

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAREKETLİ ÇATILARIN YAPISAL**  
**ÖZELLİKLERİNİN SİSTEMATİK OLARAK**  
**İNCELENMESİ**

**Rukiye ÇALIŞ**

**Haziran, 2012**

**İZMİR**

# **HAREKETLİ ÇATILARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN SİSTEMATİK OLARAK İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı**

**Rukiye ÇALIŞ**

**Haziran, 2012  
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

RUKİYE ÇALIŞ, tarafından DOÇ. DR. S. CENGİZ YESÜGEY yönetiminde hazırlanan "HAREKETLİ ÇATILARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN SİSTEMATİK OLARAK İNCELENMESİ" başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. S. Cengiz YESÜGEY



Yönetici

Yrd. Doç. Dr. Neslihan GÜZEL



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Felahi DAĞCI



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Doç. Dr. S. Cengiz YESÜGEY 'e yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. H. Çetin TÜRKÇÜ ve Yrd. Doç. Dr. Neslihan GÜZEL hocalarım başta olmak üzere tüm mimarlık bölümü yapı bilgisi anabilim dalı hocalarıma, ayrıca maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan babam Muhiddin ÇALIŞ başta olmak üzere tüm aileme ve çok değerli arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Rukiye ÇALIŞ

# HAREKETLİ ÇATILARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN SİSTEMATİK OLARAK İNCELENMESİ

## ÖZ

Hareketli çatılar, bir yapı çatısının tamamının veya bir kısmının hem açık hem de kapalı durumlarda kullanımının sağlandığı çatılardır. Geçmişten bu yana kullanılmakta olan hareketli çatı sistemlerinde, strüktür sistemi ana işlevden uzaklaşmamakta, aksine mekanın işlevine özellikle dış hava koşulları ve dış fiziksel etkiler yönünden avantaj sağlamaktadır.

Bu avantajlarından dolayı hareketli çatı strüktürlerinin günümüzde kullanımı gelişen teknolojiyle birlikte her geçen gün artmaktadır. Bu çalışma tasarımcılara bu alanda sağlam bilgiler verebilmek amacıyla belirli bir sistematik çerçevesinde yapılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde hareketli çatıların tanımı yapılmış, hareketli çatı strüktürlerinin tarihçesinden bahsedilmiş ve hareket özelliklerine göre ana ve alt sınıflandırmalar yapılmıştır. Tezin üçüncü bölümünde tablolar oluşturulmuş ve belirli bir sistematik içerisinde konuyla ilgili örnekler anlatılmıştır. Tezin dördüncü bölümünde ise, üçüncü bölümde anlatılan örnekler ayrıntılarıyla irdelenmiştir. Bu örneklerden elde edilen bilgiler daha kapsamlı ve karşılaştırmalı olarak grafiklendirilmiştir. Bu grafiklendirme neticesinde hareketli çatı sistemleri değişik nicel ve nitel özelliklere göre karşılaştırılmış ve istatistiksel sonuçlara ulaşılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** hareketli çatılar, hareketli strüktür, hareket, malzeme, yapısal özellik

# **THE RESEARCH ON THE CONSTRUCTIONAL SPECIFICATIONS OF MOVING ROOFS**

## **ABSTRACT**

The roofs which could be deployed from open position into closed position completely or partially are called as retractable roofs. The main function of the structure system is almost same in the retractable roof systems that have been used for years and they even provide advantages to its function against the external weather conditions and external physical impact.

Because of these advantages of the retractable roofs, their usage is increasing with the developing technologies day by day. Therefore, this thesis is prepared with a systematic description in order to provide solid information to the designers.

In the second part of the thesis, the retractable roofs are defined, the history of the retractable roof systems is mentioned, and they are classified according to their retraction characteristics. The second part contains tables and relevant examples in a systematic manner. Finally, in the fourth part of the thesis, the examples in the third part are discussed in detail. The results of these examples are graphed more comprehensively and comparatively. Consequently, the retractable roof systems are compared and the statistical results are obtained.

**Keywords:** moving roofs, moving structure, retraction, material, structural feature

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
TEZ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT.....	v
<b>BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Giriş .....	1
1.2 Çalışmanın Amacı .....	2
1.3 Çalışmanın Kapsamı.....	2
1.4 Çalışmanın Yöntemi.....	3
<b>BÖLÜM İKİ – HAREKETLİ ÇATI STRÜKTÜRLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Hareketli Çatı Strüktürlerinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi.....	4
2.2 Hareketli Çatı Strüktürlerinin Sınıflandırılması .....	7
2.3 Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler .....	10
2.3.1 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler .....	11
2.3.1.1 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği .....	11
2.3.1.2 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği .....	13
2.3.1.3 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği .....	16

2.3.1.4 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırlarına Doğru (Çevresel) Hareket Özelliği .....	17
2.3.2 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler.....	18
2.3.2.1 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği .....	18
2.3.2.2 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği .....	19
2.3.2.3 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği .....	21
2.4 Taşıyıcı Kurguda Hareketli Sistemler .....	22
2.4.1 Çerçeve Tipi Hareketli Sistemler .....	23
2.4.1.1 Kayar Hareketli Sistemler .....	26
2.4.1.2 Katlanır Hareketli Sistemler .....	27
2.4.1.3 Döner Hareketli Sistemler.....	28
2.4.1.4 Açılır - Kapanır Hareketli Sistemler .....	29
2.4.2 Genişleyebilen Çerçeve Tipi Hareketli Sistemler.....	30
2.4.2.1 Biçimi Değiştirilebilen Paketlenebilir Strüktürler .....	31
2.4.2.2 Toplanarak Kendini Tekrarlayabilen Strüktürler.....	33
2.4.2.3 Yukarı Çekilerek Kaldırma.....	35

## **BÖLÜM ÜÇ – HAREKETLİ ÇATI STRÜKTÜR**

### **ÖRNEKLERİ ..... 40**

3.1 Jets Stadyumu (Manhattan, New York, ABD).....	41
3.1.1 Genel Özellikler.....	41
3.1.2 Tasarım Yaklaşımı.....	41
3.1.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	42



3.2 Türk Telekom Arena (İstanbul, TÜRKİYE) .....	43
3.2.1 Genel Özellikler .....	43
3.2.2 Tasarım Yaklaşımı .....	44
3.2.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	44
3.3 Astana Stadı (Astana, KAZAKİSTAN) .....	46
3.3.1 Genel Özellikler .....	46
3.3.2 Tasarım Yaklaşımı .....	47
3.3.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	47
3.4 Marlins Stadyumu (Miami, Florida, UNITED STATES) .....	54
3.4.1 Genel Özellikler .....	54
3.4.2 Tasarım Yaklaşımı .....	55
3.4.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	55
3.5 Wimbledon Merkez Kortu (Londra, UK) .....	57
3.5.1 Genel Özellikler .....	57
3.5.2 Tasarım Yaklaşımı .....	58
3.5.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	58
3.6 ELT Tenerife (Tenerife, İSPANYA) .....	60
3.6.1 Genel Özellikler .....	60
3.6.2 Tasarım Yaklaşımı .....	61
3.6.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	61
3.7 Lucas Oil Stadı (Indianapolis, INDIANA) .....	62
3.7.1 Genel Özellikler .....	62
3.7.2 Tasarım Yaklaşımı .....	63
3.7.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	63
3.8 Cowboys Stadı (Dallas, ABD) .....	65
3.8.1 Genel Özellikler .....	65
3.8.2 Tasarım Yaklaşımı .....	66
3.8.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	66
3.9 Commerzbank Arena (Frankfurt, ALMANYA) .....	68
3.9.1 Genel Özellikler .....	68
3.9.2 Tasarım Yaklaşımı .....	69
3.9.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	69

3.10 Starlight Tiyatrosu (Rockford, Illinois, U.S.).....	72
3.10.1 Genel Özellikler.....	72
3.10.2 Tasarım Yaklaşımı.....	73
3.10.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	74
3.11 Landschaftspark (Duisburg, ALMANYA).....	75
3.11.1 Genel Özellikler.....	75
3.11.2 Tasarım Yaklaşımı.....	76
3.11.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	76
3.12 Qi Zhong Stadyumu (Shanghai, ÇİN).....	79
3.12.1 Genel Özellikler.....	79
3.12.2 Tasarım Yaklaşımı.....	80
3.12.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	80
3.13 Cardinals Stadyumu (Glendale, Arizona, ABD).....	82
3.13.1 Genel Özellikler.....	82
3.13.2 Tasarım Yaklaşımı.....	83
3.13.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	83
3.14 Reliant Stadyumu (Houston, Texas, USA) .....	85
3.14.1 Genel Özellikler.....	85
3.14.2 Tasarım Yaklaşımı.....	86
3.14.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	86
3.15 Miller Park Stadyumu (Milwaukke, ABD) .....	89
3.15.1 Genel Özellikler.....	89
3.15.2 Tasarım Yaklaşımı.....	90
3.15.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	90
3.16 Toyota Stadyumu (Toyota, JAPONYA) .....	92
3.16.1 Genel Özellikler.....	92
3.16.2 Tasarım Yaklaşımı.....	93
3.16.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	93
3.17 Oita Stadyumu (Oita, JAPONYA) .....	95
3.17.1 Genel Özellikler.....	95
3.17.2 Tasarım Yaklaşımı.....	96
3.17.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	96

3.18 Minute Maid Park (Houston, Texas, US).....	98
3.18.1 Genel Özellikler.....	98
3.18.2 Tasarım Yaklaşımı.....	99
3.18.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	99
3.19 Pusan Dome (Pusan, KORE).....	102
3.19.1 Genel Özellikler.....	102
3.19.2 Tasarım Yaklaşımı.....	103
3.19.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	103
3.20 San Sebastian Çok Amaçlı Merkez (San Sebastian, İSPANYA).....	104
3.20.1 Genel Özellikler.....	104
3.20.2 Tasarım Yaklaşımı.....	105
3.20.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	105
3.21 Cardiff Millennium Stadyumu (Cardiff, Galler, BİRLEŞİK KRALLIK)...	107
3.21.1 Genel Özellikler.....	107
3.21.2 Tasarım Yaklaşımı.....	108
3.21.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	108
3.22 Acil Hizmetler Merkezi ve Pfalz Keller Galeri (Sankt Gallen, İSVİÇRE).....	110
3.22.1 Genel Özellikler.....	110
3.22.2 Tasarım Yaklaşımı.....	110
3.22.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	111
3.23 Bank One Ball Park (Phoenix, Arizona, ABD).....	112
3.23.1 Genel Özellikler.....	112
3.23.2 Tasarım Yaklaşımı.....	112
3.23.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	113
3.24 Rothenbaum Merkez Kortu (Hamburg, ALMANYA).....	114
3.24.1 Genel Özellikler.....	114
3.24.2 Tasarım Yaklaşımı.....	115
3.24.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	115
3.25 Komatsu Dome (Miyazaki, JAPONYA).....	117
3.25.1 Genel Özellikler.....	117
3.25.2 Tasarım Yaklaşımı.....	118

3.25.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	118
3.26 Amsterdam Arena (Amsterdam, HOLLANDA) .....	121
3.26.1 Genel Özellikler .....	121
3.26.2 Tasarım Yaklaşımı .....	122
3.26.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	122
3.27 Safeco Field (Seattle, Washington, ABD).....	124
3.27.1 Genel Özellikler .....	124
3.27.2 Tasarım Yaklaşımı .....	125
3.27.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	125
3.28 Wasseraifingen Sarayı Avlusundaki Şemsiyeler (Wasseraifingen, ALMANYA) .....	127
3.28.1 Genel Özellikler .....	127
3.28.2 Tasarım Yaklaşımı .....	128
3.28.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	128
3.29 Ocean Dome (Miyazaki, JAPONYA) .....	130
3.29.1 Genel Özellikler .....	130
3.29.2 Tasarım Yaklaşımı .....	131
3.29.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	131
3.30 Fukuoka Dome (Fukuoka, JAPONYA) .....	133
3.30.1 Genel Özellikler .....	133
3.30.2 Tasarım Konsepti .....	134
3.30.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	134
3.31 Kuveyt Pavyonu (Seville, İSPANYA) .....	137
3.31.1 Genel Özellikler .....	137
3.31.2 Tasarım Yaklaşımı .....	138
3.31.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	138
3.32 Kutsal Peygamber Camisi Gölgelekleri (Medine, SUUDİ ARABİSTAN). 140	
3.32.1 Genel Özellikler .....	140
3.32.2 Tasarım Yaklaşımı .....	141
3.32.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	141
3.33 Athensheart Alışveriş Merkezi (Athens, YUNANİSTAN).....	143
3.33.1 Genel Özellikler .....	143

3.33.2 Tasarım Yaklaşımı.....	144
3.33.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	144
3.34 Ariake Colosseum (Tokyo, JAPONYA) .....	147
3.34.1 Genel Özellikler.....	147
3.34.2 Tasarım Yaklaşımı.....	148
3.34.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	148
3.35 Toronto Sky Dome (Toronto, KANADA) .....	150
3.35.1 Genel Özellikler.....	150
3.35.2 Tasarım Yaklaşımı.....	151
3.35.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	151
3.36 Yüzen Pavyon (Lucerne Gölü, İSPANYA) .....	154
3.36.1 Genel Özellikler.....	154
3.36.2 Tasarım Yaklaşımı.....	154
3.36.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	155
3.37 Zaragoza Arena (Zaragoza, İSPANYA) .....	156
3.37.1 Genel Özellikler.....	156
3.37.2 Tasarım Yaklaşımı.....	157
3.37.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	157
3.38 Bauschanzli Restoran (Zürich, İSVİÇRE) .....	159
3.38.1 Genel Özellikler.....	159
3.38.2 Tasarım Yaklaşımı.....	160
3.38.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	160
3.39 Montreal Olimpiyat Stadı (Montreal, KANADA) .....	161
3.39.1 Genel Özellikler.....	161
3.39.2 Tasarım Yaklaşımı.....	162
3.39.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	162
3.40 Milwaukee Sanat Müzesi (Milwaukee, Wisconsin, UNITED STATES) ...	164
3.40.1 Genel Özellikler.....	164
3.40.2 Tasarım Yaklaşımı.....	165
3.40.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	165
3.41 Ulusal Bahçe Sergisi Gölgelekleri (Köln, ALMANYA).....	168
3.41.1 Genel Özellikler.....	168

3.41.2 Tasarım Yaklaşımı.....	169
3.41.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	169
3.42 Mush Balloon (Osaka, JAPONYA).....	170
3.42.1 Genel Özellikler.....	170
3.42.2 Tasarım Yaklaşımı.....	171
3.42.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	171
3.43 Magrodome Yüzme Havuzu (Saar, ALMANYA) .....	174
3.43.1 Genel Özellikler.....	174
3.43.2 Tasarım Yaklaşımı.....	174
3.43.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	175
3.44 Lyon, Fransa'daki Bir Yüzme Havuzunun Çatısı (Lyon, FRANSA).....	176
3.44.1 Genel Özellikler.....	176
3.44.2 Tasarım Yaklaşımı.....	177
3.44.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	177
3.45 Bad Hersfeld Açık Hava Tiyatrosu (Bad Hersfeld, ALMANYA).....	178
3.45.1 Genel Özellikler.....	178
3.45.2 Tasarım Yaklaşımı.....	179
3.45.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	179
3.46 Boulevard Carnot Yüzme Havuzu (Paris, FRANSA).....	181
3.46.1 Genel Özellikler.....	181
3.46.2 Tasarım Yaklaşımı.....	182
3.46.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	182
3.47 Palm Beach Açık Hava Tiyatrosu (Cannes, FRANSA).....	184
3.47.1 Genel Özellikler.....	184
3.47.2 Tasarım Yaklaşımı.....	184
3.47.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	185
3.48 Pittsburg Kent Oditoryumu (Pittsburg, ABD).....	186
3.48.1 Genel Özellikler.....	186
3.48.2 Tasarım Yaklaşımı.....	187
3.48.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	187
3.49 Colosseum (ROMA) .....	190
3.49.1 Genel Özellikler.....	190

3.49.2 Tasarım Yaklaşımı.....	191
3.49.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri .....	191

## **BÖLÜM DÖRT – HAREKETLİ ÇATI STRÜKTÜRLERİNİN**

<b>ANALİZİ.....</b>	<b>193</b>
---------------------	------------

4.1 Örneklerin İrdelenmesi.....	199
---------------------------------	-----

## **BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR..... 218**

5.1 Sonuç Değerlendirmesi .....	218
---------------------------------	-----

## **KAYNAKLAR ..... 222**

# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

### 1.1 Giriş

Doğa dış kuvvetlere karşı sürekli değişim içindedir ve bu kuvvetlere karşı daimi olarak tepki vermektedir. Olumsuz koşullara direnmek ve olumlu etkilere tepki vermek tüm varlıkların doğasında vardır. En basitinden bir çiçek bile nasıl ki güneşi görünce güneşe yöneliyor ve yapraklarını tamamen açarak tepki veriyorsa; doğadaki diğer canlı ve cansız tüm varlıklar da dış etkilere kendilerine göre tepki vermektedir.

