmiş Milletler, Türkiye

Öncekilere benzemekle birlikte, bu sistemin diğerlerine kıyasla daha kolay taşınabilir ve kaldırılabilir boyutlarda tutulmuş olan döşemelerinin ayrıca konsol çıkabilen ve köşe balkonu oluşturabilen türleri de geliştirilmiş, böylece sistem bölme duvarı düzenleme esnekliğinin yanısıra yatay ve düşey hareket olanakları da kazanmıştır.

Kolon - döşeme bağlantıları “mapfsallı” olup, yanal stabilite servis ve ıslak hacimleri içeren ve yerinde dökme çekirdek tarafından sağlanmaktadır.

Ancak olumlu tasarım özelliklerine karşın strüktürel modüllerin boyutsal değişim özelliği gösterememesi döşeme üretiminin pahalı kalıplara dayalı olması ve önerilen kolon-döşeme birleşim detayının etkinliği hakkında yeterli bir deneyimin bulunmaması, tartışmalara yol açmakta ve sistemin yaygınlık kazanmasını önlemektedir [42].



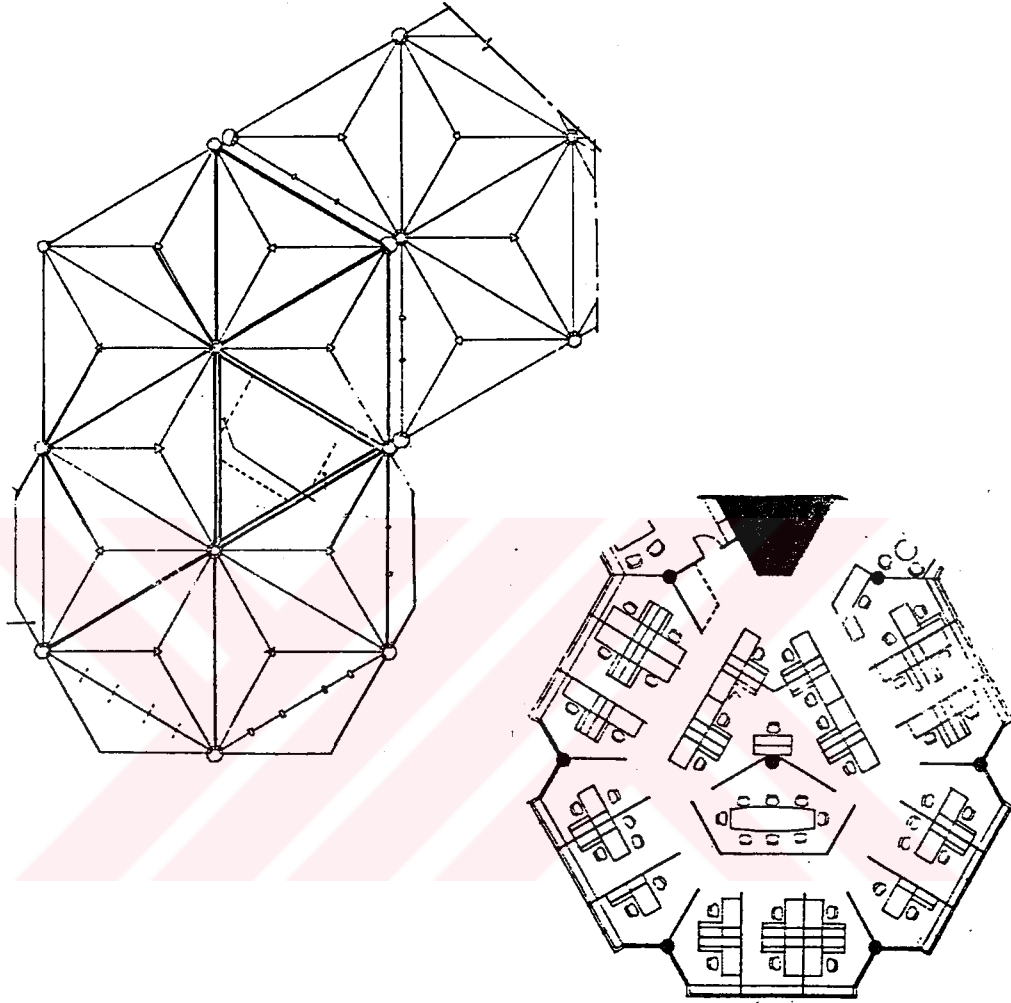
Şekil 7.2.31 İzmit Toplu Konutları [42, s: 168]

#### 7.2.1.5.4. Tridal İdare Binası, Sociere G.A., Fransa

Bu sistemde 9.0 m. aralıklı kolonlar, üçgen modüllü ızgaraya göre düzenlenmekte; onikigen kolonlara oturtulan, üçgen biçimli düz tavan yüzeyi “gizli kaset” enkesitli ve öngerilmeli döşemelerin sözkonusu kolonlarla olan bağlantıları özel öngerme bulonları ile gerçekleştirilmekte, ayrıca üç döşemenin tepe noktaları yine özel bir çelik tertibatla birleştirilmektedir.



Sonradan eklenen iki çeşit konsol döşeme sayesinde bina'nın cephe düzleminde hareketlilik ve çeşitlilik sağlanmıştır [42].

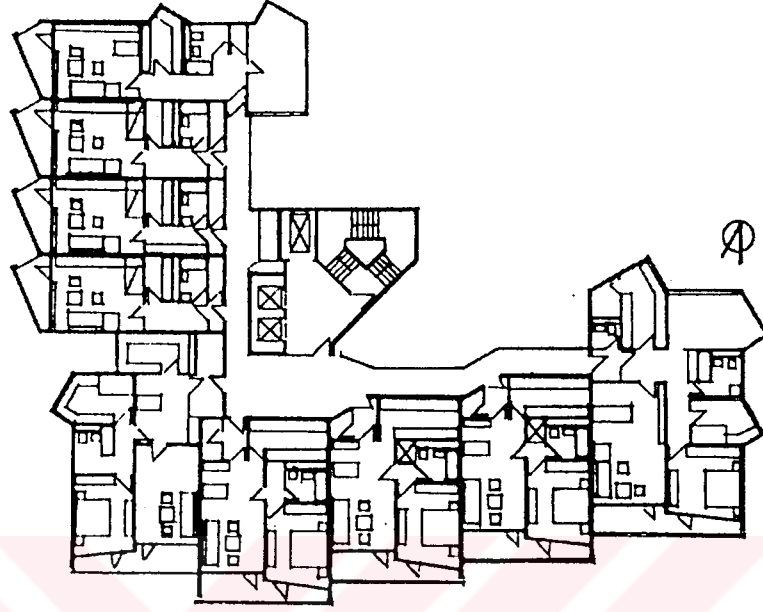
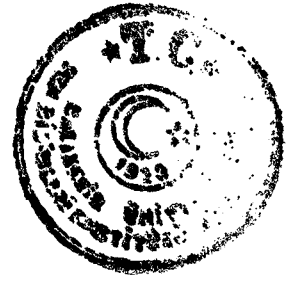


Şekil 7.2.32 Tridal İdare Binası [42, s: 206]

#### 7.2.1.5.5. Vogelsang Konutları, Mannheim, Almanya, 1964- 1972

Büyük boy panel uygulamalarının büyük çaplı tipik örneklerindedir. Burada konutların büyük kısmı 4 kat yüksekliğinde geleneksel tarzda bir kısmı ise 23 katlı olarak panel sistemlerle inşa edilmiştir. Bu uygulamada tasarımcılar Fransa'da gerçekleştirilen büyük boy panellerden yararlanmışlardır. Onu izleyen yıllarda prefabrike pano elemanları kullanımının sadece panel sistemlerle sınırlı kalmayıp taşınan cephe elemanı ve bölücü öge olarak da yaygınlaştığını gözlemlenmektedir.





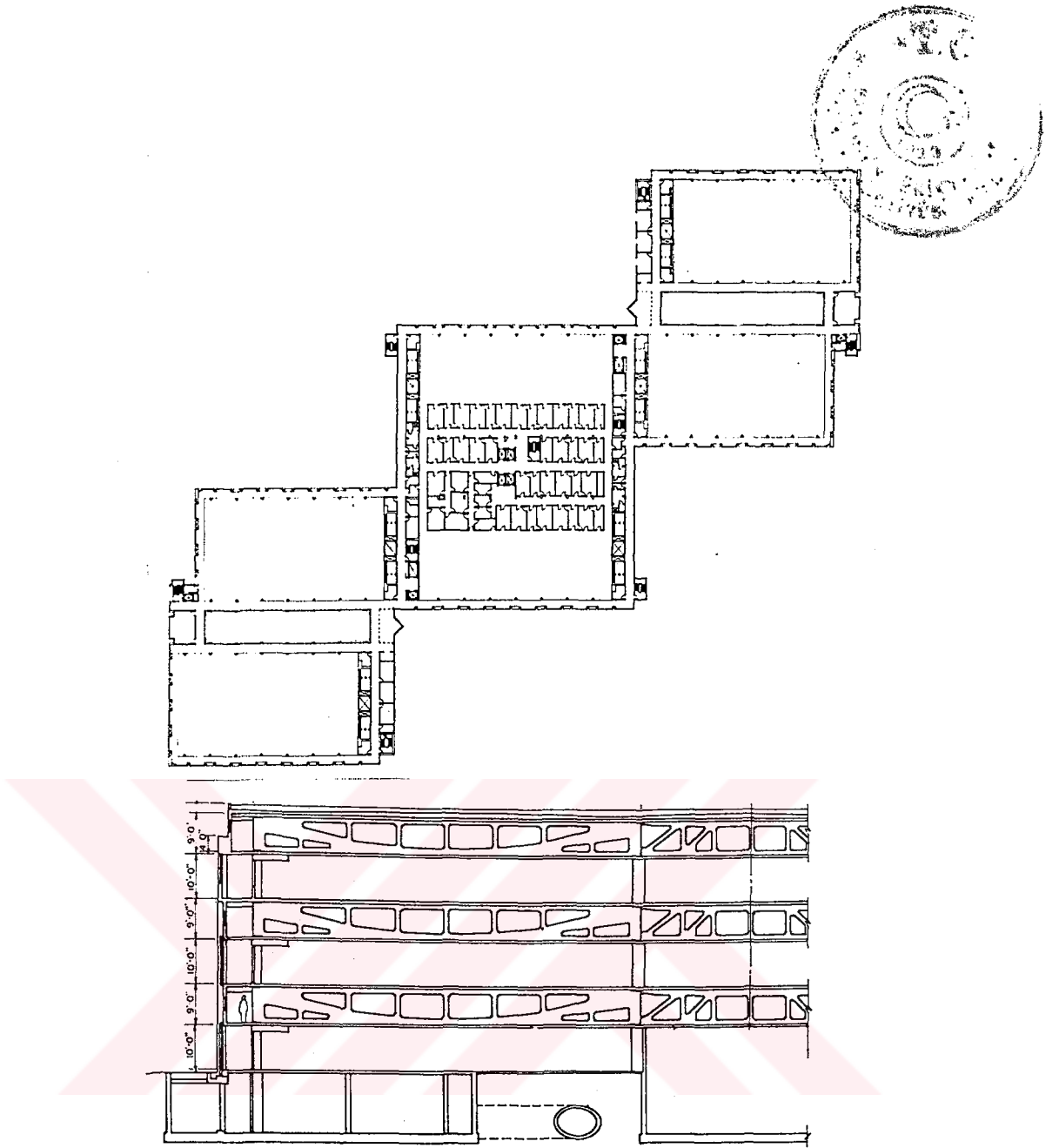
Şekil 7.2.33 Vagelsang Konutları [45, s: 14]

#### 7.2.1.5.6. Ciba-Geigy Hayat Bilimleri Binası, Michell/ Giurgola New Jersey

Bina herbiri kendi içinde iki bölüme ayrılmış, üç katlı, üç pavyondan oluşan prekast beton bir yapı olarak çözülmüştür. Dıştaki pavyonları 55,5 x 71, m.'lik bir avlu etrafında tasarlanmış, ortadaki pavyonda ise çalışma merkezleri toplanmıştır.

Yapının hem taşıyıcı sisteminde hem de cephesinde prekast beton elemanlar kullanılmış cephe elemanları pencerelerle birlikte çözümlenerek canlı bir mimari kompozisyon yaratılmıştır.

Yapı normal olarak yangına karşı koruma, vibrasyon direnci ve kolonsuz-serbest mekan sağlayan diğer inşaat malzemeleri ile yapılan sistemin öngörülen prekast betonla başarılı ve özgün bir uygulaması olmuştur [57].



Şekil 7.2.34 Ciba Geigy Hayat Bilimleri Binası [ 52, s:23,24]

Diğer prefabrikasyon uygulamaları arasında

• Eskişehir Prefabrike Öğrenci Yurdu Kompleksi, Y. Oğuz, H. Anamuroğlu,  
Eston Eskişehir Bet. San. ve Tic. Aş.

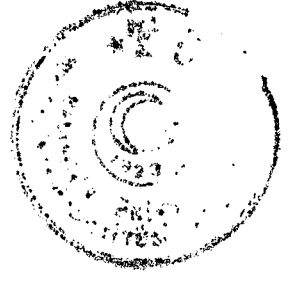
• Lada-Kia-Honda Servis ve Showroom Binası, S. Tuna, Kastaş Aş.

• Ankara Shell Plaza, H. Ergin, AEG İnşaat

• Emlak Bankası Bilkent III. Kısım Konutları F. Çataltepe, Tepe İnşaat

• Özdilek Alış-Veriş Merkezi Kulesi Ç. Erengözgin, Gök İnşaat ve Tic. Aş.

vb. sayılabilmektedir.



### 7.2.1.6 Değerlendirme

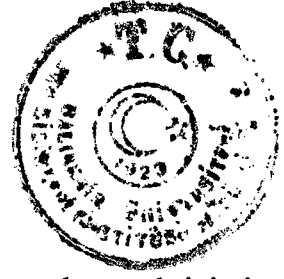
Tarih boyunca insan ihtiyaçlarının değişmesi, üretim tekniklerinin gelişerek yeni boyutlar kazanmasına neden olmuş, üretim eyleminde gelişmiş yeni tekniklerin kullanılması ise endüstrileşme olgusunu oluşturmuştur. Üretimin hız kazanması, üründe kalitenin artması, makine gücü kullanım oranının yükselmesi endüstrileşmenin getirdiği en büyük gelişmelerdir. Daha geniş anlamda endüstrileşme herhangi bir üretim kesimindeki girişimci kullanıcıların yerini piyasaya hazır mal veya hizmet arz etmek amacını güden profesyonel girişimcilerin alarak; sürekli büyük ölçekte üretime geçilmesi ve bu doğrultuda üretkenliği arttırmaya yönelik belli teknik ve ekonomik çözümlerin yaygın bir biçimde uygulanmaya başlanması olarak tanımlanabilmektedir.

Bina yapımında kütleli üretimin gerçekleşmesinde geleneksel yapım sistemlerinin yetersizliğinin yeni yapım sistemlerinin araştırılmasına ve geliştirilmesine yol açtığı bilinmektedir. Ön yatırımın maliyetle sağlanabilmesi ve inşaat süresinin en aza indirilmesi endüstrileşmiş yapımın sebeplerindedir. Yapım hızını artırmak ve şantiyede açık hava koşullarında üretim süresini kısaltmak için hazır elemanlarla yapım sistemleri geliştirilmektedir.

Tasarlamada temel oluşturacak sistemin meydana getirilmesinde prefabrike sisteme bağlı teknolojik veriler ağır basmakta, tasarım yöntemlerinde önemli değişikliklere neden olmakta ve tasarımda yeni davranış biçimlerinin ortaya konmasını zorunlu kılmaktadır.

Prefabrike sistemler taşıyıcı strüktürlerine göre iskelet, panel ve hücre olarak sınıflandırılmaktadır. Prefabrike sistemlerin taşıyıcı öğeleri, tasarımı ve sistemin fonksiyonel gereksinimini karşılamadaki verimliliğini büyük oranda etkilemektedir. İskelet sistemleri paneller ve daha sonra da hücre sistemler takip ederek tasarımda esneklik ve değişkenlik sağlanmaktadır. Özellikle büyük elemanlarla yapılan dizaynlarda kısıtlamalar artmaktadır.

Yapı üretimi için endüstrileşme “ yapıyı el işçiliğinden gerçek endüstriye” yani bina bütünü oluşturarak elemanların fabrika üretimine aktarılması olarak tanımlanabilmektedir. Temel ilke çok sayıda benzer ürünün fabrikada makinalar kullanılarak üretilmesi, böylece seri üretimin sağlanmasıdır.



## 8.SONUÇ

İnsanın doğaya hakimiyetinin gerçekleşmesiyle barınak gereksinimi kültürel ve özel yaşamın bir parçası haline gelmiştir. Barınak yapmak, inşa etmek taşıyıcı bir düzen kurmak başka bir deyişle “strüktür” oluşturmaktır. Çelik ve çimentonun yapı alanına girişlerini sağlayan “Endüstri Devrimi” ne gelinceye kadar insanoğlu doğadan kolayca elde edebileceği malzemelerle yetinmek zorunda kalmıştır. İlk örneklerden başlayarak ahşap malzeme işleniş şeklinde bağlı olarak çatma, iskelet, yığma strüktürlere olanak tanırken taş, taşın ve ahşabın bulunmadığı yerlerde kurutulmuş veya pişirilmiş kilden elde edilen kerpiç ve tuğla kolon-lento sisteminin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır.