Tüm bu doğa değişim ve dönüşüm ortamında çeşitli gereksinimlerden kaynaklı olarak insanlar tarafından eski çağlardan beri mimari yapılarda dış kuvvetlere bağlı değişimlere cevap verebilecek çözümler düşünülmüştür. İkel çadırlar ve Roma Colosseumu hareketli üst örtüsü bu tanımı açıklayan en eski örneklerdir. Olumsuz hava şartlarından etkilenmemek için o dönemin insanları, yapıya dikme ile sundurmalar eklemiş ve bunların üzerine dokuma örtü malzemesi germiştir.

Her zaman için dış ortam değiştiği vakit binanın elemanları da bununla birlikte değişmek durumundadır. Bina elemanları ve dış kuvvetler arasındaki bu ilişki mimarlığı etkileyen çok önemli bir unsurdur. Bu önemli unsur neticesinde yapılarda hareketli çatı strüktürleri gündeme gelmiş ve mimarlığa kinetik anlamda bir boyut kazandırmıştır.

Yapıların dış ortam değişikliklerine uyum sağlayabilmesi ve tasarımcıların her dönemde farklı ve yenilikçi arayışlar içinde olması sonucu ortaya çıkan bu hareketli çatı strüktürleri, çeşitli açılardan irdelenip sınıflandırmalar, değerlendirmeler ve karşılaştırmalar yapılarak günümüz teknolojisine uygun olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada hareketli çatı strüktürleri 49 adet çeşitli örnekle irdelenmiştir. Bu strüktürler, stadyum yapılarında en geniş kullanım alanına sahip olmakla birlikte yüzme havuzları, dinlenme alanları gölgelikleri gibi küçük ölçekli projelerde de yaygın kullanım alanına sahiptir.



## 1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı; çevresel ve fonksiyonel değişimlere cevap verebilen, çevresine adapte olabilen hareketli çatı strüktürlerinin genel tanımlarını belirlemek, tarihsel süreç içerisindeki gelişimlerini araştırmak, bu hareketli çatı strüktürlerini belli bir sistematığe göre sınıflandırmak ve sınıflandırılmış sistemleri belirli hareket özelliklerine göre alt sınıflandırmalara ayırmak, hareketli çatı strüktürleri ile ilgili kaynak taraması yapmak ve kaynak taramaları neticesinde ulaşılabilen tüm örnekleri belli bir sistematik içerisinde irdelemek ve tüm bunlar paralelinde elde edilen bilgilerin çeşitli özelliklere göre grafiksel karşılaştırılmalı analizini yapmaktır.

‘Hareketli çatıların yapısal özelliklerinin sistematik olarak incelenmesi’ başlıklı bu tezin hareketli çatı strüktürleri ile ilgili yapılan daha önceki çalışmalardan farkı: daha önce yapılmış çalışmalarda yer alan sınıflandırmalar ile Otto ‘nun yapmış olduğu sınıflandırmalardan yararlanarak sınıflandırmayı daha ileriye götürmek, örtülen alan, yapı fonksiyonu, üst örtü geometrisi, geçilen açıklık, taşıyıcı sistem, kaplama malzemesi, üst örtünün hareket özelliği ve hareket mekanizması açısından farklı özelliklere sahip çeşitli örnekleri belli bir sistematik içerisinde irdelemek, bunun paralelinde bu çeşitli özelliklere sahip örnekleri yapım yılı, örtülen alan, yapı fonksiyonu, hareketli örtünün geometrisi, geçilen açıklık, hareket süresi, hareket mekanizması ve hareket tiplerine göre grafiksel karşılaştırılmalı analizini yapmaktır.

## 1.3 Çalışmanın Kapsamı

İlk çağlardan bu yana insanlar, olumsuz dış ortam koşullarından etkilenmemek gerekçesiyle mimari yapılarına çeşitli hareket elemanları uygulamıştır. Bu uygulamalar günümüz teknolojisiyle birlikte ilkelikten gelişmişliğe yönelmiştir. Hareketli çatı strüktürleri ile ilgili bu çalışmanın kapsamında; en basit ve bilindik hareketten, en karmaşığına kadar belirli bir sistematik içerisinde tüm hareketli strüktür sistemleri, uygulanmış günümüz örnekleri, bu örneklerin yapısal özellikleri ve bu hareketli çatı strüktürlerine sahip yapıların çevrelerine nasıl uyum sağladıkları irdelenmiş, istatistiksel olarak bilgi verilmiştir.

## 1.4 Çalışmanın Yöntemi

Hareketli çatılar ile ilgili bu çalışmada; belirlenen amaç ve kapsam doğrultusunda izlenen yöntem genel anlamda kaynak taramasıyla bilgileri toplama, toplanan bilgileri belirli bir düzen içinde aktarma, örnekleme, gerekli görülen noktalarda şekil, tablo veya grafiklerle açıklama ve raporlama yöntemidir.

2. bölümde Türkçe ve yabancı kaynaklardan hareketli çatı yapıları ile ilgili temel bilgilere ulaşıp hareketli çatıların tanımı yapılmış, hareketli çatı yapılarının tarihçesinden bahsedilmiş ve hareket özelliklerine göre ana ve alt sınıflandırmalar yapılarak belirli bir sistematik çerçevesinde tablolara aktarılmıştır. Bu sınıflandırma tabloları kapsamında örneklere kadar uzanan bir açıklama yöntemi kullanılmıştır.

3. bölümde konu ile ilgili örnekler sistematik olarak aktarılmıştır. Bu bölümde örneklerin detaylandırılması için literatür bilgilerine ve hareketli çatı yapıları üzerine Türkiye’de ve dünyada uygulama yapan mimar ve mühendislerin çalışma ortamlarına sanal ortamda dahil olunup gerekli bilgi ve kaynaklara ulaşılmıştır.

Bu veriler ışığında irdelenen hareketli çatı örnekleri 4. bölümde değişik yapısal özelliklere göre grafiklere dökülmüş ve istatistikî yönden analiz edilmiştir. Son olarak elde edilen istatistikî analizlere göre hareketli çatıların yapısal özellikleri yorumlanarak birbirleri arasında karşılaştırılmıştır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **HAREKETLİ ÇATI STRÜKTÜRLERİNİN SINIFLANDIRILMASI**

#### **2.1 Hareketli Çatı Strüktürlerinin Tanımı ve Tarihsel Gelişimi**

Strüktür, birtakım bileşenlerin belirli bir organizasyon içerisinde bir araya gelerek kendilerine etkiyen yükler altında dengede kalmasını sağlayan sistem bütünü olarak tanımlanabilir.

Mimari anlamda hareketlilik; yapının konumu ya da durumundaki değişikliği anlatan bir kavramdır. Yapının tamamının hareket etmesi gibi yapının bir kısmının formunu değiştirmeden hareket etmesi anlamına da gelmektedir.

Hareketli çatı strüktürleri, bir strüktürün belirli bir kısmının ya da tümünün kısa bir süre içerisinde hareket ettirilmesi ya da değiştirilmesi yolu ile yapının hem açık hem de kapalı kullanımına imkan sağlanabilmesi olarak tanımlanabilir (Ishii, 2001).

Hareketli çatılar: bir yapı çatısının tamamının veya bir kısmının; rüzgar, yağmur, kar, sıcak, soğuk gibi hava koşullarından olumsuz etkilenmemek için hem açık hem de kapalı durumlarda kullanımının sağlandığı çatılardır. Bu tanıma uygun yapılar dayanımı sağlayan strüktürel çözümlere ilaveten mevcut durumda dinamik özellikleri de barındırırlar. Hareketli çatı strüktürleri form içinde sınırlı kalabildiği gibi sınırları da zorlayabilmektedir.

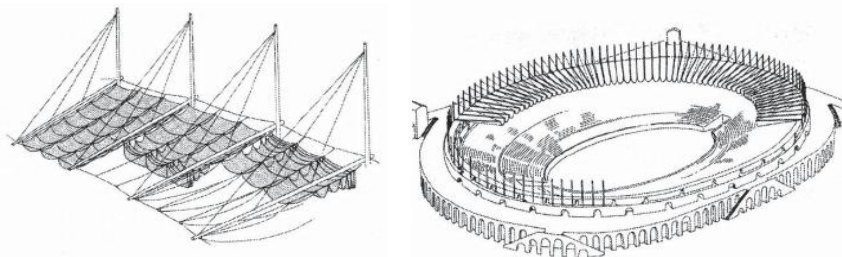
Hareketli çatı strüktürlerinde taşıyıcı sistem anlamında en önemli özellik hareketin özel gereksinmelerinden kaynaklanması ve hareketin yapı bütünü içerisinde gerçekleşmesidir. Strüktür sistemi ana işlevden uzaklaşmaz ve mekanın işlevine özellikle hava koşulları yönünden katkıda bulunur. Bu strüktür sistemindeki hareketlilik; kayabilen, katlanabilen, toplanabilen, büyüyüp küçülebilen, yükselip alçalabilen, dönebilen, genişleyip daralabilen ve benzeri hareket tipleri ile karşımıza çıkabilmektedir.

Frei Otto, Santiago Calatrava, Pinero, Ishii gibi mimari yapıda hareketlilik üzerine çalışmalar yapan tasarımcıların oldukça büyük etkisiyle birlikte insanlar artık mimarinin hareketsiz strüktürlerinin günümüzün değişen ve hızla gelişen teknolojisine yeterli derecede uyum sağlayamadığını daha iyi fark edebilmiş ve hareketli çatı strüktürlerinin uygulanması daha fazla gündeme gelmeye başlamıştır.

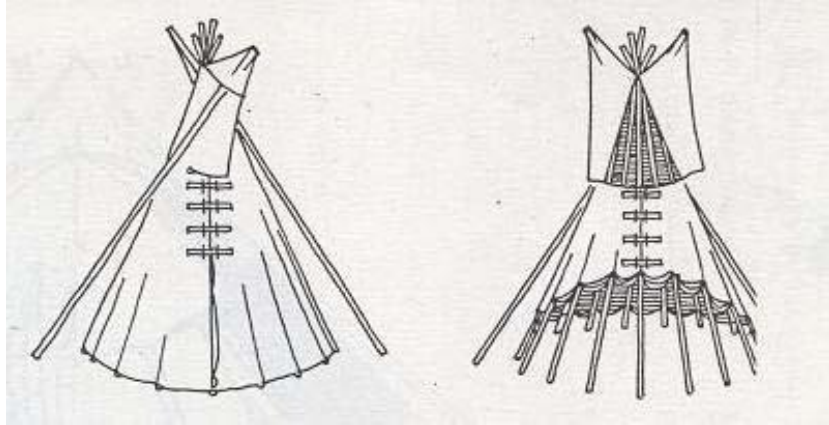
Hareketli çatı strüktürlerinin tanımlanmasında üç önemli kriter; hareket türü, taşıyıcı sistem özellikleri ve malzeme özellikleridir. Malzeme ve hareket birbirlerini doğrudan etkilemektedir. Seçilen hareket tipi ve hareket sistemine göre malzeme seçimi yapılmaktadır. Bu nedenle hareketli çatı strüktürlerinde, hareket ve malzeme birbirlerinden bağımsız düşünülemez.

Hareketli çatı strüktürleri tarih süreci içerisinde ilk olarak ilk çağlarda göçebe ve savaşçı ilkel toplumların çadırları ile ortaya çıkmaktadır. Bu çadırların konstrüksiyonlarında çatı görevi gören örtü malzemesinin gerektiği zaman kaldırılıp veya kısmen açılıp farklı gereksinimlere ve farklı hava koşullarına cevap verdiği görülmektedir. Bu çadırlarda hareketlilik özelliği konstrüksiyonun bir parçası olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kuzey Amerika'da ve Avrupa'da yaşayan yerliler ilk çadırları yapmışlar, bir sonraki aşamadaki çadırlar ise Kızılderililerin çadırlarıdır. Bedevi çadırları ise strüktürel anlamda daha da gelişmiş bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. Roma'daki Colosseum'un fonksiyonlarından dolayı yaratıcı bir strüktür çeşitliliğine ihtiyaç duyulmuş ve bu sebeple 'vela' adı verilen bir tekstil malzemesini hareketli bir sistem içerisinde çözerek güneşten korunmak planlanmıştır. Bu tente, bir kablo ağın üzerinde serilmiş ve gergili ipler tarafından çekilerek basitçe hareket ettirilmektedir (Mezher, 2003).



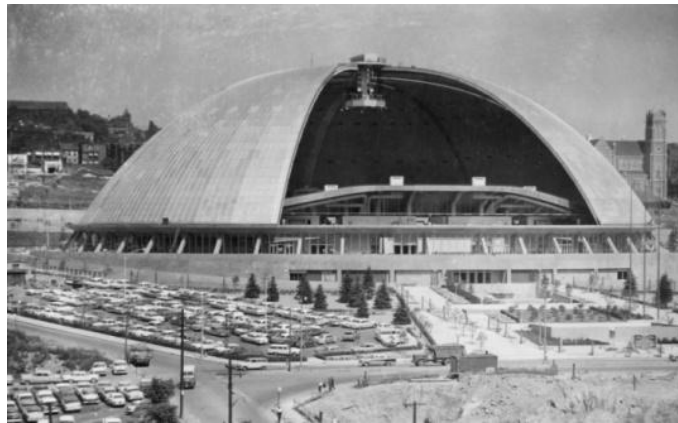
Şekil 2.1 Roma'daki Colosseum ve hareketli çatısı (Kuusisto, 2010)



Şekil 2.2 Amerikan çadırları (Walter, 2006)

Günümüzde ise hareketli çatıların en temel ve en küçük örneği şemsiyelerdir. Ve şemsiye konstrüksiyonların en erken verileri 16. yüzyıla dayanmaktadır (Otto, 1972).