Malzeme, çeşitli toplum veya bölgelerdeki mimari düzeyler arasındaki farklılıkları ortaya çıkaran faktörlerin başında gelmektedir. Geleneksel mimaride strüktür elemanların özellikle açıklık geçebilme kapasiteleri doğal malzemelerin boyutlarına, basınç- çekme ve eğilme mukavemetlerine bağlı kalmış bu da dönem yapılarının belirli ölçüler içinde sınırlı kalmasına yol açmıştır. Gerçekten de tam dairesel bir plana sahip olan Roma Pantheon kubbesinin 42 m.’lik çapı yıllar sonra yapılan Ayasofya ve Süleymaniye’nin pandantifli, kubbelerinde konstrüktif endişelerle 31 m. ve 25 m. civarında tutulmuş, bu açıklıklar aynı sistemdeki daha geç dönem örneklerinde gelişen teknolojiye rağmen aşılmamıştır.

Buna rağmen ayrı ülkelerde farklı toplumların sanat ve kültür yapılarındaki değişik eğilimler strüktür elemanlarının dolayısıyla yapının biçimlenişini büyük oranda etkilemiştir. Klasik Dönem’e ait bir Osmanlı kemerinin sade tamamen yalın yüzeysel strüktür etkisi yanında Selçuklu kemerleri yoğun, dekoratif yönden yüklü karakterdedirler. Geç dönem Bizans kemerleri ise strüktürel yönden hiç gereği olmadığı halde biçimsel kaygılarla bölünmüştür. Bununla birlikte Barok yapılarda hemen hemen aynı malzemeye ve konstrüksiyon esaslarına dayanan strüktür, yoğun dekoratif elemanlarla kaplanarak gizlenmiştir.



Mimari yaratı açısından Antik Yunan ve Roma izleri taşıyan Kentsel mimarisi kaburgalı kubbeler dışında o dönemlerin mimari özelliklerine göre aktarımcılığında ileri gidememiştir.

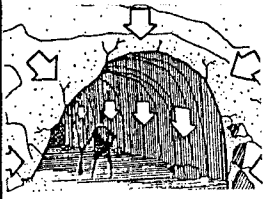
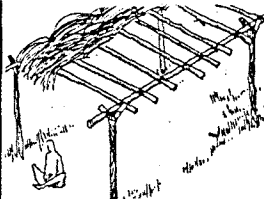
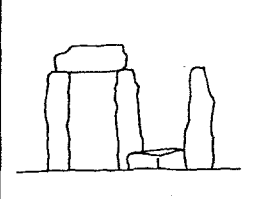
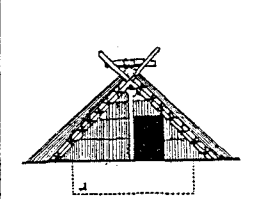
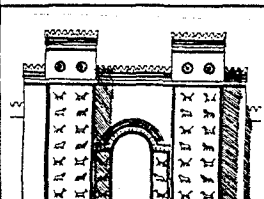
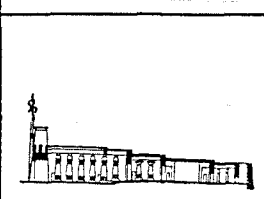
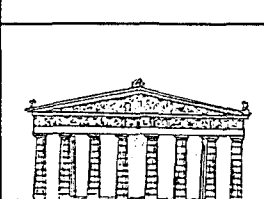
Endüstri Devrimi Öncesi Strüktürel Gelişme Tablo 8.1’de görülmektedir. Bu tabloda dönemin önemli yapıları, yapım sistemleri ve özellikleri, geçebilen açıklıklar ulaşabilen yükseklikler ve strüktürün biçime etkisi incelenmiş ve grafiksel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır.

Çağdaş mimarlığın başlangıcı 19.yy. Endüstri Devrimi sonucunda ortaya çıkan gelişmelere dayanmaktadır. 20.yy.’ın ilk yarısında yaygınlaşan Modern Mimari anlayışı çağın gereksinimlerine, sanat anlayışına ve yapı teknolojisine uygun sade çözümler arayan bir yapıya kavuşmuştur. Bilim, teknik ve endüstrinin gelişmesi zevkin sadeliğe ve işlevselliğe yönelmesi yeni konutların bina türlerinin ortaya çıkması Modern Mimarlığın doğuşunda önemli etkenler olmuşlardır. Sürekli kentleşen karmaşık modern bir toplumun gereksinimleri ile yeni malzemelerin ve strüktür sistemlerinin sağladığı olanaklar yeni bir mimarlığı hem gerekli hem de olanaklı kılmıştır. İyi bir yapı estetik çekicilik kadar kullanma amacına uygun niteliklerde sahip olmalı düşüncesi ile iç mekanların ve planın düzenlenmesi en az dış görünüşü kadar önem kazanmıştır.

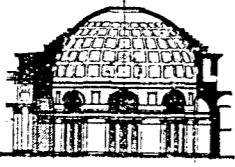


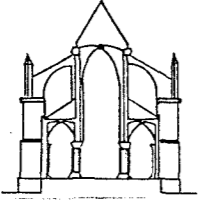
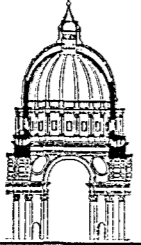
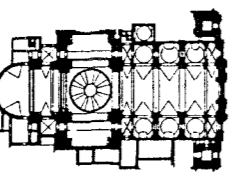
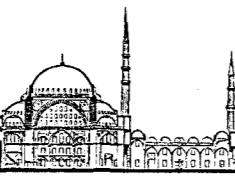
19. yy. sonlarına kadar demir, cam, çelik ve betonunun mimariye girmesi strüktür ve biçim olarak yeni sistemlere ve yeni boyutlara ulaşılmasında etken olmuştur.

Bu dönemde ilk yüksek blok mimarlarından olan Sullivan “Biçim fonksiyonu izler” prensibini öne çıkarmıştır. Wright’ın biçimlendirışı gerek amacı gerekse yarattığı etki bakımından son derece mekansaldır. Bütün elemanları dışarıda da açığa çıkarılarak yapıda mekan ve strüktürü kaynaştırmakta bir bütünü meydana getirmektedir. Gropius’un strüktür mantığı ise sürekli ve klasik eğilimler arasında ulaşılmış yeni bir çözümdür. Mies Van der Rohe ve Oscar Niemeyer’in yapılarında serbest planlamaya olanak sağlayan düşey taşıyıcı ve bölücü nitelikteki

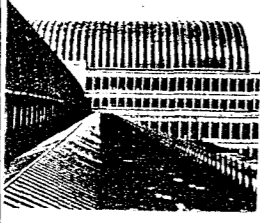

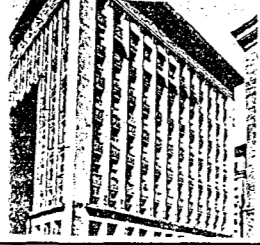
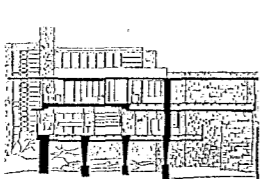
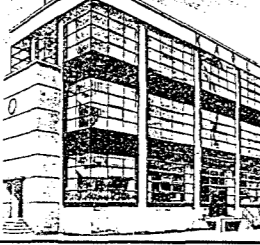

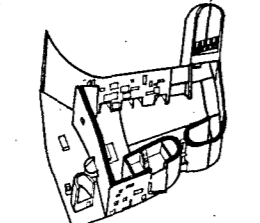
TABLO 8.1 ENDÜSTRİ DEVRİMİ ÖNCESİ STRÜKTÜREL GELİŞME

YAPININ İSMİ	SİSTEM TÜRÜ	YAPIM SİSTEMİ	YAPIM TARİHİ	YAPIM YERİ	MİMARİ	YAPININ ÖZELLİĞİ	AÇIKLIK	YÜKSEKLİK	STRÜKTÜR - BİÇİM İLİŞKİSİ
MAĞARA		SPONTANE- OYULMUŞ	ESKİTAŞ ÇAĞI	KAPADOKYA	İLK İNSAN	İLK İNSAN BARINAĞI	-	-	STRÜKTÜR HER DÖNEMDE MİRARIYI BİÇİMLENDİREN, TÜM KURULUŞA BAĞLI OLARAK FORMU ETKİLEYEN EN ETKİN FAKTÖRLERİN BAŞINDA GELMİŞ VE SPONTONE SİSTEMLERDEN BAŞLAYARAK PEK ÇOK ÖRNEKTE YAPININ TÜMEL FORM İLE STRÜKTÜREL FORMUNUN ÖZDEŞLEŞTİĞİ YAPILARA OLANAK HAZIRLAMIŞTIR.
ÇADIR KULÜBE		SPONTANE- ÇATILMIŞ	ESKİTAŞ ÇAĞI	ETİOPYA	İLK İNSAN	İLK İNSAN BARINAĞI	-	-	
TÜMÜLÜS DOLMEN		SPONTANE- YIĞMA	YENİTAŞ ÇAĞI İ.Ö.2000	CARNAC	İLK İNSAN	İLK İNSAN MEZARLARI	-	-	
HENDEK EV		SPONTANE KARMA	YENİTAŞ ÇAĞI	VANNHAUS İSVEÇ	İLK İNSAN	İLK İNSAN BARINAKLARI	-	-	
İŞTAR TAPINAĞI		LENTOLU SİSTEM	İ.Ö.570	MEZOPOTAMYA	-	TAŞ TAPINAK	-	-	
KARNAK TAPINAĞI		LENTOLU SİSTEM	İ.Ö.1360	MISIR	-	TAŞTAN PİRAMİT	2.50 m.	1.46 m	
PARTHENON		LENTOLU SİSTEM	İ.Ö.448-432	YUNANİSTAN	İKTİNOS	8 SÜTUNLU TAŞ TAPINAK	42 m.	-	