Hareketli çatı yapıları alanında 1954-1955 yıllarına kadar önemli gelişmelere rastlanmamıştır. Yirminci yüzyılın başlarında, Landcaster (1938), H.H.Stevens (1942) ve Walter Bird (1956) tarafından küçük ölçekli pnömatis hareketli çatılar tasarlanıp uygulanmıştır (Özge, 2004). 1958’de Frei Otto Almanya, Killesberg’de bulunan bir açık hava tiyatrosu için hareketli membran üst örtü yapıları tasarlamıştır. 1959’da ise Mitchell ve Ritchey, Pittsburg’da hareketli bir kubbe tasarımı yapmıştır. Bu iki tasarım hareketli yapıların malzeme açısından iki farklı alternatifini ortaya koymuştur (Güçyeter, 2004). Bu alternatifler ilerleyen dönemlerde, hareketli membran yapıları ve hareketli rijit yapıları olarak tanımlanmıştır. Bu bilgilere ek olarak hareketli rijit yapıların büyük açıklıklı ilk örneği 1961’de inşa edilmiş Pittsburg Kent Oditoryumudur.



Şekil 2.3 Pittsburgh Civic Arena (Valcarcel, 2012)

Günümüzde sürekli gelişmekte olan hareketli çatılar, yaklaşık yirmi yıldır özellikle stadyumlarda kullanılmaktadır. Kamusal yapılarda hareketli çatı strüktürlerinin yapılıp yapılmayacağı halkın talebine bağlı olduğu kadar çevresel ve ekonomik faktörlere de bağlıdır. Hareketli çatıların her anlamda ekonomik olmaması vb. dezavantajlarını kullanım avantajları bastırıldığı için günümüz hızla gelişen teknolojisiyle birlikte dünya genelinde daha dikkat çekmekte ve tercih edilmektedir.

Şu an henüz gelişme aşamasında olan genişleyebilen çerçeve tipi hareketli sistemler ise; hafifliği, kolay montajı ve ekonomikliği ile günümüz mimarisinin iklimsel, işlevsel ya da biçimsel değişimlerine uyum sağlayabilecek teoride önemli avantajlara sahip bir sistemdir. Makas mekanizmalarla oluşturulan genişleyebilen çerçeve tipi hareketli sistemlerin küçük ölçekli Iris Kubbesi, Hobermen Küresi, Hoberman Kemerli, Sevilla'da bir yüzme havuzu üst örtüsü gibi küçük ölçekli uygulamaları yapılmıştır. Daha yaygın olarak büyük ölçekli projelerde uygulanabilmesi için mesnet ve bağlantı noktalarındaki birleşim sorunları ile yüklere karşı dayanımdaki sorunların çözülmesi gerekmektedir. Plaklardan oluşan strüktür tipi ise daha sorunsuz bir çatı sistemi olsa da, genelde daire ve elips şeklindeki yapılarda kullanılabilmesi ve geçilen açıklığın çubuk sisteme göre daha küçük olması nedeniyle fazla tercih edilmeyebilir. Araştırmaların devamı ve uygulamaların artması bu sistemin sorunlarının çözümünü beraberinde getirecektir (Korkmaz ve Maden, 2010).

## **2.2 Hareketli Çatı Strüktürlerinin Sınıflandırılması**

Frei Otto ve çalışma ekibinin örtü malzemesinde hareketli ve taşıyıcı kurguda hareketli çatılar için hazırlamış oldukları hareket matrisleri (Tablo 2.6 ve Tablo 2.14), bu bölümde yapılacak hareketli çatı strüktürlerinin sınıflandırılmasında referans alınmış, araştırmaların doğrultusunda edindiğim bilgilerle harmanlanarak ve tezime uygun bir şekilde irdelenerek aktarılmıştır.

Tablo 2.7 ile Tablo 2.19 arasında hazırlanan tüm tablolarda, üçüncü bölümde irdelenen örnekler neticesinde elde edilen bilgilerle Güçyeter (2004) ve Otto (1971) tarafından geliştirilen sistematikten yararlanılmıştır.

Hareketli çatıların ana sınıflandırılmasında temel özellik hareket kurgusu olarak ele alınmıştır. Bu sınıflandırma örtü malzemesinde ve taşıyıcı kurguda hareketli sistemler olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Hareketli çatı strüktürlerinin ana sınıflandırılması

<b>HAREKETLİ ÇATI STRÜKTÜRLERİ</b>	
<b>ÖRTÜ MALZEMESİNDE HAREKETLİ SİSTEMLER</b>	<b>TAŞIYICI KURGUDA HAREKETLİ SİSTEMLER</b>

Örtü malzemesinde hareketli sistemler genellikle membran malzeme kullanılarak oluşturulmuştur. İlk yıllarda spor ve sunum amaçlı kullanılan açık mekanlar için açıklıkları ortalama 60 metreyi geçmeyen örtü malzemesinde hareketli sistemler Frei Otto gibi tasarımcılar tarafından geliştirilmiştir. Bu örtü malzemesinde hareketli sistemler, örtü malzemesi olan membranın hareket sistemiyle toplanması, kayması, sarılması, dönmesi ve katlanması sonucu oluşur. Taşıyıcı kurguda hareketli sistemler, örtü malzemesi rijit olan ve çerçeve, kemer ya da tonoz sistemleri temel kabul ederek gelişen, bunun paralelinde tonoz dilimlerinin vs. dönme, kayma, katlanma ve açılıp kapanmasıyla hareket eden sistemlerdir.

Tablo 2.3 Destek strüktürü sabit ve hareketli sistemlerin hareket özelliğine göre sınıflandırılması

<b>DESTEK STRÜKTÜRÜ SABİT ÖRTÜ MALZEMESİNDE HAREKETLİ SİSTEMLER</b>	<b>DESTEK STRÜKTÜRÜ HAREKETLİ ÖRTÜ MALZEMESİNDE HAREKETLİ SİSTEMLER</b>
Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği	Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği
Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği	Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği	Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği
Taşıyıcı Sistem Sınırlarına Doğru (Çevresel) Hareket Özelliği	

Tablo 2.2 Örtü malzemesinde hareketli sistemlerin sınıflandırılması

ÖRTÜ MALZEMESİNDE HAREKETLİ SİSTEMLER	
Destek Strüktürü <b>Sabit</b> Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler	Destek Strüktürü <b>Hareketli</b> Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler

Hareket kurgusu ele alınarak yapılmış olan ana sınıflandırmanın bir alt sınıfında ise örtü malzemesinde hareketli sistemler, destek strüktürünün sabit ve hareketli olma özelliğine göre iki gruba ayrılmıştır (Tablo 2.2). Yine bu iki grup kendi içinde strüktürün hareket özelliğine göre gruplara ayrılmıştır (Tablo 2.3).

Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin bir alt grubunu ise çerçeve tipi hareketli sistemler ve genişleyebilen çerçeve tipi hareketli sistemler oluşturmaktadır (Tablo 2.4). Yine bu iki grup kendi içinde strüktürün hareket özelliğine göre gruplara ayrılmıştır (Tablo 2.5).

Tablo 2.4 Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin sınıflandırılması

TAŞIYICI KURGUDA HAREKETLİ SİSTEMLER	
Çerçeve Tipi Hareketli Sistemler	Genişleyebilen Çerçeve Tipi Hareketli Sistemler

Tablo 2.5 Çerçeve tipi ve genişleyebilen çerçeve tipi hareketli sistemlerin hareket özelliğine göre sınıflandırılması

ÇERÇEVE TİPİ HAREKETLİ SİSTEMLER	GENİŞLEYEBİLEN ÇERÇEVE TİPİ HAREKETLİ SİSTEMLER
Kayar Hareket Özelliği	Biçimi Değiştirilebilen Paketlenebilir Strüktürler
Katlanır Hareket Özelliği	Toplanarak Kendini Tekrarlayabilen Strüktürler
Döner Hareket Özelliği	Yukarı Çekilerek Kaldırılan Strüktürler
Açılır-Kapanır Hareket Özelliği	



### 2.3 Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler

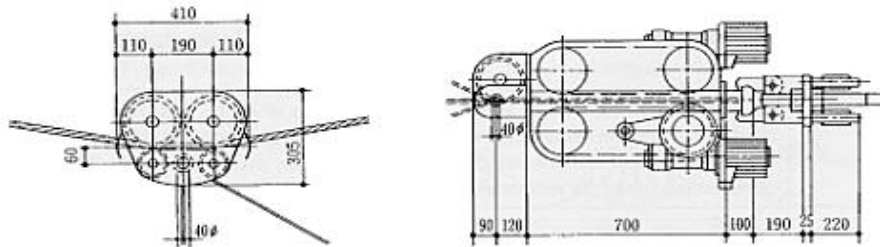
Örtü malzemesinde hareketli sistemler genellikle membran malzeme kullanılarak oluşturulmuştur. Bu tip sistemlerde membran örtü malzemesi kablolar ve makaralar yardımıyla çeşitli şekillerde katlanarak çatının açılıp kapanmasını sağlar.

Bu sınıflandırmada inceleyeceğimiz sistemler taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre daha hafif yapı çözümleri ortaya koymaktadır. Başlarda küçük ölçekli projelerde uygulanırken, gelişen mimari ve malzeme teknolojileri sayesinde büyük ölçekli projelerde rahatlıkla kullanılır olmuştur. Nedenleriyse sınıflandırmalar alt başlığında geniş kapsamlı olarak anlatılacaktır.

Özge (2004), örtü malzemesinde hareketli sistemlerin hareket mekanizmalarını

“Membran hareketli çatıların hareket ettirilmesinde 3 sistem kullanılır:













- Makara sisteminde güç kaynağı olmayan bir makara çekme ve denge halatlarıyla beraber kablo üzerinde hareket ettirilerek çatının açılıp kapanması sağlanır.
- Çekici sistem güç kaynağı olan makara sistemidir. Makara içindeki motor kuvvetiyle kablo üzerinde hareket ettirilerek membranın açılıp kapanması sağlanır. Bu sistemde hareket motor gücünün yanısıra makara ile kablo arasındaki sürtünme kuvveti ile sağlanır. Sürtünme kuvveti tekerlek etrafına halat sarılarak, kablo üzerine düz ya da burgulu tel sarılarak ve kabloya zincir veya dirsekli makara tutturularak artırılabilir.
- Çatının sabit kısmında bulunan vinçler yardımıyla membran, kablo ile çekilerek hareket ettirilir” şeklinde tanımlıyor (s. 25).



Şekil 2.4 Örtü malzemesinde hareketli çatıların hareket mekanizması (solda makara sistemi, sağda çekici sistemi) (Özge, 2004)

1954 yılında Almanya'nın Stuttgart Üniversitesi'nde başını Prof.Frei Otto'nun çektiği bir grup membran malzeme ile hareketli çatı üzerinde araştırmalar başlatmış ve birçok başarılı örnek geliştirmiştir. Bu araştırmalar ve uygulamalar sonucu hareketli çatıların kullanımı yaygınlaşmış ve sonraki tasarımcıları da etkilemiştir (Ishii, 2000).

Tablo 2.6 Örtü malzemesinde hareketli çatıların hareket matrisi (Otto, 1971)

Yapın Sistemi	Hareket tipi		Paralel	Merkezi	Dairesel	Çevresel
Destek Strüktürü Sabit	Membran	Toplanarak				
		Yuvarlanarak				
Destek Strüktürü Hareketli	Destek Strüktürü	Kayarak				
		Katlanarak				
		Dönerek				

### 2.3.1 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler

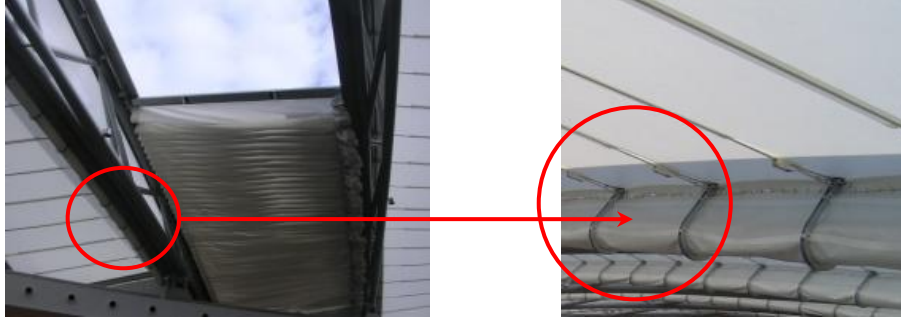
#### 2.3.1.1 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği



Bu hareket özelliğinde ana taşıyıcı eğik veya dik olacak şekilde yapı malzemesine bağlı olarak basit bir kolon veya dikme; eğik, düz veya eğilmeye ve çekmeye çalışan eğri bir kiriş sistemi ya da kafes sistemleri olmak üzere örtü malzemesinin taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde hareketini sağlayan basit kablolar ve çubuk elemanlar desteğiyle toplanarak ve yuvarlanarak üst örtü alanında istenilen tarafa hareket ettirilmesidir.

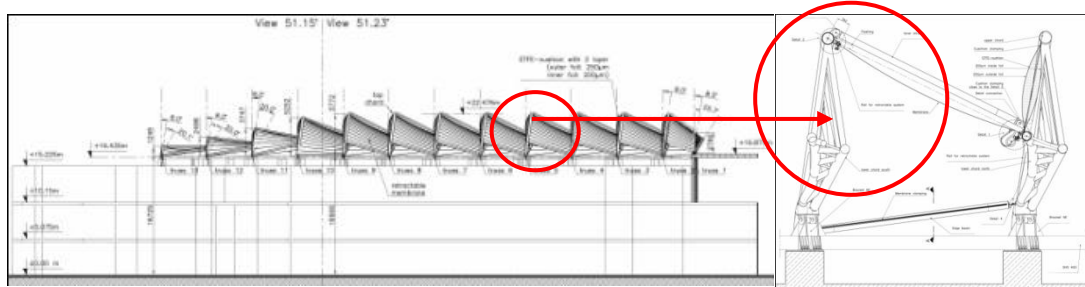
Bu hareket özelliği birbirinden farklı hareket sistemlerinden oluşmaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan özellik; sabit bir çerçeve sisteme, öngerilmeli kablolarla desteklenerek gerilmiş çatı üst örtüsünün paralel toplanma hareketidir

(Şekil 2.5). Üst örtünün öngerilmeli kablolarla desteklenmesinin strüktürel yönden amacı; sabit çerçeve strüktürün paralel toplanma yönünde maruz kalmış olduğu sürekli çekme gerilmesinin yol açacağı deformasyonu önlemektir.



Şekil 2.5 Üst örtünün toplanma hareketi ve öngerilmeli kablolarla desteklenmesi

Ayrıca daha geniş açıklıklarda bu sistemin kullanılması durumunda örtü malzemesinin kendi ağırlığından kaynaklı oluşacak sarkmayı önlemek için birtakım ek detaylar gerekmektedir. Örtü malzemesinin daha fazla noktadan mesnetlenmesi, çekici, vinç ve membran kenarlarına yerleştirilen özel aletler ya da örtü malzemesinin katlanma yönüne dik olacak şekilde aralara destek kirişler atmak gereksinim duyulan ek detaylardır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Üst örtüde sarkmayı önlemek için katlanma yönüne dik atılan destek kirişleri

Taşıyıcı sistem ana aksına paralel bu tür katlanma hareketli sistemlerde, membran malzeme açısından kar yükü, rüzgar ve yağmur suyu gibi iklimsel özellikler önem taşımaktadır. Rüzgar, membran üst örtüyü sürekli ve tehlikeli titreşim altına alamamalı ve çatı formunda bir deformasyon oluşturamamalıdır. Bu korumayı üst örtünün katlanma yönüne dik olarak uygulanabilecek elastik özellik taşıyan ağırlık niteliğinde çubuk elemanlar ve kablolarla sağlanmaktadır. Katlanmaların arasında birikecek kar yığılması ve yağmur suyu birikmesi üst örtünün ağırlığının artmasına

ve böylelikle deformasyona neden olacaktır. Bu deformasyonu önlemek için üst örtünün uygun noktalarından membran malzeme ile hareket edebilecek esnek drenaj boruları detay çözüm olarak uygulanır.