**TABLO 8.2 ENDÜSTRİ DEVRİMİ ÖNCESİ STRÜKTÜREL GELİŞME**

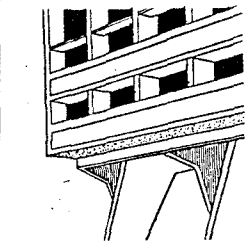

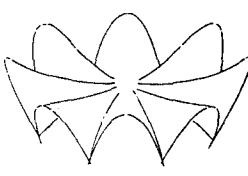
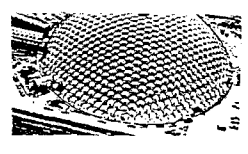
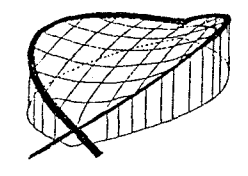
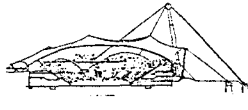
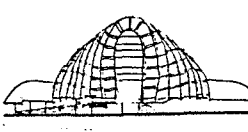
YAPININ İSMİ	SİSTEM TÜRÜ	YAPIM SİSTEMİ	YAPIM TARİHİ	YAPIM YERİ	MİMARİ	YAPININ ÖZELLİĞİ	AÇIKLIK	YÜKSEKLİK	STRÜKTÜR - BİÇİM İLİŞKİSİ
PANTHEON TAPINAĞI		KEMER TONUZ KUBBE	İ.S. 118 125	ROMA İTALYA	AGRİPPA	KUBBELİ TAPINAK	50 m.	-	TONOZ VE KUBBELER BU DÖNEMDE STRÜKTÜREL OLANAKLARININ YANISIRA FORMLARI İLE DE MİMARİN BİÇİMSEL ÖZELLİKLERİNE YÖN VERMİŞLERDİR.
HAGİA SOFİA KİLİSESİ		KEMER TONUZ KUBBE	İ.S. 532-537	İSTANBUL TÜRKİYE	ANTHEMİOS İSİDOR	BAZİLİKA PLANLI 107 SÜTÜNLÜ KİLİSE	31 m.	60 m.	DEĞİŞİK MALZEMELER DEĞİŞİK ÖRGÜ ŞEKİLLERİ VE YER YER NİŞLERLE ÇÖZÜLMEKTE, HIÇ BİR STRÜKTÜREL GEREKLİLİK OLMADAN AÇIKLIKLAR BİRDEN FAZLA KEMERLE PARÇALANMAKTADIR. STRÜKTÜR BİÇİMDEN BAĞIMSIZDIR.
NOTRE DAME KİLİSESİ		KEMER TONUZ KUBBE	1100	FRANSA	-	BEŞİK TONUZLU BAZİLİKA	-	-	TONOZ VE KUBBELER BU DÖNEMDE DE STRÜKTÜREL OLANAKLARININ YANISIRA FORMLARI İLE DE MİMARİNİN BİÇİMSEL ÖZELLİKLERİNE YÖN VERMİŞLERDİR.
KÖHL KİLİSESİ		İSKELET SİSTEM	1248-1886 (GOTİK)	KÖHL ALMANYA	-	DAYANMA SİSTEMLİ BAZİLİKA	6.10x1.44 m 104 ayak	(Kule) 160 m.	CEPHELERE EN BELİRGİN ÖZELİĞİ VEREN VE DÜŞEY ETKİ YARATAN TAŞIYICI ELEMANLAR, PERDESEL PAYANDA AYAKLAR VE UÇAN PAYANDALAR GİBİ STRÜKTÜREL ELEMANLARDIR.
ST. LORENZO KİLİSESİ		İSKELET SİSTEM	1421 (RÖNESANS)	FLORANSA İTALYA	BRUNELLESCHİ	ÇARPRAZ NEFLİ BAZİLİKA	-	-	GEÇMİŞ DÖNEMİN STRÜKTÜREL ELEMANLARINA RASTLANIR VE CEPHEDE HİSSEDİLİR
S. CARLO ALLE QUATTRO FONTANE		İSKELET SİSTEM	1634-1663 (BAROK)	ROMA İTALYA	BORROMİNİ	İÇTEKİ İÇBÜKEY VE DIŞ BÜKEY HAREKETLERİN CEPHEYE YANSITILDIĞI SARAY	-	-	AĞIR BASAN DEKORATİF VEYA YOĞUN PLASTİK EĞİLİMLER STRÜKTÜRÜN YANSIMASINA OLANAK SAĞLAMAMIŞTIR. BİÇİM ABARTILI VE BAĞIMSIZDIR.
SÜLEYMANİYE CAMİİ		KEMER TONUZ KUBBE	1550-1556	İSTANBUL TÜRKİYE	MİMAR SİNAN	KARE PLANLI KUBBELİ, YARIM KUBBELERLE DESTEKLİ CAMİ	2.70 m. 2000 m <sup>2</sup>	53. m	TONOZ VE KUBBELER BU DÖNEMDE DE STRÜKTÜREL OLANAKLARININ YANISIRA FORMLARI İLE DE MİMARİNİN BİÇİMSEL ÖZELLİKLERİNE YÖN VERMİŞLERDİR.