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

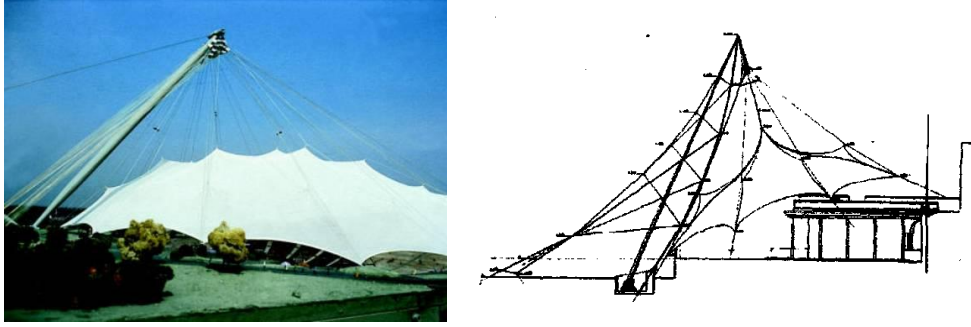
Tablo 2.7 Destek strüktürü sabit örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Düzlem Aks		Örtü malzemesinin düzlemsel aksta yer alan sabit destek kirişi üzerinde bu düzlem kirişe paralel olarak toplanması
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Örtü malzemesinin eğrisel aksta yer alan sabit destek kirişi üzerinde bu eğrisel kirişe paralel olarak toplanması

### 2.3.1.2 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği

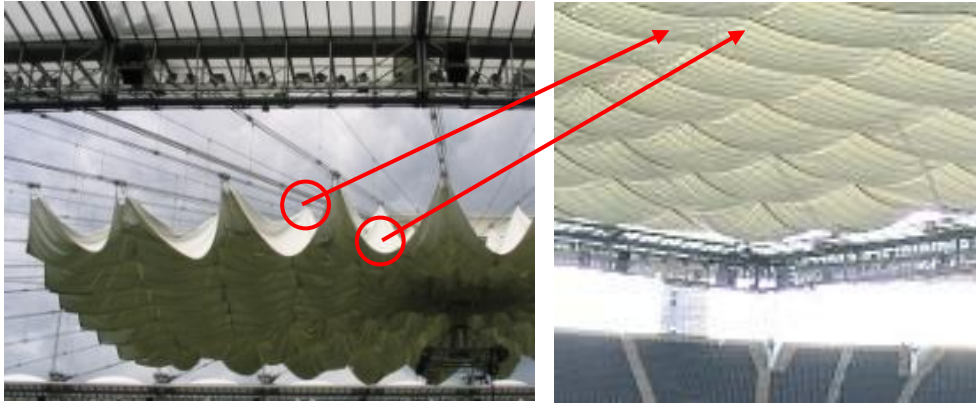


Merkezde dik, eğik veya tasarıma göre eğri olacak şekilde yapı malzemesine bağlı olarak basit bir kolon veya dikmenin bulunduğu ve bu merkez noktasından ışınal olarak yayılan çubuk ve kablo taşıyıcılarla desteklenen ve bunun paralelinde bu ışınal çubuk ve kablo taşıyıcılar üzerinden üst örtü malzemesinin merkeze doğru toplanma hareketidir. Bu tip strüktürler taşıyıcı sistem merkezine doğru hareket özelliğinde en basit örnektir. Bu hareket özelliğinde hareketli üst örtünün merkeze toplanma özelliği illa ki üst örtü geometrik formunun merkezi olacak anlamını taşımamaktadır. Sabit olan destek strüktürü geometrik formun herhangi bir noktasında merkezden sapmış olabilir ve hatta bu hareket özelliğinde tanımlı bir geometrik form zorunluluk değildir. Böylelikle çoğu çalışmada serbest form uygulanmıştır (Şekil 2.7).



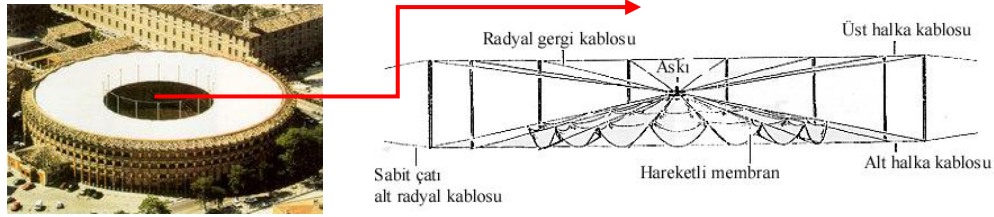
Şekil 2.7 Merkezine doğru hareket özelliğinde serbest form çalışmaları

Daha büyük ölçekli hareketli çatılarda ise bu özellik tek başına yeterli olamamaktadır. Çünkü geçilen açıklık arttıkça kullanılan üst örtü malzemesi de artacak, böylelikle membran malzeme kendi ağırlığının artmasıyla sarkma yapacaktır. Bunu önlemek amacıyla ışınal hareket çubuk ve kabloları üzerinde üst örtü malzemesi birden çok noktadan asılmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Işınal hareket kabloları üzerinde üst örtü malzemesinin birden çok noktadan asılması

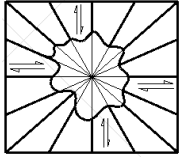
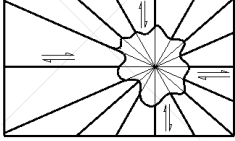
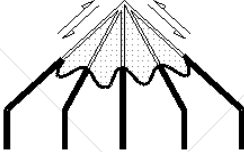
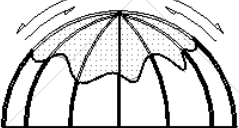
Özellikle geniş alanları örtmede ise kabloların bir düzlem üzerinde merkezi hareket özelliğiyle sabitlenerek gerildiği ve üst örtü malzemesinin sabitlenmiş kablolardan bağımsız olarak merkeze doğru hareket edebileceği sistemlerdir. Bu sistemlerde merkezde sabitlenmiş bir pilon, kolon gibi destek strüktürü yoktur (Şekil 2.9). Ayrıca bu sistemlerde makara hareket mekanizması kullanılmaktadır. Makara hareket mekanizmasında bir güç kaynağı yoktur, makara çekme ve denge halatlarıyla beraber kablo üzerinde hareket ettirilerek üst örtü hareketi sağlanır.



Şekil 2.9 Merkezde destek strüktürün olmadığı bir çalışma ve hareket mekanizması

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

Tablo 2.8 Destek strüktürü sabit örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem merkezine doğru hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Düzlem Aks		Örtü malzemesinin, düzlem dörtgen planlı bir geometride düzlem aksta yer alan sabit destek kirişleri üzerinde merkeze doğru toplanması
Serbest Aks		Örtü malzemesinin, merkezi planlı bir geometride merkezi olmayan tepe noktasına ışınsal düzenlenmiş aksta yer alan sabit destek kirişi üzerinde merkeze doğru toplanması
Eğik Aks		Örtü malzemesinin, merkezi planlı bir geometride merkezi tepe noktasına eğik düzenlenmiş aksta yer alan sabit destek kirişi üzerinde merkeze doğru toplanması
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Örtü malzemesinin, merkezi planlı bir geometride merkezi tepe noktasından ışınsal düzenlenmiş aksta yer alan sabit destek kirişi üzerinde merkeze doğru toplanması

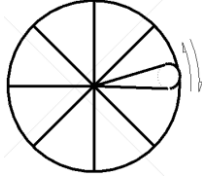

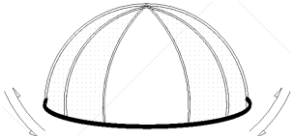
### 2.3.1.3 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği



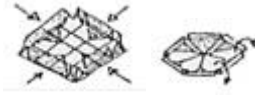
Plansal olarak dairesel formlar için geçerli olan bu hareket özelliği, hareketli üst örtü malzemesinin taşıyıcı sistem üzerindeki sınır hattını takip ederek dönmesi ile gerçekleşmektedir. Formun merkezi noktası referans alınarak sabit bir destek strüktür ve bu merkeze ışınsal olarak rijit kaburgaların veya kablo ağların uygulanmasıyla hareketli strüktür sistemleri oluşturulur. Diğerleri kadar yaygın olmayan bir hareket özelliğidir.

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

Tablo 2.9 Destek strüktürü sabit örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem sınırları üzerinde dairesel hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dairesel Düzlem Aks		Örtü malzemesinin, dairesel planlı bir geometride merkezi düzenlenmiş aksta yer alan sabit düzlem destek kirişi üzerinde dairesel hareketle toplanması
Eğik Aks		Örtü malzemesinin, dairesel planlı bir geometride merkeze ışınsal düzenlenmiş aksta yer alan sabit eğik destek kirişi üzerinde dairesel hareketle toplanması
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Örtü malzemesinin, dairesel planlı bir geometride merkeze ışınsal düzenlenmiş aksta yer alan sabit eğrisel destek kirişi üzerinde dairesel hareketle toplanması

### 2.3.1.4 Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırlarına Doğru (Çevresel) Hareket Özelliği



Bu sistemde destek strüktürü bir dörtgen, daire veya bunların türevleridir. Yani bu strüktürler birer çerçevedir. Bu destek strüktürleriyle oluşan formların merkezini veya formların içinde herhangi bir noktayı referans alan ve bu noktaya göre formu parçalara ayırıp bu parçaların birleşim noktalarından başlayarak taşıyıcı sistem çerçevesine doğru hareket eden sistemlerdir. Pek yaygın olmayan bir hareket özelliğidir.

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

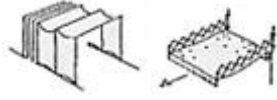
Tablo 2.10 Destek strüktürü sabit örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem sınırlarına doğru (çevresel) hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırlarına Doğru (Çevresel) Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dörtgen Düzlem Aks		Örtü malzemesinin, dörtgen planlı bir geometride merkezden veya herhangi bir noktadan sabit düzlem destek kirişleri üzerinde taşıyıcı sistem sınırlarına doğru hareketle toplanması
Dairesel Düzlem Aks		Örtü malzemesinin, dairesel planlı bir geometride merkezden sabit düzlem destek kirişleri üzerinde taşıyıcı sistem sınırlarına doğru hareketle toplanması
Çokgen Düzlem Aks		Örtü malzemesinin, çokgen planlı bir geometride merkezden sabit düzlem destek kirişleri üzerinde taşıyıcı sistem sınırlarına doğru hareketle toplanması

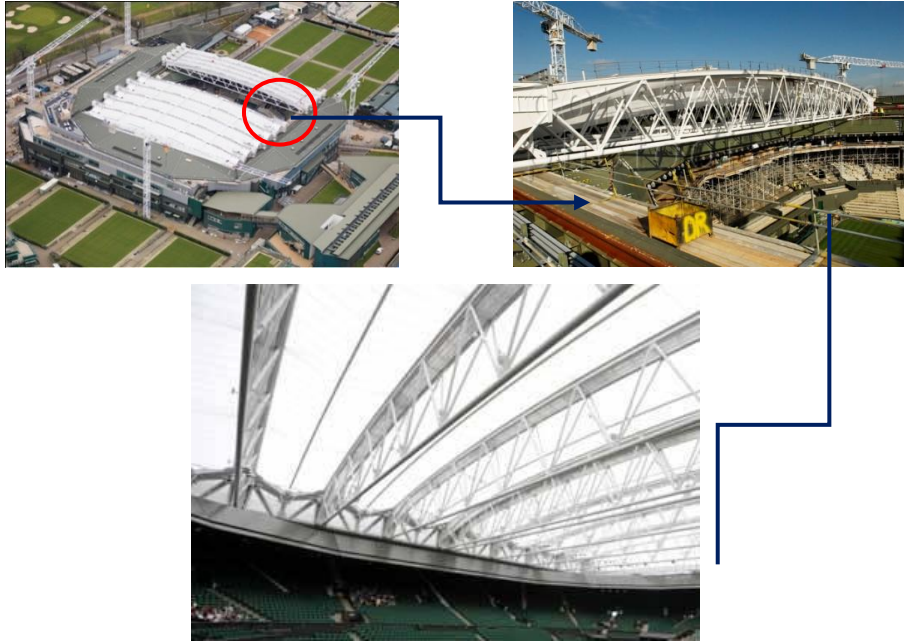


### 2.3.2 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemler

#### 2.3.2.1 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği



Destek strüktürü hareketli örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde hareket özelliği, üst örtü destek strüktürü olan düz veya eğilmeye çalışan eğri bir kiriş sisteminin birbirine paralel iki hat üzerinde hareket etmesi ve bu esnada örtü malzemesini de yanında getirmesiyle oluşan hareket sistemidir. Bu hareket taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde genellikle kiriş sistemin kayması ya da katlanmasıyla oluşmaktadır (Şekil 2.10).

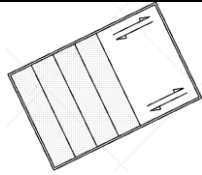
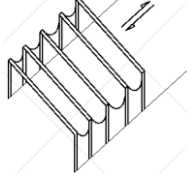
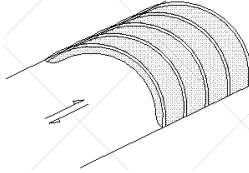


Şekil 2.10 Kiriş sisteminin kayarak katlanması

Destek strüktürü sabit örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde hareket özelliğinde bahsedilen olumsuz çevresel faktörlerin membran malzemenin katlanmasıyla malzemedeki ve çatıda oluşturacağı deformasyonları önlemek için alınan birtakım tedbirler (ek detay çözümleri) bu bölüm için de geçerlidir.

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

Tablo 2.11 Destek strüktürü hareketli örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dörtgen Düzlem Aks		Örtü malzemesinin, dörtgen planlı bir geometride hareketli düzlemsel destek kirişleri üzerinde taşıyıcı sistem ana aksına paralel olarak kayması
Çerçeve Kesitli Aks		Örtü malzemesinin, herhangi bir geometride hareketli çerçeve kesitli destek kirişleri üzerinde taşıyıcı sistem ana aksına paralel olarak katlanması
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Örtü malzemesinin, herhangi bir geometride hareketli eğilmeye çalışan eğrisel kesitli destek kirişleri üzerinde taşıyıcı sistem ana aksına paralel olarak katlanması

### 2.3.2.2 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği



Destek strüktürü hareketli örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem merkezine doğru hareket özelliğinde, merkezde bir referans strüktürü ve bu strüktüre ışınsal olarak monte edilmiş kaburgalar, kaburgalar ile strüktür arasındaki hareket iletişimini (mekanizmasını) sağlayan çubuk elemanlar ve kaburgalar arasında sistem kapalıyken serbest kalan yani sarkan, sistem açılınca gerilmeye sahip olan örtü malzemesinden oluşur (Şekil 2.11). İtme ve çekme hareketleriyle bu sistem açılır ve kapanır. Buradaki kaburga çerçeveleri üst örtüyü taşıyan ana strüktürdür. Hareket mekanizması olarak pnömomatik sistemlerin kullanıldığı örnekleri yaygındır. Genellikle park vs. gibi küçük ölçekli kamusal alanlarda uygulanmaktadır.