**TABLO 8.3 ENDÜSTRİ DEVRİMİ SIRASINDAKİ STRÜKTÜREL GELİŞME**

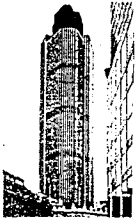
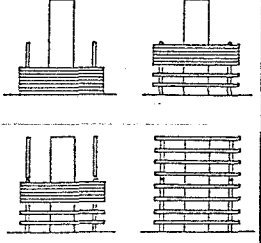
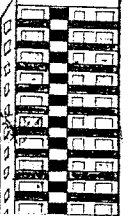
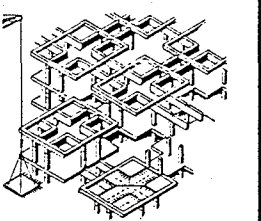
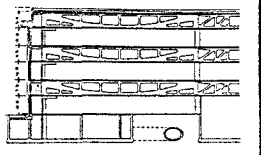
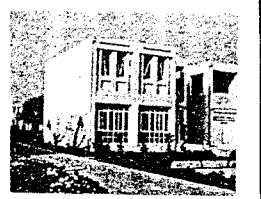
YAPININ İSMİ	SİSTEM TÜRÜ	YAPIM SİSTEMİ	YAPIM TARİHİ	YAPIM YERİ	MİMARİ	YAPININ ÖZELLİĞİ	AÇIKLIK	YÜKSEKLİK	STRÜKTÜR - BİÇİM İLİŞKİSİ
CRYSTAL PALACE		PREFABRİKASYON	1850	HYDE PARK LONDRA İNGİLTERE	JOSEPH POXTON	İLK PREFABRİKASYON ÖRNEKLERİNDEN	6.00x 12.0 m 75 m <sup>2</sup>	37 m.	DUVARA GEREKSİNİM OLMADAN ÇELİK TAŞIMA GÖREVİNİ ÜSTLENİR. DUVARLARIN YERİNİ CAM ALIR. TAŞIN AĞIR GÖRÜNÜMÜNDEN KURTULMUŞTUR. STRÜKTÜR CEPHENİN TAMAMLAYICISIDIR.
PERRET APARTMENTS		BETONARME İSKELET	-	PARİS FRANSA	PERRET	İLK BETONARME YAPILARDAN BİRİSİ	-	-	BETON CEPHEDE ÇIPLAK OLARAK BIRAKILMIŞTIR. BU YAPIDA MİMARİ BAKIMDAN KUVVETLİ FORM BULUNMAMAKTA, FAKAT BETONARME İSKELET BİNANIN CEPHESİNDE GÖSTERİLMEKTEDİR.
WAINWRIGHT BİNASI		ÇELİK İSKELET	1890-1891	ST.LOUIS ABD	L.SULLIVAN	İLK GÖKDELENLERDEN BİRİSİ	-	-	CEPHEDE RÖNESANS ETKİSİNDE KALINMIŞ, DIŞ DUVARDA ÇELİK İSKELETİN KOLONLARI GÖSTERİLMİŞTİR. STRÜKTÜR CEPHEDEN HİSSEDİLMEKTEDİR.
ŞELELE EVİ		BETONARME İSKELET	1935	PENNSLVANIA ABD	F.L. WRIGHT	TABIATIN BİNA İLE BÜTÜNLEŞMESİNİN SAĞLANDIĞI EV	-	-	BİNA YATAYDA VE DİKEYDE BİR DİZİ GEOMETRİK FORMUN KOMBİNASYONUNDAN KURULUDUR. BU GEOMETRİK FORMLAR İÇTEN GELEN BİR GÜÇ VE PARÇALANMA İLE DEĞİŞİK YÖNLERE FİRLAMIŞ GÖRÜNÜMÜNDEDİR.
FAGUS WERKE		İSKELET SİSTEM	1914	ALMANYA	W.GROPIUS	CAMIN STRÜKTÜREL ÖZELLİK KAZANDIĞI YAPI	-	-	CAMIN MEKAN SINIRLAYICI ÖZELLİĞİNİN YANINDA, GÖSTERİ UNSURU OLARAKDA KULLANILDIĞI GÖRÜLÜR. YALNIZ YÜZEYLER DEĞİL TAVAN VE TABAN DA CAMDIR. CEPHE STRÜKTÜRDEN BAĞIMSIZDIR.
SKYSCRAPER APARTMENTS		ÇELİK İSKELET	1951	CHICAGO ABD	MIES VAN DER ROHE	DEĞİŞİK YÖNLERDEN DEĞİŞİK SİLÜETLER VEREN APARTMANLAR	-	-	ÇELİK KESİTLERDEN KABARTMALAR DUVARIN YÜZEYİNDEN HİSSEDİLİR VE CEPHEYE HAREKETLİLİK VERİR. STRÜKTÜR BİÇİMİN ETKİSİNDEDİR.
NOTRE DAME DU HAUT KİLİSESİ		BETONARME	1955	RONCHAMP ABD	LE CORBUSIER	İRRASYONEL BİÇİMLİ KİLİSE	-	-	LE CORBUSIER KLASİK, RASYONEL GEOMETRİK BİÇİM VE ESTETİK ANLAYIŞINI KABUL ETMİŞTİR. YAPININ BELİRGİN GEOMETRİK BİR BİÇİMİ YOKTUR. STRÜKTÜRÜN BÜTÜN AVANTAJLARI BİÇİMİN OLUŞTURULMASINDA KULLANILMIŞTIR.

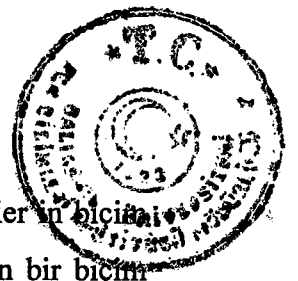


TABLO 8.4 ÇAĞDAŞ STRÜKTÜREL GELİŞME

YAPININ İSMİ	SİSTEM TÜRÜ	YAPIM SİSTEMİ	YAPIM TARİHİ	YAPIM YERİ	MİMARİ	YAPININ ÖZELLİĞİ	AÇIKLIK	YÜKSEKLİK	STRÜKTÜR - BİÇİM İLİŞKİSİ
NATES BLOKLARI		DÜZ YÜZEYSEL STRÜKTÜR SİSTEMİ	1955	FRANSA	LE CORBUSIER	YATAY VE DÜŞEY PLAKLARIN BİRARADA KULLANILDIĞI BİNA	-	-	YAPIDA YATAY VE DİKEY PLAK ELEMANLARI KULLANILARAK KİRİŞ VE KOLONLAR TAMAMEN ELİMİNE EDİLMİŞTİR. STRÜKTÜR CEPHEDEN BAĞMSIZDIR
KARAKAS TELEFERİK TERMİNALİ		KATLANMIŞ YÜZEYSEL STRÜKTÜRLER	1955	KARAKAS VENEZUELA	PIERTI	BARAKA TİPİ KATLANMIŞ PLAK ÖRNEĞİ	-	-	KATLANMIŞ PLAKLARDAN OLUŞAN KEMER ŞEKLİNDEKİ BİNADA BÜYÜK RÜJİTLİK SAĞLANMIŞTIR. STRÜKTÜR BİÇİMİN BELİRLENMESİNDE ETKİLİDİR.
LOS MARTİNEZ LOKANTASI		EĞRİLİKLİ YÜZEYSEL STRÜKTÜRLER	1958	XOCHIMILCO MEKSİKA	FELIX CANDELA	KESİŞEN DÖRT HİPERBOLİK PARABOLOİD'TEN OLUŞAN LOKANTA	30 m.	10.25 m Kalınlık 4 cm	HİPERBOLİK PARABOLOİDİN EKONOMİK ÖZELLİĞİNİN YANISIRA HEYECAN VERİCİ, DRAMATİK MİMARİ ÖZELLİĞİNDEN DE YARARLANILMIŞTIR. STRÜKTÜR BİÇİMİN TAMAMLA YICISIDIR.
EXPO 67 ABD PAVYONU		UZAY KAFES SİSTEMLER	1967	MONTREAL ABD	BUCKMISTER FULLER	KÜRESEL FORMLU UZAYSAL STRÜKTÜRDEN OLUŞAN YAPI	-	-	SİSTEMİ OLUŞTURAN ÇEŞİTLİ YÖNLERE DAĞILMIŞ BASINÇ VE ÇEKME ÇUBUKLARI, BURADA CEPHE DOKUSUNU OLUŞTURARAK AYRICA DEKORATİF BİR ETKİ DE YARATMAKTADIR.
NORTH CAROLINA STATE FAİR		KABLOLU SİSTEMLER (KABLO AĞI)	1950	RALEIGH ABD	NOWICKI DEITRICK	KABLO AĞININ İLK ÖNEMLİ ÖRNEKLERİNDEN BİRİSİ	97 x 92 m.	-	SEMER EĞRİLİKLİ OLAN KABLO AĞI İKİ PARABOLİK KEMER ARASINA GİRİLMİŞTİR. PARABOLİK KEMERLER YAPININ HEM STRÜKTÜRÜNÜ HEM BİÇİMİNİ OLUŞTURMUŞTUR.
MÜNİH OLİMPİYAT STADYUMU		MEMBRAN SİSTEM	1972	ALMANYA	BENNISH FREI OTTO	KABLOLU SİSTEMLERLE MEMBRANIN BİRARADA KULLANILDIĞI STADYUM	74.800 m <sup>2</sup>	-	SADECE TAŞIYICI ELEMANLARLA TAŞINAN KISIM DEĞİL TAŞIYICILAR ARASINDA HANGİLERİNİN SAF ÇEKMEYE HANGİLERİNİN DE SAF BASINCA ÇALIŞTIĞI AÇIKÇA İZLENMEKTEDİR.
FUJİ GRUBU PAVYONU		PNÖMATİK SİSTEM	1970	OSAKA JAPONYA	YAKATA MURATA	78 m. UZUNLUKTA 40 m. ÇAPINDA HORTUMLARDAN OLUŞAN BİNA	50 m.	-	BİÇİMSEL ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEYEN YUMUŞAK EĞRİSEL HATLAR VE KAPANIKLIK GENEL STRÜKTÜREL GEREKLİLİĞİNİN SONUCUDUR.