### 2.3.2.3 Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği



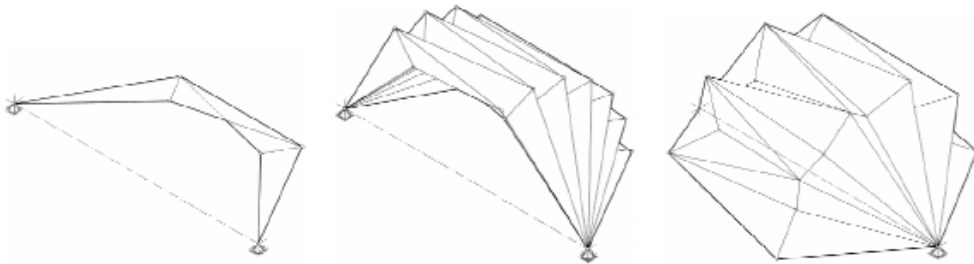
Bu hareket özelliğinde yaygın olarak kullanılan sistem: merkezde ana taşıyıcı eğik veya dik olacak şekilde yapı malzemesine bağlı olarak basit bir kolon veya dikme; ve bu kolon ve dikme çevresinde dairesel bir plan tanımlayan eğilmeye çalışan eğri bir kiriş sisteminin taşıyıcı sistem sınırları üzerinde dönmesiyle ve bu esnada örtü malzemesini de yanında getirmesiyle oluşan hareket sistemidir.



Bu sistemlerde kullanılan bir diğer hareket tipi ise düz, eğik veya eğilmeye çalışan eğri bir kiriş sisteminin birbirine paralel olmayan iki hat üzerinde hareket etmesi ve bu esnada örtü malzemesini de yanında getirmesiyle oluşan hareket sistemidir. Bu hareket taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde ama birbirine paralel olmayan iki hat üzerinde kiriş sistemin kayması ya da katlanmasıyla oluşmaktadır.



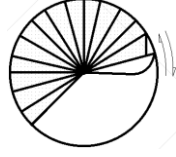

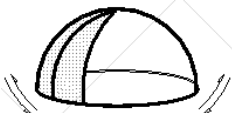
Destek strüktürü hareketli örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem sınırları üzerinde dairesel hareket özelliğinde en az rastlanan hareket tipi ise eğri yüzeyli kiriş sistemlerin tıpkı bir akordiyon gibi x yönünden (-x) yönüne eğilmeye çalışan bir form oluşturacak şekilde katlanarak hareket etmesi ve bu hareket esnasında örtü malzemesini de beraberinde götürmesidir. Bu hareket tipi diğer ikisinden daha farklı olduğu için tasarımsal olarak ayrı bir özellik taşımaktadır.



Şekil 2.12 Taşıyıcı sistem sınırları üzerinde katlanarak dairesel hareket özelliği (Adaptables, International Conference On Adaptable Building Structures, 2006)





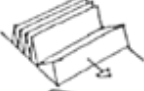




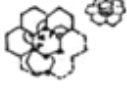


Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

Tablo 2.13 Destek strüktürü hareketli örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem sınırları üzerinde dairesel hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dairesel Düzlem Aks		Örtü malzemesinin, dairesel planlı bir geometride merkeze ışınsal düzenlenmiş aksta yer alan hareketli düzlem destek kirişinin dairesel hareketiyle toplanması
Eğik Aks		Örtü malzemesinin, dairesel planlı bir geometride merkeze ışınsal düzenlenmiş aksta yer alan hareketli eğik destek kirişinin dairesel hareketiyle toplanması
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Örtü malzemesinin, dairesel planlı bir geometride merkeze ışınsal düzenlenmiş aksta yer alan hareketli eğrisel destek kirişinin dairesel hareketiyle toplanması

## 2.4 Taşıyıcı Kurguda Hareketli Sistemler

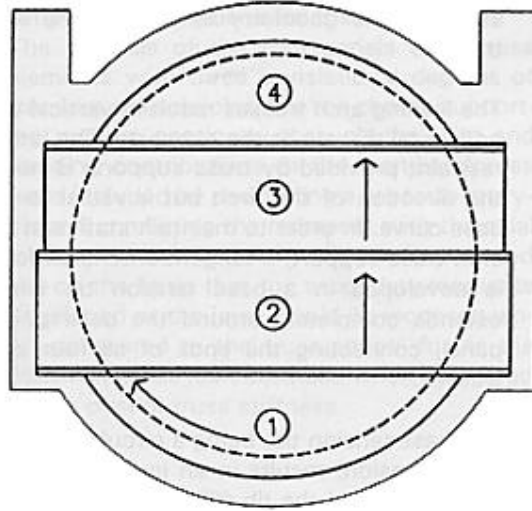
Tablo 2.14 Taşıyıcı kurguda hareketli çatıların hareket matrisi (Otto, 1971)

type of movement	direction of movement			
	parallel	central	circular	peripheral
sliding				
folding				
rotating				

Taşıcı kurguda hareketli çatı strüktürleri hareket sistemlerine göre çerçeve tipi ve genişleyebilen çerçeve tipi hareketli sistemler olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır.

#### 2.4.1 Çerçeve Tipi Hareketli Sistemler

Çerçeve tipi hareketli sistemlerde örtü elemanları çekme dayanımı az, basınç dayanımları yüksek özelliklere sahip olan rijit malzemelerdir. Bu tip hareketli sistemler sabit bütün bir çerçeve yerine tasarıma göre belirli parçalara bölünmüş ve birbirinin hareketini sağlayan çerçevelerden oluşmaktadır. Yani çatı çerçevesi algıda bütünlük sağlayacak ve her bir parça üzerine gelen yükü bir diğer parçaya uygun olarak aktaracak şekilde parçalara ayrılmıştır (Şekil 2.13).



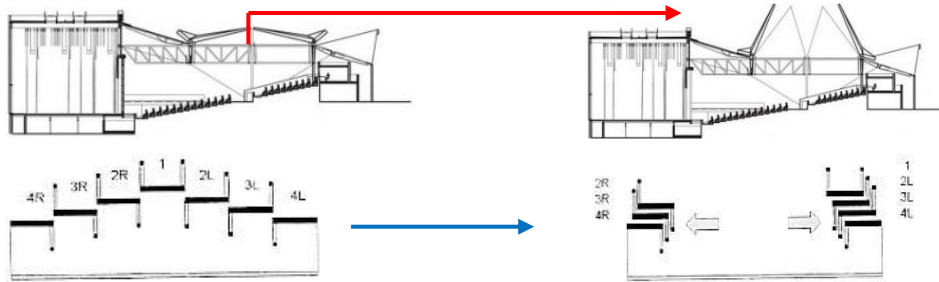
Şekil 2.13 Çerçeve tipi hareketli sistemlerde panellerin hareket ve yük aktarım yönleri (Allen, 1992)

Bu tip hareketli sistemlerde strüktürel anlamda her bir parçanın taşıdığı yük farklı olacaktır. Çünkü her bir parçaya etki eden dış kuvvetler ve tasarıma göre her bir parçanın kendi yükü farklı olacağı için hareket mekanizmasındaki davranışları da farklı olacaktır (Tablo 2.15). Ayrıca bu çerçeveler her ne kadar bireysel olsa da strüktür sisteminde aynı kiriş üzerinde taşınmaktadır. Dolayısıyla her bir çerçevenin taşıyıcıyı ana kirişle etkileşimi bir diğer çerçevenin hareketini etkileyecektir.

Tablo 2.15 Şekil 2.13'deki panellerin davranışlarını etkileyecek birtakım etkenler (Özge, 2004)

BİRİM	ŞEKİL VEYA STRÜKTÜREL TİP	PANEL AĞIRLIĞI (t)	AÇIKLIK (m)	GENİŞLİK (m)	HAREKET MESAFESİ (m)
PANEL 1	ÇEYREK KUBBE	1800	175	-	309
PANEL 2	PARABOLİK KEMER	2400	208	55	103
PANEL 3	PARABOLİK KEMER	2200	202	48	55

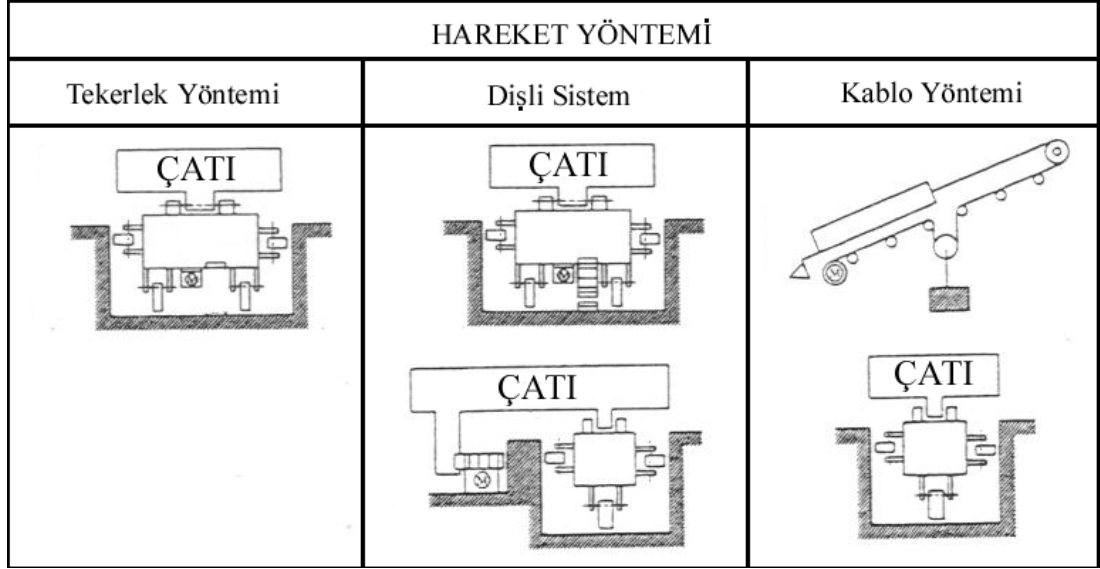
Panellerin hareketi esnasında strüktür ve tasarım formunda bir değişiklik olmamaktadır. Bu sistemlerde hareketli çatı strüktürü bir bütün olarak veya strüktür elemanlarının bağımsız davranışı ile hareketi sağlanır. Yani çatının bir kısmı ya da tamamı hareket eder. Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi sistemlerle uygulanan tüm tasarımlarda açılır-kapanır hareket tipi hariç hangi hareket tipi uygulanırsa uygulansın genellikle üst örtü açıldıktan sonra bir bölüm muhakkak kapalı kalmaktadır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Üst örtünün hareket tipine göre tamamının veya bir kısmının açılabilmesi

Strüktürel anlamda çerçeve tipi hareketli sistemler örtü malzemesinde hareketli sistemlere kıyasla oldukça dayanıklıdır. Dolayısıyla bu tip hareketli çatı strüktürleri yüksek stabilite gerektiren tasarımlarda kullanılan konstrüksiyon tipleridir. Bir sonraki örneklerin irdelenmesi bölümünde daha kapsamlı açıklanacak olan tasarımlardan da anlaşılacağı üzere bu tip konstrüksiyonlarda kullanılan malzemeler betonarme, çelik plaklar, titanyum plaklar gibi rijit özelliklerdeki yapı elemanlarıdır.

Taşıyıcı kurguda hareketli çatıların tasarımına bağlı olarak hareket yöntemleri; yatay raylar üzerinde hareket eden motorlu tekerlekler; kablo ile çekilerek raylar üzerinde hareket eden tekerlekler ve düşeyde eğri raylar üzerinde hareket eden dişliler ile düzenlenir (Özge, 2004).



Şekil 2.15 Hareket Yöntemleri (Ishii, 2000)

Özge (2004), “Hareket mekanizmasını oluşturulurken dikkat edilen noktalar şunlardır:

- Hareketli çatının hareket sıklığına bağlı olarak toplam tekerlek sayısı, tekerlek çapı, tekerlek aralığı ve tekerleklerin birbirleriyle olan bağlantısı düzenlenmelidir.
- Raylar seviye, açıklık ve eğrilik gibi faktörler dikkate alınarak düzgün bir şekilde alt kirişe sıkıca sabitlenmelidir. Ray bağlantılarında ısı değişiklikleri sonucu meydana gelebilecek genişleme ve büzölmeler dikkate alınmalıdır.
- Hareket mekanizması, çatının tahmin edilen şiddetli rüzgar koşulları altında bile belli bir hızda düzgün bir şekilde hareket etmesini sağlayabilmek için yeterli güç ve bir güç transfer mekanizmasıyla donatılmalıdır” şeklinde tanımlıyor (s.20).



### 2.4.1.1 Kayar Hareketli Sistemler



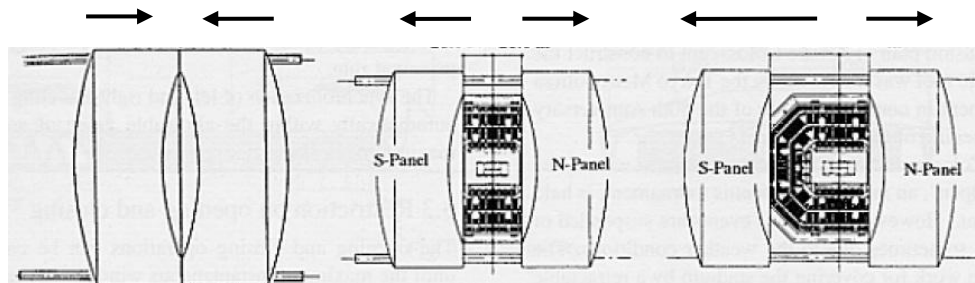
Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi hareketli sistemlerin kayar hareket özelliği: yatay, eğik veya eğilmeye çalışan eğri bir kiriş sistemi üzerinde örtü malzemesi rijit özelliklere sahip düzlem panellerin, çerçeve kesitli panellerin veya eğrisel kesitli panellerin kaydırılarak hareket ettirilmesidir.

Kayar hareketli sistemlerin en basit ve en yaygın uygulanan örnekleri kayar özellikli tek bir panel veya iki panelden oluşur. Tek bir panelden oluşan örnekler daha küçük ölçekli tasarımlarda kullanılır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Tek panelden oluşan kayar hareketli sistemler (Kayzenyapi, 2012)

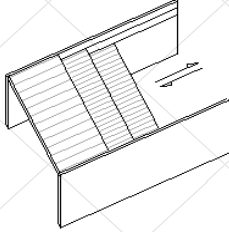
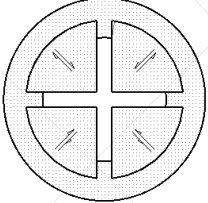
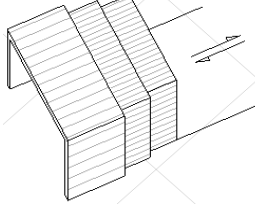
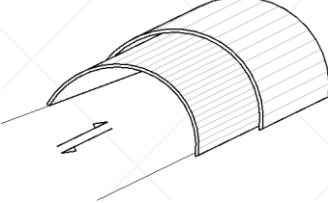
Bu sistemde hareket; düzlem, çerçeve kesitli veya eğrisel kesitli panellerin tek bir yönde üst üste binecek şekilde kaydırılması sonucu oluşturulabileceği gibi bu panellerin birbirine doğru karşılıklı kaydırılması sonucu da oluşturulabilir. Bu tip kayar hareketli sistemler ise daha büyük ölçekli tasarımlarda uygulanır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 İki panelin kiriş üzerinde serbest kayma hareketliyle oluşmuş sistem (Ishii, 2000)

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

Tablo 2.16 Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi hareketli sistemlerde kayar hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Taşıyıcı Kurguda Hareketli Çerçeve Tipi Hareketli Sistemlerde Kayar Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dörtgen Düzlem Aks		Düzlem dörtgen yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde düzlem panellerin karşılıklı veya alt alta toplanacak şekilde kayması
Dairesel Düzlem Aks		Dairesel planlı bir geometrinin ışınsal parçalanmasıyla oluşan düzlem yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem sınırlarına doğru kayması
Çerçeve Kesitli Aks		Çerçeve kesitli yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde çerçeve panellerin karşılıklı veya alt alta toplanacak şekilde kayması
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Eğrisel kesitli yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde eğrisel kesitli panellerin karşılıklı veya alt alta toplanacak şekilde kayması

#### 2.4.1.2 Katlanır Hareketli Sistemler



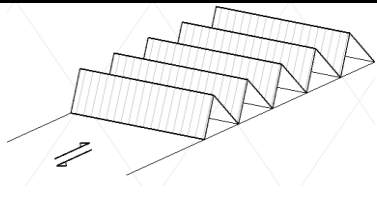
Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi hareketli sistemlerin katlanır hareket özelliği: yatay, eğik veya eğilmeye çalışan eğri bir kiriş sistemi üzerinde örtü malzemesi rijit özelliklere sahip düzlem panellerin katlanarak hareket ettirilmesidir.