**TABLO 8.5 ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMLERİ**

YAPININ İSMİ	SİSTEM TÜRÜ	YAPIM SİSTEMİ	YAPIM TARİHİ	YAPIM YERİ	MİMARİ	YAPININ ÖZELLİĞİ	AÇIKLIK	YÜKSEKLİK	STRÜKTÜR - BİÇİM İLİŞKİSİ
NATIONAL WESTMINSTER TOWER		KISMEN ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMİ KALIP YÖNTEMİ	-	İNGİLTERE		İNGİLTERE'NİN EN YÜKSEK OFİS BİNASI	-	189 m.	KALIP SİSTEMLERİNİ ANA AMACI ŞANTİYEDEN YOĞUN ÜRETİMLE KABA İNŞAAT VE TAŞIYICI SİSTEMİN İNŞASINI TAMAMLAMAK, ZAMAN, İŞÇİLİK, ENERJİ GİBİ YÖNLERDEN EKONOMİ SAĞLAMAKTIR. BİNANIN PLANLANMASINDA VE BOYUTLANDIRILMASINDA KALIP YÖNTEMLERİNİN SAĞLADIĞI OLANAKLARDAN YARARLANILMAKTADIR.
LUDWIGSBURG PEDAGOJİ Y. OKULU		KISMEN ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMİ KALDIRMA YÖNTEMİ	-	ALMANYA	YOUTZ SLICK	KALDIRMA YÖNTEMİ İLE İNŞA EDİLMİŞ YÜKSEKOKUL	-	-	
ATAKÖY KONUT UYGULAMALARI		KISMEN ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMİ TÜNEL KALIP	1988	İSTANBUL	MESA	TÜNEL KALIP VE PREKAST YAPI ELEMANLARINDAN OLUŞAN BİNALAR	-	-	
CENTRAL BEHEER İDARE BİNASI		TAM ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMİ İSKELET SİSTEMLERİ	-	HOLLANDA	H. HERZBERGER	"T" KESİTLİ KOLON VE KİRİŞLERİN OLUŞTURDUĞU İDARE BİNASI	9 m x 9 m (oda)	-	TASARLAMADA TEMEL OLUŞTURACAK SİSTEMİN MEYDANA GETİRİLMESİNDE PREFABRİKE SİSTEME BAĞLI VERİLER AĞIR BASMAKTA, TASARIM YÖNTEMLERİNDE ÖNEMLİ DEĞİŞİKLİKLERE NEDEN OLMAKTA VE TASARIMDA YENİ DAVRANIŞ BİÇİMLERİNİN ORTAYA KONMASINI ZORUNLU KILMAKTADIR.
CIBA-GEIGY HAYAT BİLİMLERİ BİNASI		TAM ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMİ PANEL SİSTEM	-	NEW JERSEY ABD	MICHELL GIURGOLA	HEM TAŞIYICI SİSTEMİNDE HEM CEPHESİNDE PREKAST ELEMANLAR KULLANILMIŞ BİNA	55,5x 71.6 m (Avlu)	-	
YÜBE TAŞ KONUTLARI		TAM ENDÜSTRİLEŞMİŞ YAPIM SİSTEMİ HÜCRE SİSTEM	1987	TÜRKİYE	YÜBE TAŞ	TÜRKİYE'DE İLK HÜCRE SİSTEMİ İLE İNŞA EDİLEN KONUTLAR	280 x 9.60 m.	3,10 m	



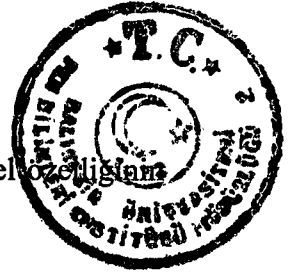
elemanların duvarların dışında tutulması ilkesi öne çıkmıştır. Le Corbusier'in biçim anlayışı ise klasik rasyonel ve geometriktir. Le Corbusier'e göre belirgin bir biçim yoktur fakat strüktürün bütün avantajları biçimin oluşmasında etken olmaktadır. Bu dönemde mimari tarzda basitleşme, dış görünüşte sadeleşme eski ile yeni arasında ve tabiatla uyuşma sözkonusudur. Formlar karelerden ve küplerden oluşmaktadır.

Endüstri Devrimi Sırasındaki Strüktürel Gelişme Tablo 8.2' ve Tablo 8.3' de gösterilmiştir. Dönemi önemli mimarlarının tasarımları ve mimariye katkıları grafiksel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır.

Çağdaş Strüktür Sistemleri geleneksel yapım sistemlerinden malzeme, yük, taşıma ilkeleri, statik ilkeleri vb. yönlerden farklı özellikler gösteren, daha çok büyük açıklıkları örtmeye uygun olan sistemlerdir. Yapım üretim tekniklerinde çağımızın özellikle ikinci yarısına doğru görülen bu gelişme kısaca Endüstri Devrimi'nin doğurduğu teknolojik olanakların ve toplumsal sorunların bir sonucudur. Teknolojik gelişmeye paralel olarak bulunan yeni yapı malzemeleri (örneğin plastik malzemeler), yeni yapım teori ve yöntemleri (örneğin beton ve çeliğin bir arada kullanılması, membran kabuk teorisinin gelişmesi vb. ) ile uzay çağının getirdiği birtakım bilgiler yeni yapım sistemlerinin araştırılmasında ve hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Her gün gelişen teknoloji sonucu ortaya çıkan yeni malzemelerin de hızlandırdığı strüktürel gelişme dört grupta değerlendirmektedir. Bunlar; "Yüzeysel Strüktürler", Uzaysal Strüktürler", "Asma Germe Sistemler" ve "Pnömatik Sistemler"dir.

20 yy.'da betonarmenin bilimsel esaslarının gelişip, deneyimin artmasıyla katlanmış plaklar uygulanmaya başlamıştır. Katlanmış plaklar; düzlem yüzeylerin bir açı altında monolitik birleşerek oluşturdukları taşıyıcı sistemlerdir. Katlanmış plaklarla 40m.'yi bulan açıklıklar 6m.'yi bulan genişlikler geçilebilmektedir. Katlanmış plaklar hem örtücü hem taşıyıcı hem de cephe elemanı olarak kullanılmaktadır. Katlanmış plaklarla betonarmenin sağladığı bütün olanaklardan



yararlanılarak geniş açıklıklar kolaylıkla geçilmekte ve sistem, strüktürel özelliklerinden dolayı, yanında biçimin de oluşmasında etkili olmaktadır.

Kabuk yapıların taşıyıcı sistemler içinde ayrı bir yeri ve önemi vardır. Mimarlar bu strüktürlerin dramatik yaratma özelliğinden çok hoşlanmışlar, minimum malzeme ile maksimum avantaj sağlamışlardır.

Kabuk yapılar günümüz mimarisinde ve inşaat teknolojisinde pek çok değişik kavramın ve estetik anlayışını özgürce kullanılmasına tanıklık etmektedir. İç mekan formu ile dış form arasındaki mutlak uygunluk, açıklığı geçme yönünden strüktürel etkinlik ve form zenginliği bakımından sağladığı katkılar kabukların mimari yönden önemini artırmaktadır.

Kabuk yapılar sonsuz sayıda form üretme kabiliyetine sahip, malzeme kullanımında ve büyük açıklıkları geçmede son derece etkin sistemlerdir. Tasarımdaki amaç ölü yükü en aza indirmek ve strüktürü büyük eğilme gerilmeleri olmaksızın bir membran gibi çalışması için mümkün olduğu kadar ince tutmaktadır.

Kabukların malzemedeki kazanç, hafiflik, estetik zenginlik, donatı ve temelde gözardı edilemeyecek oranda ekonomik olması gibi olumlu özelliklerinin yanında, pahalı kalıp masrafı, kalıpların özenli yapılmaması riski ve yapının mukavemet hesabının güç olması gibi sakıncaları da bulunmaktadır.

Kabuklar alanındaki çalışmalarıyla tanınan Candela'nın her yapısında tümel form strüktürel form ile doğrudan doğruya özdeşleşmekte bu da mimari de biçimin oluşmasında strüktürün önemini ortaya koymaktadır.

Uzay Kafes Sistemler sadece büyük açıklıkları geçmekte kullanılan bir araç olmaktan çıkarılmış, mimari ile bütünleşen orjinal formların yaratıldığı bir sistem haline getirilmiştir. Günümüzde, özellikle strüktürlerin ağır bastığı geniş açıklıklarda ve büyük boyutları kapsayan Uzay Kafes Sistemi uygulanmış yapılarda tümel form strüktürel formun bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.



Tablo: 8.4'de Uzay Kafes Sistemle tasarlanmış, bir örnek görülmektedir.

Çelik Taşıyıcı Sistemden on kez, betonarme sistemden de yüz kez hafif olan Asma Sistemlerle büyük alanlar mesnetsiz olarak örtülebilmektedir.

Tek tabakalı asma sistemler; sadece düşey yükler gözönünde tutularak dizaynlanmış, eğrilikleri zincir eğrisi formunda olan tek veya iki eğrilikli formlardır. Çatı formlarının doğrudan doğruya kablolar üzerine oturtulması halinde açıklık 30-60m'yi çatı döşemesinin askı çubukları ile kablolarla asılı olduğu durumlarda ise açıklık 45-90m'yi bulmaktadır.

Çift tabakalı asma sistemler, asma ve germe kablolarıyla bağlantı elemanlarının belirlediği düzlemlerin durumuna göre düz, paralel, ışınsal ve mekansal sistemler olarak sınıflandırılmakta, bu sistemle 90-150 m.'yi bulan açıklıklar geçilebilmektedir.

Kablolu Sistemler biçim etken strüktürlerdir. Yani biçim yük etkisi altında oluşmaktadır. Kablolu sistemlerle yapıyı oluşturan tüm elemanların çalışma tarzları görsel olarak da izlenebilecek kadar açık kullanılmaktadır.