Katlanır hareketli sistemlerde metal levha, panel elemanlar, beton ve çelik plaklar gibi rijit özelliklere sahip yapı malzemelerinden oluşan düzlem strüktürlerin katlanarak toplanabilme özelliği gösterebilmesi için esnek bağlantı noktalarına sahip tekil yüzeylerle kurgulanarak tasarlanmış olması gerekmektedir. Bu hareket

sisteminde yüzeyler, en uzun hatlar olan köşegenlerden içe doğru katlanarak toplandığı için düzgün dörtgen ya da türevleri şeklinde formlar kullanılmaktadır.

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

Tablo 2.17 Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi hareketli sistemlerde katlanır hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

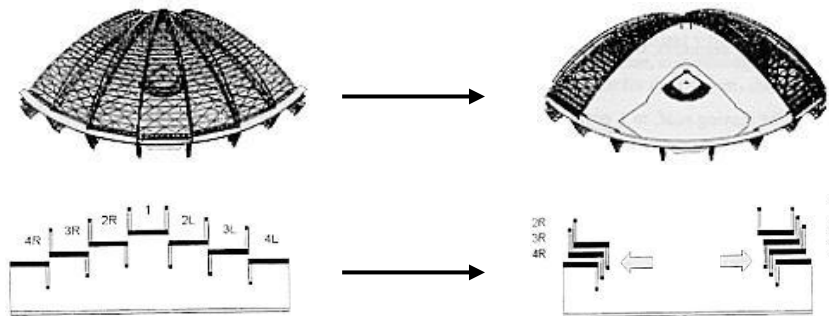
<b>Taşıyıcı Kurguda Hareketli Çerçeve Tipi Hareketli Sistemlerde Katlanır Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dörtgen Düzlem Aks		Düzlem dörtgen rijit yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde düzlem panellerin katlanarak bir araya toplanması

#### 2.4.1.3 Döner Hareketli Sistemler



Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi hareketli sistemlerin döner hareket özelliği: yatay, eğik veya eğilmeye çalışan eğri bir kiriş sistemi üzerinde örtü malzemesi rijit özelliklere sahip genellikle eğrisel kesitli panellerin dairesel forma sahip olan plan şemasında döndürülerek hareket ettirilmesidir.

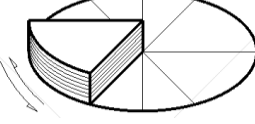
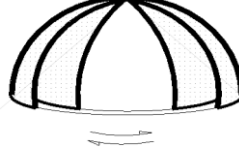
Bu döner sistemli hareket; eğrisel kesitli farklı boyutlarda tasarlanmış panellerin tek bir yönde üst üste binecek şekilde dairesel plan düzleminde yer alan taşıyıcı sistem sınırları üzerinde kaydırılarak döndürülmesi sonucu oluşturulmaktadır (Şekil 2.18). Bu tip kayar hareketli sistemler ise daha büyük ölçekli tasarımlarda uygulanır. Uygulama alanları ise genellikle büyük ölçekli spor yapıları üst örtüleridir.



Şekil 2.18 Eğrisel kesitli panellerin boyut farkı ve hareketi

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

Tablo 2.18 Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi hareketli sistemlerde döner hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

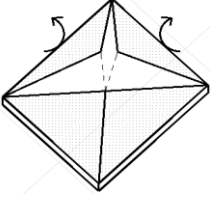
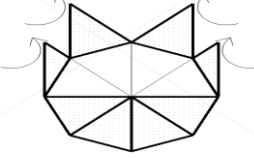

<b>Taşıyıcı Kurguda Hareketli Çerçeve Tipi Hareketli Sistemlerde Döner Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dairesel Düzlem Aks		Dairesel planlı bir geometrinin işinsal parçalanmasıyla oluşan düzlem yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem sınırları üzerinde dönmesi
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Eğrisel kesitli yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem sınırları üzerinde eğrisel kesitli panellerin alt alta toplanacak şekilde dönmesi

#### 2.4.1.4 Açılır - Kapanır Hareketli Sistemler

Açılır - kapanır hareketli sistemler: özellikle pnömatik sistemler olmakla birlikte çatı örtü malzemelerinin hareket yönü tasarıma göre düşey, yatay, eğik veya eğrisel kombinasyonlar olacak şekilde taşıyıcı sistem merkezine doğru, taşıyıcı sistem sınırlarına doğru veya taşıyıcı sistem sınırları üzerinde tıpkı bir çiçeğin açılıp kapanması gibi açılıp kapanabilen hareket özellikli sistemlerdir. Uygulama alanları küçük ölçekli tasarımlar olmakla birlikte, yapılan çalışmalar ve bilimsel gelişmeler ilerleyen zamanların büyük ölçekli projelerinde favori hareketli çatı strüktürü olacağını göstermektedir.

Son olarak bu sistemin hareket edebileceği akslar sonucu oluşan formlar;

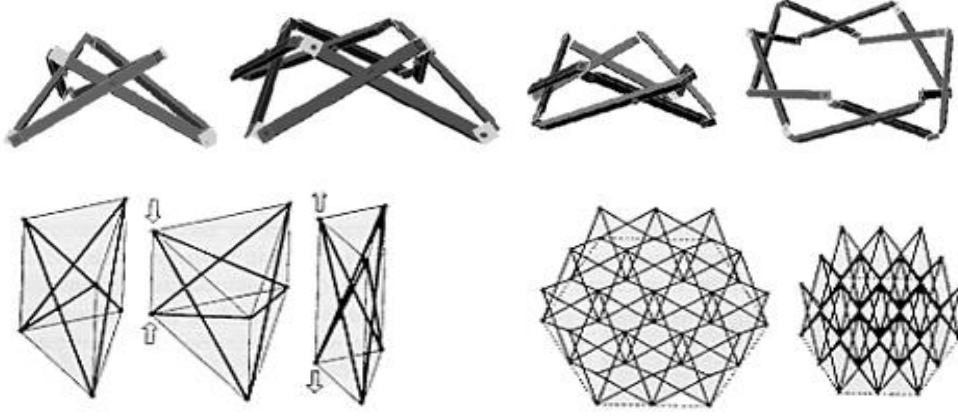
Tablo 2.19 Taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi hareketli sistemlerde açılır-kapanır hareket özelliğinin ortaya çıkardığı formlar

<b>Taşıyıcı Kurguda Hareketli Çerçeve Tipi Hareketli Sistemlerde Açılır-Kapanır Hareket Özelliği</b>		
<b>Hareket aksı</b>	<b>Şekil/Resim</b>	<b>Açıklama</b>
Dörtgen Düzlem Aks		Dörtgen planlı bir geometride dörtgen düzlem yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem sınırlarına doğru açılması
Çokgen Düzlem Aks		Çokgen planlı bir geometrinin ışınal parçalanmasıyla oluşan düzlem yüzeylere sahip strüktürün taşıyıcı sistem sınırlarına doğru açılması
Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks		Eğrisel kesitli iki yüzeye sahip strüktürün pinömatik hareket mekanizmasıyla taşıyıcı sistem sınırlarına doğru açılması veya eğrisel kesitli rijit panellere sahip strüktürün taşıyıcı sistem sınırlarına doğru açılması

#### 2.4.2 Genişleyebilen Çerçeve Tipi Hareketli Sistemler

Genişleyebilen çerçeve tipi hareketli çatılarda çubuklardan veya plaklardan oluşan çerçeve, bu bölümde bahsedilecek çeşitli hareket sistemleriyle strüktürün çevresine doğru genişleyerek veya belirli bir noktaya toplanarak çatının açılması sağlanmaktadır.

Bu strüktürlerin büyük bir kısmı yavaş bir sistem konsepti üstünde açılıp kapanabilmektedir. Bu sistemin en küçük parçası makas elemanlardan oluşmakta ve ayrıca SLE (Scissor Like Element) olarak isimlendirilmektedir. Bu elemanlar, biri dönme mafsallarıyla bağlantılı olan iki adet parçadan oluşmaktadır. Elemanın bu paralel bağlantısıyla iki boyutlu (2D) genişleyebilen strüktür elde edilmektedir ve en az üç elemana sahiptir. Makas elemanlar, uçlarında oluşturulmuş nokta mafsallarla bu çerçeve strüktürlerin ikincil halini sağlamak için bir çember formu oluşturmaktadır (Şekil 2.19), (Farkas, Friedman, 2011).



Şekil 2.19 Makas gibi elemanların hareketi (Farkas ve Friedman, 2011)

Tamamlanmış ikincil halin daha da ötesinde genişleyip toplanabilme özelliğiyle hemen hemen tüm üç boyutlu formlar oluşturabilmektedir. Kablo, membran gibi gerilmeye yardımcı parçalar sisteme eklenince formlar daha da gelişmekte ve üç boyutlu makas halini almaktadır. Bunun sonucunda makas kuleler ve uzay strüktürler hızlıca inşa edilebilmektedir.

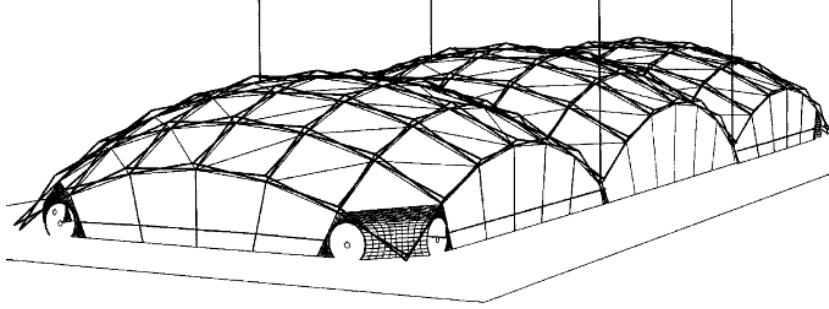
#### 2.4.2.1 Biçimi Değiştirilebilen Paketlenebilir Strüktürler

Genişleyebilen çerçeve tipi strüktürlerde, hareketli makas gibi elemanların kullanılmasında İspanyol mühendis E.P. Pinero öncü olmuştur. 1961 de katlanabilen bir tiyatro yapısı inşa etmiş ve bu yapının üzerine biçimi değiştirilebilen paketlenabilir çerçeve tipi hareketli strüktür uygulamıştır. Pinero'nun tasarımlarında en büyük olumsuzluk çatı yükünün fazla olması, büyük masrafların ilginç bağlantılar oluşturması ve arzulanan formu elde etmek için araya bükülme özelliği olmayan destek elemanların atılmasıdır (Gantes, 2001).

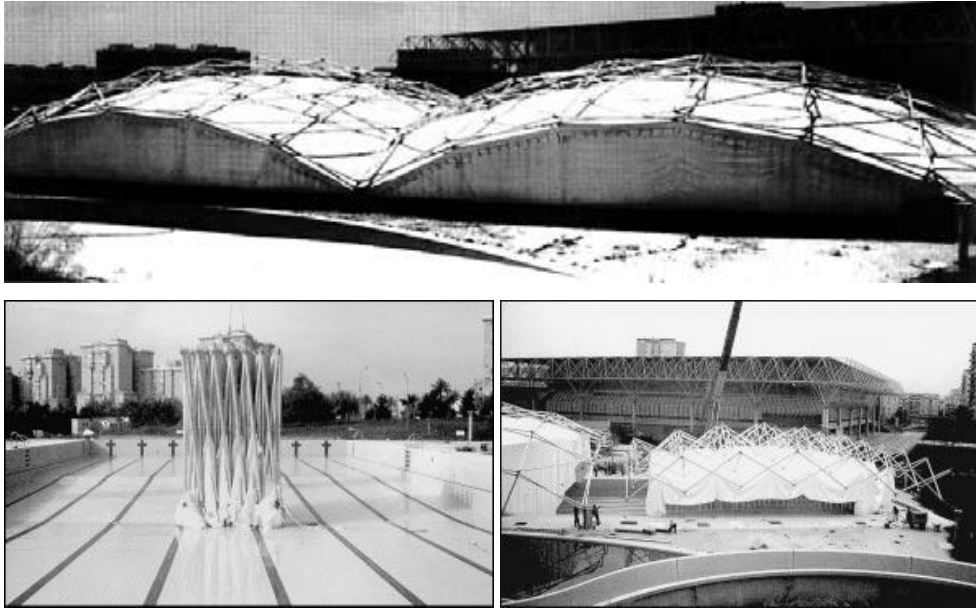


Şekil 2.20 Pinero'nun hareketli tiyatro üst örtüsü (Robbin, 1996)

Pinero, strüktürlerinin tüm bu dezavantajlarına rağmen; Profesör F. Escrig gibi birçok araştırmacının esin kaynağı olmuştur. Escrig, Seville’de bir yüzme havuzu için 30\*60 metre boyutlarında biçimi değiştirilebilen paketlenabilir strüktür tasarlamıştır (Escrig, 1996).



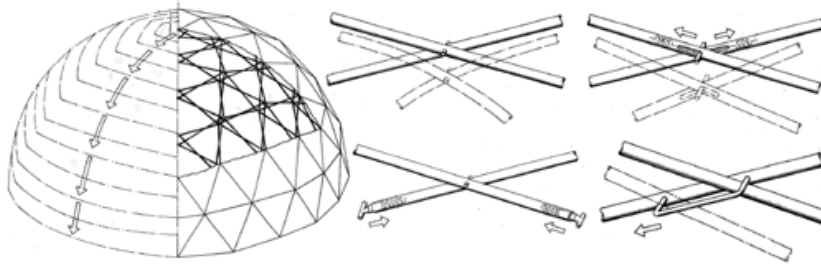
Şekil 2.21 Escrig’in biçimi değiştirilebilen paketlenabilir strüktürü (Escrig,1996)



Şekil 2.22 Escrig’in biçimi değiştirilebilen paketlenabilir yüzme havuzu (Escrig, 1996)

Kendini tekrarlayabilen bu tip strüktürlerin ihtiyaç duyulan kablo vs. stabilize destek elemanları üzerinde araştırmalar yapılırken, özel bir geometri uygulamasıyla ek öğelere gerek duyulmaksızın biçimi inşa edilebilecek kendi kendine stabil strüktürlerin tasarımları olası bulunmuştur. Bu strüktürler, biçimin ikincil hali için sisteme, eleman gibi iç makaslar eklenerek uygulanabilmektedir; fakat bunlar geometrik uyumsuzluktan dolayı katlanamayarak deforme olmaktadır. Bu durum sonucunda geliştirilen, sistemin açık biçimde strüktürü kilitleyen kendi kendine

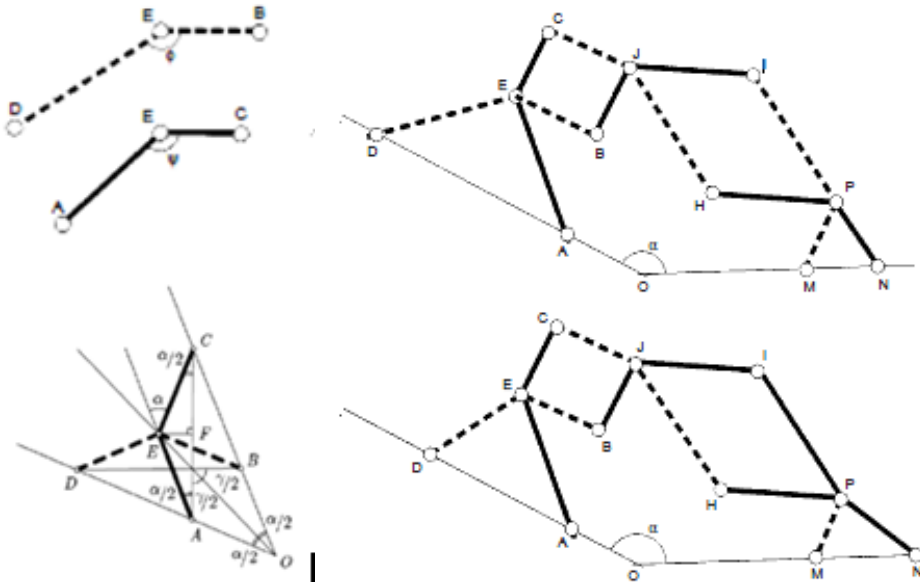
stabilite mekanizması vardır (Clarke, 1984 ve Gantes, 2001). Bu türde bir strüktür ilk olarak 1974 'de T. Zeigler tarafından bir kubbe tanıtılmıştır (Zeigler, 1976). Birçok gösteri merkezi ve pavyonlar Zeigler'in patentine uygun olarak inşa edilmiştir.



Şekil 2.23 Zeigler'in hareketli destek strüktürleri patenti (Zeigler, 1976)

#### 2.4.2.2 Toplanarak Kendini Tekrarlayabilen Strüktürler

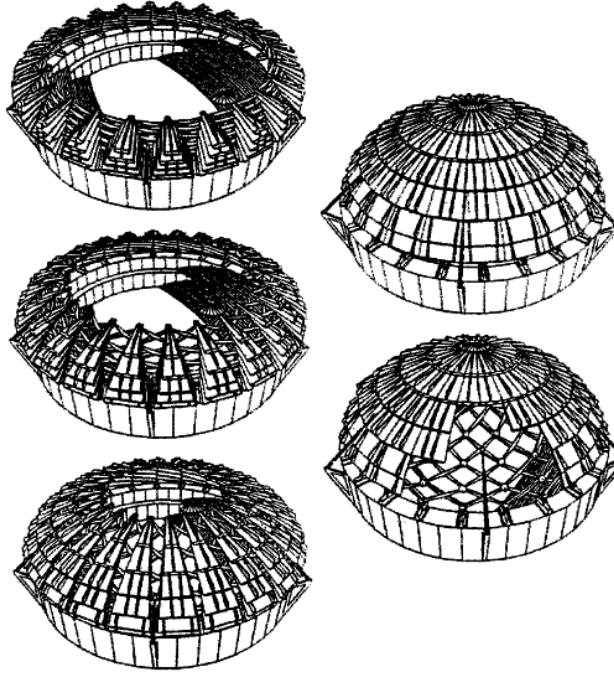
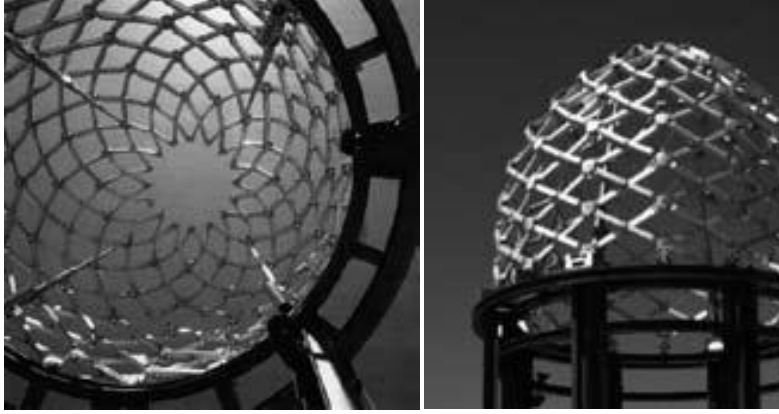
Diğer sistemlerde hareket esnasında katlanabilen strüktürlerin uygulamasında zorlanılabilmektedir. Amerikan mühendis C. Hoberman açılı elemanları keşfederek hareketli çatıların tasarımında önemli bir avantaj sağlamıştır (Hoberman, 1990,1991). İki düz çubuğun kırılmasıyla bir açılı eleman oluşturulmaktadır. Bu açılı eleman, radyal çizgiler üzerinde sürekli bir açıyla açılıp kapanabilmektedir (Farkas, Friedman, 2011).



Şekil 2.24 Açılı elemanlar (Jensen, Pellegrino, 2004)



Açılı elemanları kullanan Hoberman, EXPO 2000’de İris kubbesinin hareketli çatısını oluşturmuştur. Bu uygulamada bilgisayar kontrollü dört silindirle çatı hareketi için güç sağlanmıştır. 6,2 metre çap ve 10.2 metre yüksekliğindeki kubbedir (Hoberman, 2010). Bu tasarımın bir dezavantajı; strüktür hareketi sabit bir periyotta sürdürülememektedir. Böylece özellikle daha büyük ölçekli strüktürlerde güç kaynağı için epeyce büyük ve sürekli bir tesise bağlanılmaktadır. Ayrıca küçük açıklıklı strüktürlerin inşası için de 11.400 ‘den daha fazla makine parçasına ihtiyaç duyulmaktadır (Whitehead, 2000). Bu parçalar yorucu, imalatı pahalı ve bağlantılarıyla potansiyel problemlere sebep olabilecek niteliktedir. Tüm bunlar sonucunda daha fazla gelişimler Z. You ve S. Pellegrino tarafından yapılmıştır (You, S. Pellegrino, 1997).



Şekil 2.25 İris Dome (Whitehead, 2000)

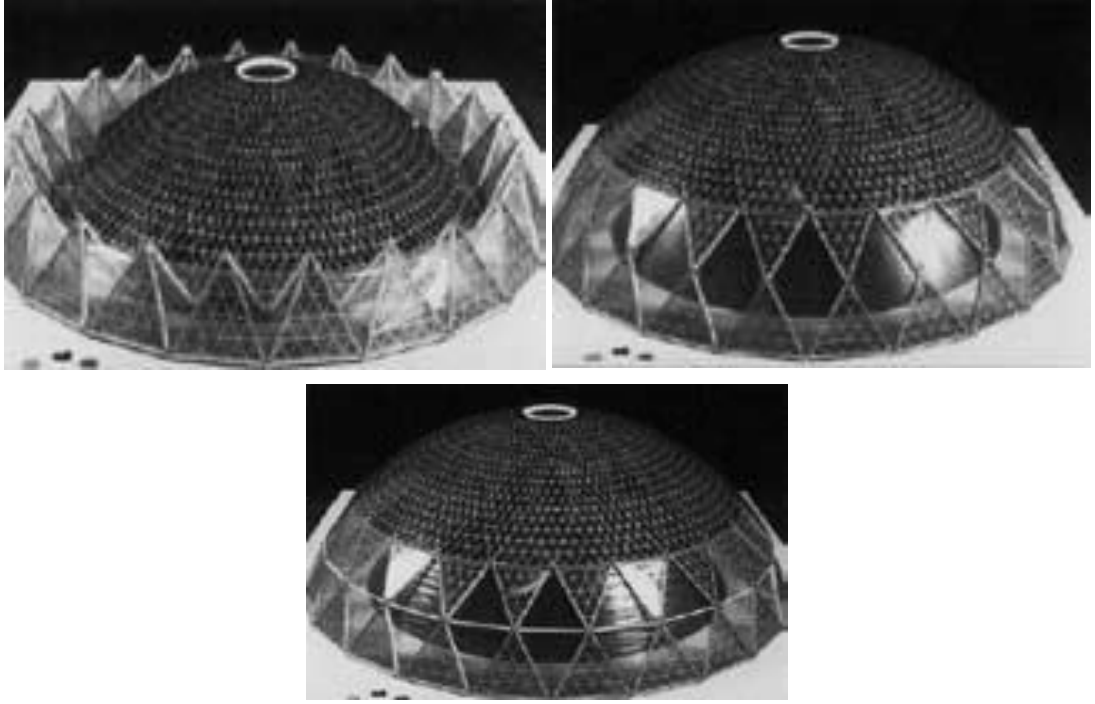
P.E. Kassabian rijit panellerin dönmesiyle strüktürün geometri dönüşümünü başarmıştır. Bu sistemi, açılı elemanın ve strüktürün dönme hareketi için, belirlenmiş destek noktalarına rijit paneller uygulayarak oluşturmuştur. Üst üste binerek toplanan rijit kaplamalar veya elastik membranla, açılı elemanlar arasında bir ilişki oluşturmuştur. Diğer tasarımcılar ise üst üste binme hareketinden sakınan rijit paneller kullanmaktadır (Jensen, Pellegrino, 2004). Birçok tasarımcı bu konuda Hoberman'ı önermektedir (Hoberman 1991, 2004). Abu Dhabi'nin uluslararası hava alanının merkezi avlusunu örten kubbe buna en güzel örnektir. Periyotlar doğrultusunda paneller kaydırılarak geniş işletmeler örtülmüştür. Bu sistem ışık seviyesini ve hava sirkülasyonunu kontrol edebilen çevresel bir performans sergilemektedir (Hoberman, 2010).



Şekil 2.26 Abu Dhabi hava alanının merkezi avlusunu örten kubbe (Hoberman, 2010)

#### 2.4.2.3 Yukarı Çekilerek Kaldırma

Üç boyutlu uzaysal strüktürler, bu sistemde son derece verimli çalışmaktadır. Lakin montaj ve tesisatta zorluklar yaşanmakta ve bunun sonucunda verim sık sık azalmaktadır. Fakat bu dezavantajlar yukarı çekilerek kaldırma sisteminin mucidi olan Kawaguchi tarafından anlamlı olabilmektedir. Bu strüktürel sistemin prensibi yukarı çekilerek kaldırma hareketi süresince katlanabilen bir kubbe veya konik bir uzay çerçeve yapmaktır. Bu durum ise bir halka üzerinde uzanmış üyelerin geçici olarak çıkarılmasıyla sağlanabilmektedir.



Şekil 2.27 Yukarı çekilerek kaldırılan strüktür inşasının şeması (Abe, Kawaguchi, 2002)




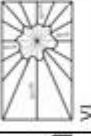



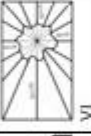












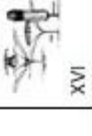
Kawaguchi'nin çalışması, üç boyutlu uzaysal strüktürlerle katlanmış şekilde monte edilmiş bir kubbedir. Kubbenin giriş yüksekliği, tamamlanmış haline kıyasla montaj boyunca oldukça alçaktadır ve bu özellik sistemde fayda sağlamaktadır. Bu sayede montaj çalışmaları ekonomik yapılabilmekte ve geleneksel inşaat sistemlerinden çok daha kolay çalışılabilmektedir. Sadece strüktürel çerçeve değil, iç ve dış tamamlamalar, elektrik ve mekanik işlemler belirlenebilmekte ve o aşamada montajlanabilmektedir. Kubbe daha sonra yükseltilmektedir. Kubbe kaldırılması bu şekilde meydana gelmekte veya kubbe içinde hidrolik krikolar ya da iç hava basıncı ile kubbe kaldırma işlemi tamamlanmaktadır. Bu sistemin esas avantajı, farklı kaldırma çözümleriyle kıyaslanarak ana kablo ve kuvvetlendirme elemanlarının yanal stabilite için gerekliliğinin sorgulanabilmesidir. Sistem mekanizmasının düşey yönde bir hareketle rahatça kontrol edilebilmesi bu sorgulamaya olanak sağlamaktadır. Kubbe son şeklini aldığı zaman inşaat aşamasında geçici olarak çıkarılabilen halka üyeler, onlara özgü belirlenen pozisyonlarda yerlerini alırlar. Bazı tasarımlar bu sistemle gerçekleştirilmiştir. 127 metre çapındaki Namihaya Dome bu sisteme örnektir.



Şekil 2.28 Namihaya Dome (Abe, Kawaguchi, 2002)





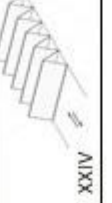

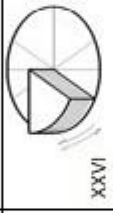


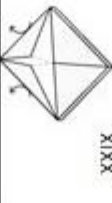

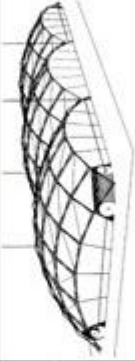





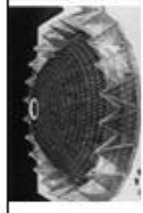




Hareketli çatı strüktürlerinin sınıflandırılması bölümünde yapılan tüm çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilerle Tablo 2.20 'de örtü malzemesinde hareketli ve Tablo 2.21 'de ise taşıyıcı kurguda hareketli sistemler sistematik olarak verilmiştir.

Tablo 2.20 Örtü malzemesinde hareketli sistemlerde genel hareket özellikleri

ORTU MALZEMESİNDE HAREKETLİ SİSTEMLER											
Hareket Aksı											
Yapım Sistemi	Hareket Tipi	Düzlem Aks	Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks	Eğik Aks	Serbest Aks	Dairesel Düzlem Aks	Çokgen Düzlem Aks	Dörtgen Düzlem Aks	Çerçeve Kesitli Aks	Merkezi (İşmsal) Aks	
DESTEK STRÜKTÜRÜ SABİT ÖRTÜ MALZEMESİNDE HAREKETLİ SİSTEMLER	Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği										
	Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği										
	Taşıyıcı Sistem Sınırları Üzerinde Dairesel Hareket Özelliği										
	Taşıyıcı Sistem Sınırlarına Doğru (Çevresel) Hareket Özelliği										
	Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği										
DESTEK STRÜKTÜRÜ HAREKETLİ ÖRTÜ MALZEMESİNDE HAREKETLİ SİSTEMLER	Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği										

NOT: Roman rakamları Tablo 4.1 için dikkate alınacaktır.

Tablo 2.21 Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde genel hareket özellikleri

TAŞIYICI KURGUDA HAREKETLİ SİSTEMLER						
Yapım Sistemi	Hareket Tipi	Hareket Aksı				
		Eğilmeye Çalışan Eğrisel Aks	Dairesel Düzlem Aks	Çokgen Düzlem Aks	Dörtgen Düzlem Aks	Çerçeve Kesitli Aks
ÇERÇEVE TİPİ HAREKETLİ SİSTEMLER	Kayar Hareket Özelliği					
	Katlanır Hareket Özelliği					
	Döner Hareket Özelliği					
	Açılır-Kapanır Hareket Özelliği					
	Biyimi Değiştirilebilir Paketlenebilir Strüktürler					
GENİŞLEYEBİLEN ÇERÇEVE TİPİ HAREKETLİ SİSTEMLER	Toplanarak Kendimi Tekrarlayabilen Strüktürler					
	Yukarı Çekilerek Kaldırma Hareket Özelliği					

NOT: Roman rakamları Tablo 4.1 için diksiyete alınacaktır.