Kablolu sistemlerle hafif olduğu ve burkulma sorunu olmadığı için iskelet sistemlerle aşılamayacak büyüklükte açıklıklar düşey taşıyıcılar olmadan örtülmekte ve strüktürel bütünlük sağlanmaktadır.

Tablo 8.4'te Kablo Sistemlerin uygulandığı bir örnek görülmektedir.

Membran Sistemler hem taşıma, hem örtme görevi gören çekmeye çalışan esnek bir örtüden meydana gelmektedir. Çadırlar iç mekan formunu tamamen yansıtan dış formu, taşınabilme ve kurulup sökülebilen olanakları ile günümüz mimarisinin en ilginç strüktürleri arasına girmiş bulunmaktadır. Membran sistemlerde biçim etken strüktürler oldukları için form yük etkisi altında oluşmakta ve yapıyı oluşturan tüm elemanlar görsel olarak da izlenebilmektedir.



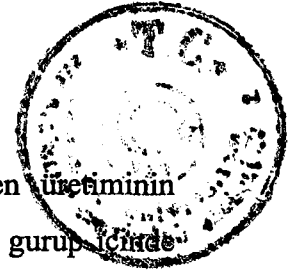
Günümüzde çadırlarla hem geleneksel kullanımda olduğu gibi küçük ve geçici mekanlar hem de çağdaş teknolojiye uygun olarak büyük alanlar örtülmekte ve biçimin oluşması sağlanmaktadır.

Tablo 8.4'te Membran Sistemin uygulandığı bir örnek görülmektedir.

Genellikle spor tesisleri, tatil kompleksleri yapımında kullanılan Pnömatik Sistemler gerilmeye elverişli geçirgen olmayan bir yüzeyin ayırdığı iki uzay kesimindeki gaz, sıvı ve deneysel katı cisimlerin doğurduğu basınçtan yararlanılarak kurulmuş sistemlerdir. Pnömatik Sistemlerin her noktasından eş basınçla gerilmesi temel formlarının basık küresel şekillerde olmasını zorunlu kılmaktadır. Pnömatik konstrüksiyonların biçimsel özelliklerini belirleyen yumuşak eğrisel hatlar ve kapanıklık genel strüktürel gerekliliğinin sonucudur. Pnömatik Sistemlerle tüm yapısal ve strüktürel elemanlar birbiriyle bütünleşerek olumlu bir biçim yaratılmaktadır.

Pnömatik Sistemin uygulanmış bir örneği Tablo 8.4'te görülmektedir.

Uyarılığın hızla gelişmesiyle insanoğlunun yaşam süresi ve standardı yükselmiş ekonomik yönden rahatlamalar olmuştur. Buna karşılık dünyada nüfus artışı, enerji sorunu, çevre kirlenmesi, ülkeler arasındaki ekonomik ve teknolojik dengesizliklerin büyümesi gibi sorunlar ortaya çıkmış, bunlar da konut sorununu doğurmuştur. Konut açığını kapatmak amacıyla sosyal konutlar üretmek, üretimde yeni sistemler ve malzemeler kullanmak ihtiyacı doğmuştur. Ön yatırımın fabrika üretiminin, nakliyenin, montajın, işçilik giderlerinin minimum maliyetle sağlanabilmesi ve inşaat süresinin en aza indirilmesi endüstrileşmiş yapımın gelişimini hızlandırmıştır. Yapım hızını arttırmak ve şantiyede açık hava koşullarında üretim süresini kısaltmak için bir yandan hazır elemanlarla yapım sistemleri geliştirilirken bir yandan da yerinde dökme beton sistemlerinde yeni teknikler uygulanmaya başlamıştır.



Kısmen Endüstrileşmiş Yapım Sistemi malzeme ve bileşen üretiminin yanı sıra şantiye sürecinde endüstrileşmenin sağladığı sistemlerdir. Bu grup içinde şantiyede üretimi yapılan sistemlerle beton dökümünü hızlandıracak kalıpların çokkez kullanımıyla maliyeti ucuzlatacak veya yapım sürecini kısaltacak yapım yöntemleri yer almaktadır. Bunlar; Kalıp Yöntemleri “, “Kaldırma Yöntemleri” ve “Tünel Kalıplar”dır.

Binanın planlanmasında ve boyutlandırılmasında etkili olan kalıp sistemleri konvansiyonel yapımda günümüzün en yaygın malzemesi olan betonun yapı bileşenlerinin üretiminde daha hızlı ve randımanlı kullanılmasını, beton yapılarda büyük yekün tutan kalıp giderlerinin azaltılmasını hedef alan sistemlerdir.

Kaldırma Yöntemleri yerine göre tüm katların veya döşeme panellerinin zeminde üretilip hidrolik ve mekanik kaldırma araçlarıyla belli bir düzen içinde kaldırılıp yapıdaki son yerine monte edildikleri yapım sistemleridir.

Tünel Kalıplar ise dört yüzü kapalı, beşinci yüzü döşemeye oturan, 3-4 mm kalınlıkta çelik levhalardır. Bir duvar iki tünelin yanyana gelmesiyle oluşmakta ve tünel kalıplar her firma tarafından belirli standartlarda üretilmektedir. Tünel kalıplarda ekonomi sağlanması için yapının planlanmasında boyutları ve standartları gözönünde tutulmaktadır.

Bu sistemlerle yapılan bina planlamasında ve boyutlandırılmasında kalıp teknolojisinin verdiği olanaklardan faydalanılmaktadır. Kalıp sistemlerinin ana amacı şantiyede makinalarla ve yoğun üretimle kaba inşaat veya taşıyıcı sistemin inşasında süresinde zaman, işçilik, enerji gibi yönlerden ekonomi sağlamaktır.

Tam Endüstrileşmiş Yapım; en üst düzeyde ancak fabrika gibi sabit tesislerde üretimin büyük bölümünün makinalarla hatta daha ileri aşamalarda robotlar vb. kullanılarak tam otomasyon yoluyla yapılması durumunda gerçekleşmektedir. Daha geniş anlamda endüstrileşme herhangi bir üretim kesimindeki girişimci kullanıcıların yerini, piyasaya hazır mal veya hizmet arz etmek amacını güden



profesyonel girişimcilerin alarak sürekli büyük ölçekte üretime geçilmesi ve bu doğrultuda üretkenliği arttırmaya yönelik belli teknik ve ekonomik çözümlerle yaygın bir biçimde uygulanmaya başlaması olarak tanımlanmaktadır.

Tasarlamada temel oluşturacak sistemin meydana getirilmesinde prefabrike sisteme bağlı teknolojik veriler ağır basmakta tasarım yöntemlerinde önemli değişikliklere neden olmakta ve yeni davranış biçimlerinin ortaya konmasını zorunlu kılmaktadır. Temel ilke çok sayıda benzer ürünün fabrikada makinalar kullanarak üretilmesi, böylece seri üretimin sağlanmasıdır.

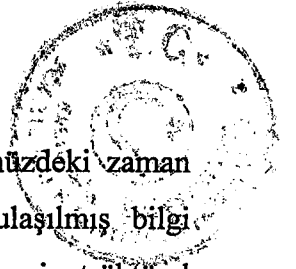
Prefabrike sistemler taşıyıcı strüktürlerine göre iskelet panel ve hücre olarak sınıflandırmaktadır. İskelet sistemlerde sistem elemanları çeşitli kolon kiriş tipleri ve çerçevelerden oluşmaktadır. Panel sistemlerde yapıyı oluşturan asal elemanlar düşey paneller (duvarlar) ve yatay paneller (döşemeler)dir. Paneller büyük yüzeyleri kapatabilen yüzeysel elemanlardır. Hücreler ise duvar panelleri ile döşeme ünitelerinin bir araya gelerek oluşturdukları üç boyutlu mekansal elemanlardır. İskelet sistemleri paneller ve daha sonra da hücre sistemler takip ederek tasarımda esneklik ve değişkenlik sağlanmaktadır. Özellikle büyük elemanlarla yapılan tasarımlarda kısıtlamalar artmaktadır.

Endüstrileşmiş Yapım Sistemlerinin uygulanmalarından örnekler Tablo 8.5'te görülmektedir.

Sonuç olarak mimariyi meydana getiren strüktür zaman içinde yeni malzemelerin bulunmasına ve teknolojik gelişmelere paralel olarak büyük gelişme göstermiştir. Strüktür her dönemde mimariyi biçimlendiren en etkin faktörlerin başında gelmiş, eski çağlardan başlayarak pek çok yapının biçimini adeta doğrudan doğruya meydana getirmiş, strüktürel form ile biçimin özdeşleşmesine olanak sağlamıştır.

Strüktürün biçime etkisi gelişen teknoloji ve yeni yapı malzemelerinin ortaya çıkması ile bu güne kadar olduğu gibi bundan sonra da devam edecektir.

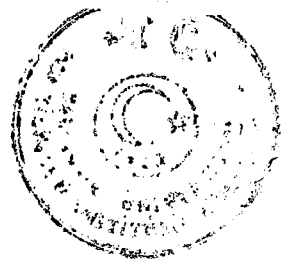




Çeliğin yapı teknolojinde açtığı yeni perspektiv gibi önümüzdeki zaman diliminde ortaya çıkacak yeni malzemelerin, bugünkü seviyeye ulaşılmış bilgi birikimi ve yapı sistemlerini alt üst ederek veya revize ederek yeni strüktürel sistemlerin ortaya çıkmasına olanak sağlaması doğal sonuç olarak değerlendirilmektedir.

Yeni strüktür sistemlerinin doğmasına yol açan en önemli etkenlerden olan insanın daima kendisini aşma, daha iyiyi, daha doğruyu bulma isteği ve azmi hiç bir zaman son bulmayacaktır.



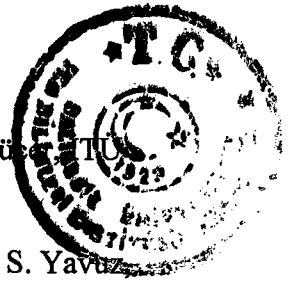


## KAYNAKÇA

- [1] GÖKÇE G. Başlangıçtan Günümüze Mimaride Strüktür, Yapı Mart 1996 (s: 28-48)
- [2] GÖKÇE G. Geleneksel Mimaride Strüktür, Yapı Haziran 1994 (s:19-27)
- [3] TURANİ A. Dünya Sanat Tarihi, Remzi Kitapevi, 1992
- [4] BOLAK O. Malzeme ve Konstrüksiyon Metodlarının Mimari Formun Yaratılmasındaki Rolü, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi
- [5] HASOL D. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayın, 1993
- [6] GÖRSEL YAYINLAR, Anadolu Uygarlıkları ( Cilt 1-7)
- [7] LAWRENCE A.W. Greek Architecture, Penguin Books, London, 1967
- [8] WYEHHERLY R.E. Antik Çağda Kentler Nasıl Kuruldu, Çev: N. Nirven, N. Başgelen, İstanbul
- [9] FLETCHER B.A. History of Architecture on The Comparative Method, B.T. Batsford, London, 1956
- [10] RIVOIRA G.T. Roman Architecture, Oxford University Press, 1925
- [11] GOMBRİCH E.H. Sanatın Öyküsü, 1980, Çev: Bedrettin Cömert Remzi Kitapevi, Ankara
- [12] LEVEY M. Early Renaissance, Penguin Books, London, 1967
- [13] KINAY C. Sanat Tarihi, Yüksek Öğretim Kurumu Yayınları, Ankara, 1978
- [14] YETKİN S. Barok Sanat, Cem Yayınevi, İstanbul 1977
- [15] KURBAN D. Türk Barok Mimarisi Hakkında Bir Deneme İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul, 1982
- [16] YETKİN S.K. Türk Mimarisi, Bilgi Yayınevi, Ankara, 1970
- [17] TANYELİ U. ( 1990-A) Wright ve Toplumsal Ortamı Üzerine, Arredamento Dekorasyon, Temmuz- Ağustos 1990 s: 100
- [18] KORTAN E. Modern ve Postmodern Mimarlığa Eleştirisel Bir Bakış, Yapıdan Seçmeler, Mimari Akımlar II, 1996, Yem Yayınevi



- [19] BAYIR L. Türkiye’de Yüksek Binaların Başlangıç ve Gelişmesi Ocak 1998  
Sayı:167/54 Yüksek Lisans Tezi
- [20] JOEDICKE J. A History of Modern Architecture Translated from the  
German by James C.Palmes, London
- [21] YIRTICI H. Modern Mimarlığın Sürekliliği 20.yy. Modernizmi İçin Ortak Bir  
Zemin Oluşturma Çabası, Eylül 1996, İ.T.Ü.
- [22] TÜRKCÜ Ç. Çağdaş Yapım ve Strüktür Sistemleri, İzmir 1990
- [23] TÜRKCÜ Ç. Çekmeye Çalışan Taşıyıcı Sistemler, Eylül, 1997 Dokuz Eylül  
Üniversitesi
- [24] PADUART A. Betonarme Kabukların Hesap ve Yapımına Giriş İ.T.Ü.  
Mimarlık Fakültesi, 1974
- [25] ATIMTAY E. Yapı Sistemleri I, O.D.T.Ü. Mimarlık Fakültesi 1989
- [26] ÖZGEN E.G., YAMANTÜRK E. Taşıyıcı Sistem Tasarımı, Birsen Yayınevi  
İstanbul, 1991
- [27] ENGEL H. Tragsysteme Structure Systems
- [28] MEDWAOWSKI, S.J., Concrete Thin Shells, American Concrete Institute,  
Detroit, Michigan, (1971)
- [29] JOEDICKE J. Shelle Architecture, Documents of Modern Architecture, Karl  
Kranver Verlag Stuttgart, 1963
- [30] WENZEL F. Kabuklar, Tercüme: M. Yorulmaz, N.Duman İTÜ Mimarlık  
Fakültesi Yapı Statığı ve Betonarme Kürsüsü
- [31] GIONCU V.B. Thin Reinforced Concrete Structures, John Wiley Sons. Ltd.  
Romania 1979
- [32] MELERAGNO M. An Introduction to Shel Structure, Van Nostrand Reinhold,  
New York 1991
- [33] LAMPUGNANI V.M Encylopaedia of 20 th Century Architecture, Thames and  
Hudson Ltd. İstanbul, 1989
- [34] GÜRSES A., SEVYAY E. Pnömatik kalıplar, Dizayn-Konstrüksiyon 23
- [35] ESER L.Yapı Üretimi ve Teknolojisi Birimi Ders Notları, İTÜ Mimarlık  
Fakültesi Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı



- [36] JOEDICKE J. Modern Mimarinin Gelişimi, Tercüme: B. Özer, O. Güneş, İTÜ 1966
- [37] CONDADS U. 20.yy. Mimarisinde Program ve Manifestolar Çeviri: S. Yavuz Mimarlar Odası
- [38] KULAKSIZOĞLU E. Mimarlık Alanında Çağdaş İnşaat Sistemlerinin Gelişimi ve İlgili Tasarım olanakları, İTÜ Mimarlık Fakültesi, 1973
- [39] SEY Y., TAPAN M. Toplu Konut üretiminde Türkiye’de ve Yabancı Ülkelerde Uygulanan Yapım Sistemleri Tanıtım Kataloğu Tübitak Y.A.E.,Yayın No: 7, Ankara 1987
- [40] SCULLY V. Modern Mimari, Çeviri: S. Batur
- [41] ANONİM Çağdaş Yapım Sistemleri İTÜ Vakfı Yayını, 1986
- [42] AYAYDIN Y. Büyük Açıklık Prefabrike Betonarme Yapılar, 2. Baskı, İstanbul 1989
- [43] ÇEÇEN H. Betonarme Prefabrike Yapım Sistemleri, Yapı Merkezi İstanbul 1989
- [44] AYAYDIN Y. Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Yapılar, İstanbul 1987
- [45] GÖKSAL T. Avrupa Ülkelerinde İlk Öncülerinden Günümüz Uygulamalarına Panel Sistemler, Beton Prefabrikasyon, EKİM 1997
- [46] AYAYDIN Y. Betonarme Çok Katlı Prefabrike İskelet Sistemler Cilt 1, İstanbul 1992
- [47] MAKAWSKİ Z.S Steel Space Structures, 1965 London
- [48] ÇETİN A.G. Uzay Kafes Sistemler ve Bir Uygulama Örneği Mayıs 1996, İTÜ
- [49] ÖZŞEN A. Odabaşı Y. Dizayn/Konstrüksiyon Dergisi Sayı:38 Uzay Taşıyıcı Sistemler, Sayfa:32-33
- [50] ÇAMLİBEL N. Mimarlıkta Çağdaş Taşıyıcı Sistemler, Birsen Kitabevi Yayınları, Yıldız Teknik Üniversitesi, 1982
- [51] Japon Architect (1994-1) Sayfa:(166-169), (162-163), (76-79)
- [52] Japon Architect (1994-4) Sayfa: 229-240
- [53] Japon Architect (1993-4) Sayfa: 7-13
- [54] Tasarım No: 193 Aralık 1997/83 Sayfa: 83-87



[55] Tasarım No: 64 Sayfa: 35-41

[56] Tasarım No:1300-7351/70 Sayfa: 51-60

[57] Beton Prefabrikasyon Sayı: 30 Nisan 1994 PCI Journal Aralık 1992 Çeviri:  
B.Tokman