## **BÖLÜM ÜÇ**


### **HAREKETLİ ÇATI STRÜKTÜR ÖRNEKLERİ**

Hareketli çatı strüktür örnekleri başlığı altında, hareketli çatılara sahip 49 adet çeşitli yapı incelenmiştir. Tüm araştırmalar neticesinde elde edilen örneklerin arasından bu 49 adet çeşitli yapı örneğinin seçilmesindeki etkenler; örnekler arasında yapısal çeşitlilik olması, hareketli üst örtünün geometrisi ve bunun paralelinde üst örtüye kazandırdığı hareket özelliği, hareketli üst örtünün malzemesi ve bunun paralelinde üst örtüye kazandırdığı hareket özelliği ile hareket mekanizması, sistemlerdeki hareket tiplerindeki çeşitliliğin geçilen açıklık ile örtülen alan üzerindeki etkisi ve tüm bunlar sonucunda oluşan hareket süresi farklılıklarıdır. Bu bölümde seçilen örneklerde yapısal özelliklerin mümkün olduğunca farklı olmasına özen gösterilmiştir. Seçilen örneklerin detaylandırılması için literatür bilgilerine ve hareketli çatı strüktürleri üzerine Türkiye’de ve dünyada uygulama yapan mimar ve mühendislerin çalışma ortamlarına sanal ortamda dahil olunup gerekli bilgi ve kaynaklara ulaşılmıştır. Bu bölümde örnekler günümüzden geçmişe doğru kronolojik bir sıralama ile irdelenmiştir.

### 3.1 Jets Stadyumu (Manhattan, New York, ABD)

#### 3.1.1 Genel Özellikler

Tablo 3.1 Jets Stadyumu genel özellikleri

Yapım Yeri	Manhattan, New York, ABD
Yapım Yılı	2012
Örtülen Alan	19.000 m <sup>2</sup>
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon, Öngerilmeli BA
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

#### 3.1.2 Tasarım Yaklaşımı

New York şehri 2012 yılı olimpik yaz oyunları adayı olmasıyla beraberinde yeni bir stadyum ihtiyacı da gündeme gelmiştir. Tasarım yaklaşımı olarak, çatı kaplaması dikdörtgensel olan ve Reliant Stadyumu 'nun tersine uzun kenarından açılıp kapanması tasarlana devasa bir yapı tasarımı oluşturulmuştur.



### 3.1.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Devlet ve özel sektörün ortak çalışmasıyla tasarımına başlanan Jets Stadyumu 75000 seyirci kapasitesi ile büyük önem arz etmektedir. Bu kadar büyük bir seyirci sayısı beraberinde de çözülmeyi bekleyen sorunlar getirmiştir. Uzun kenarından açılıp kapanması tasarlanan kaplama, tepe aydınlatmalarının ağırlıklarını ve rüzgar yükü gibi esas kuvvetleri taşımada sofistike metotları da gündeme getirmiştir. Tüm bu tartışmaların ortasında planlanan ve yaklaşık maliyeti 800 milyon doları aşan bu tasarı, halkın ve New York 'lu yöneticilerin kaldıramayacakları rakamlara ulaşmasından dolayı ertelenmek zorunda kalmıştır (Frazer, 2005).


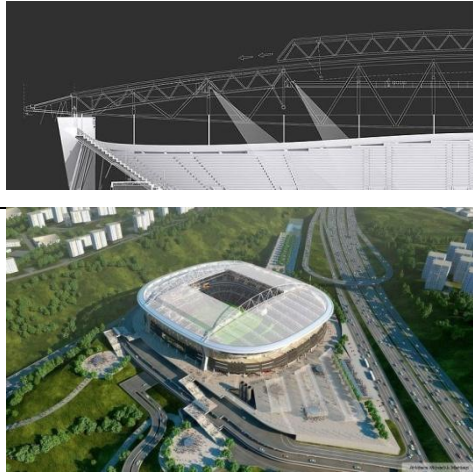


Şekil 3.1 Jets Stadyumu üst örtüsü hareket aksı (Jets Stadium Proposal, 2012)

## 3.2 Türk Telekom Arena (İstanbul, TÜRKİYE)

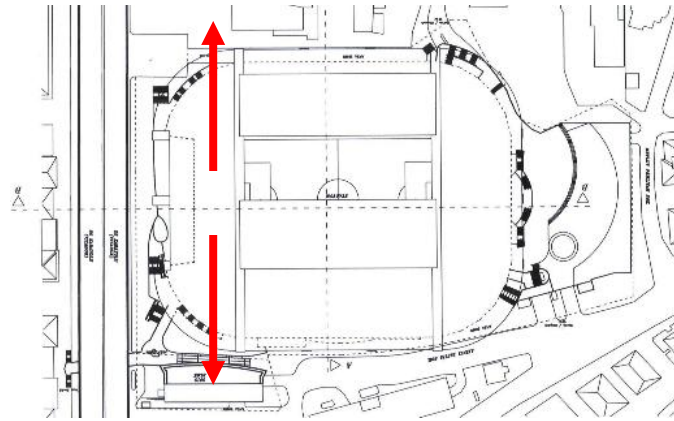
### 3.2.1 Genel Özellikler

Tablo 3.2 Türk Telekom Arena Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	İstanbul, Türkiye
Yapım Yılı	2011
Örtülen Alan	Yaklaşık 12,500 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Mete Arat
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	110 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Hareket Süresi	30 dakika
Kaplama Malzemesi	Polikarbonat Kaplama
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.2.2 Tasarım Yaklaşımı

Galatasaray Spor Kulübü seyirci kapasitesini arttırmak ve çok amaçlı kullanımın sağlamak amacıyla Ali Sami Yen stadyumunu yenileme kararı aldı ve yeni bir stadyum projesi hazırlatmıştır. Hazırlanan yeni projede seyirci kapasitesi 25,000'den 42,000'e çıkartılmıştır. Bu proje ayrıca loca, restoran, kafe, mağaza, sinema gibi fonksiyonları da barındırmaktadır. 185x150 m boyutlarındaki stadyumun tribünlerinin üstü sabit bir strüktürle örtülmüştür. Ortadaki 65x100 m boyutlarındaki açıklığın üstü sabit örtü üzerinde kayarak hareket eden iki adet hareketli panelle açılıp kapanmaktadır (mtfproje, 2012).

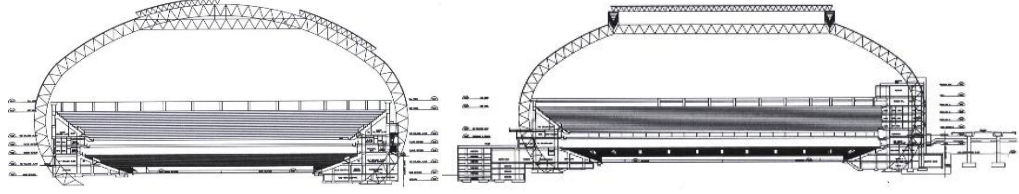


Şekil 3.2 Türk Telekom Arena üst örtüsü hareket aksı (Açılır kapanır stadyum çatıları, 2012)

### 3.2.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

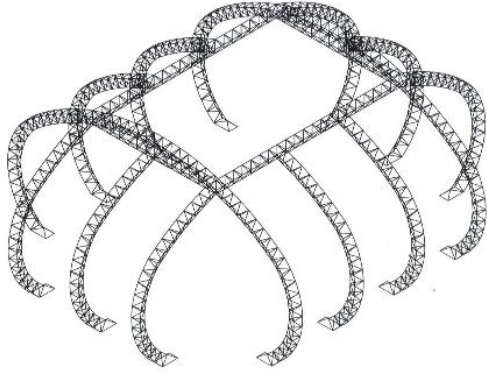
Stadyumun tabanı enine eksenine 190 metre, boyuna eksenine ise 228 metre olan bir elips şeklindedir. Çatı konstrüksiyonu tümüyle çeliktendir. Sabit çatı kaplaması üst tarafta yivli metal levha, alt tarafta metaldir (Galatasaray Spor Kulübü Seyrantepe Stadyumu Önerisi, 2011).

Sahanın üstü, iki ana taşıyıcı ve iki yan taşıyıcı sayesinde stadyumun iki tarafından karşılıklı olarak tribünlerin üzerinden geçerek sahanın ortasında kapanan ikinci bir çelik konstrüksiyonla kapatılabilmektedir. Bu konstrüksiyon makrolon ile (çift cidarlı, saydam olabilen ve ileri teknoloji polikarbondan üretilen malzeme) örtülerek stadyumun karanlık olmaması sağlanmaktadır (Aksu, 2008).

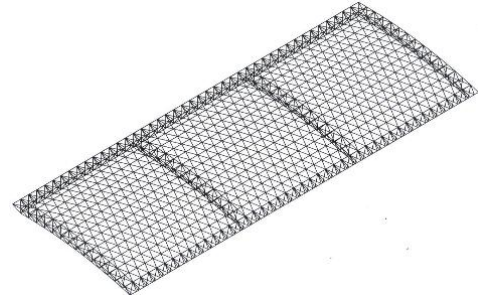


Şekil 3.3 Arena üst örtüsü kayar hareketli panelleri (Açılır kapanır stadyum çatıları, 2012)

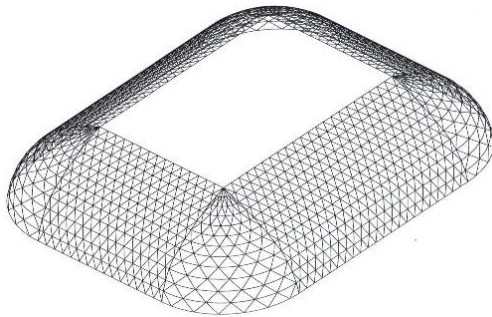
Hareketli paneller stadyumun kuzey-güney ekseninde 105 m aralıkla yerleştirilmiş olan iki adet kemer şeklindeki çelik uzay kafes kiriş üzerindeki raylar yardımıyla hareket etmektedir. Hareketli paneller 105 x 35 metre boyutlarında olup 35 metre aralıkla yerleştirilen 4 adet 2.5 metre yüksekliğindeki çelik uzay kafes kirişlerle oluşturulmuştur. Bu panellerin üzerindeki jeodezik ızgara membran malzeme ile kaplanmıştır (Açılır kapanır stadyum çatıları, 2012).



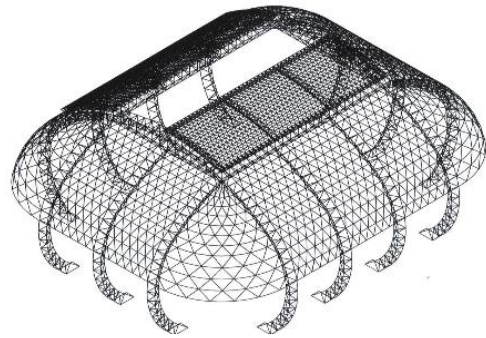
Çelik Çerçeve Perspektifi



Hareketli Panel Perspektifi



Izgara Perspektifi




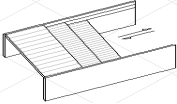
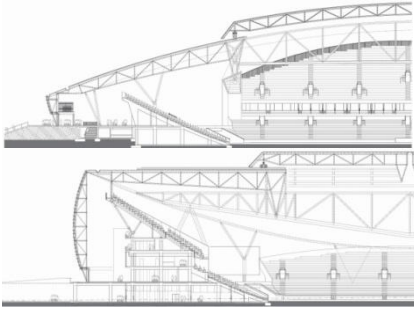

Strüktür Perspektifi

Şekil 3.4 Arena üst örtüsü strüktür kurgu matrisi (Açılır kapanır stadyum çatıları, 2012)

### 3.3 Astana Stadı (Astana, KAZAKİSTAN)

#### 3.3.1 Genel Özellikler

Tablo 3.3 Astana Stadı Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Astana, Kazakistan
Yapım Yılı	2009
Örtülen Alan	Yaklaşık 7000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Tabanlıoğlu Architects
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	117 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Hareket Süresi	15 dakika
Kaplama Malzemesi	Polikarbonat Kaplama
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli Sistem 
Üst Örtü Görünüşü	

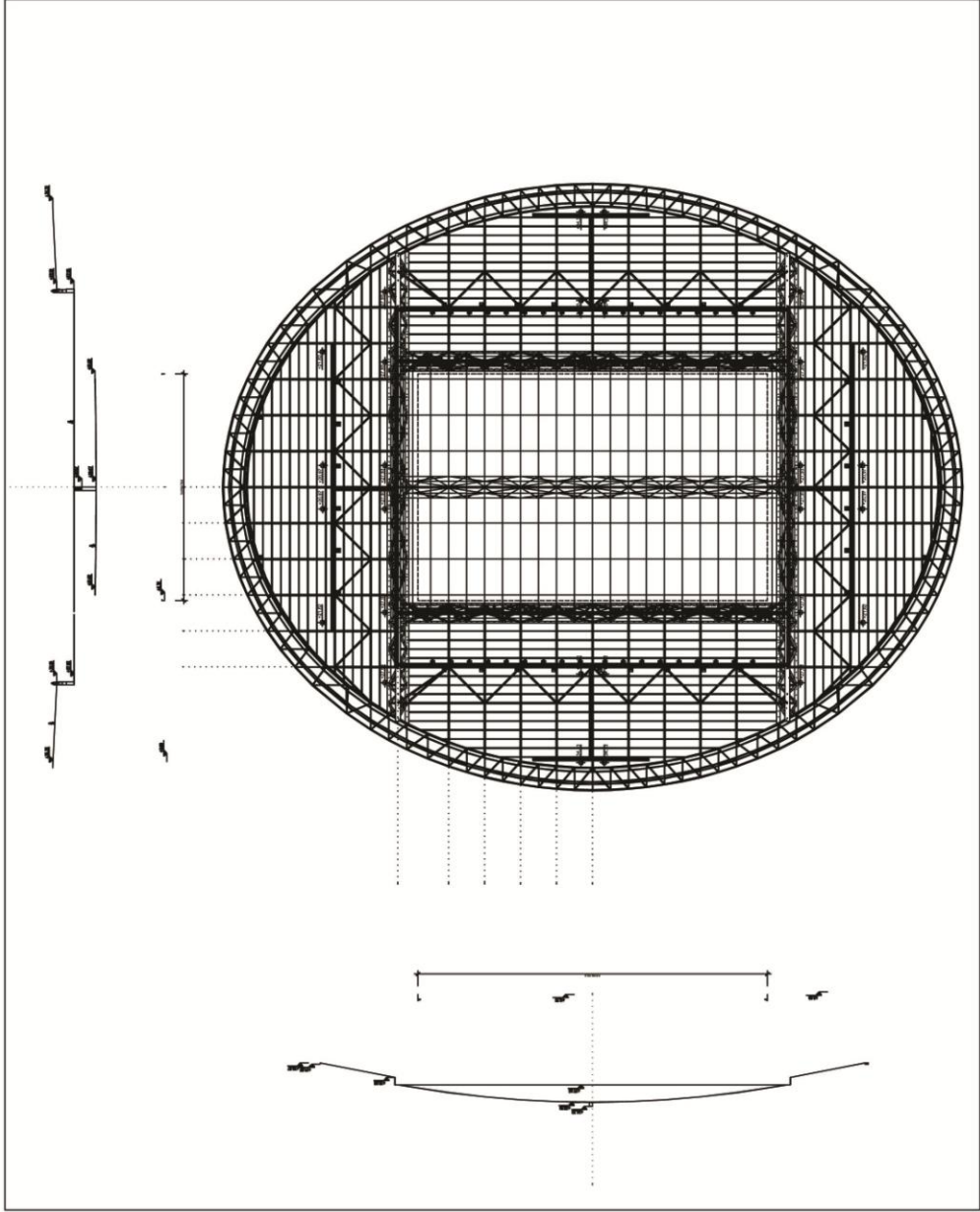
### **3.3.2 Tasarım Yaklaşımı**

Astana Olimpik Stadyumu, Kazakistan'ın başkenti Astana'nın mimari anlamda en önemli yapılarından biri olmak üzere planlanmıştır. 30.000 kişilik stadyum, çok maksatlı kullanıma açıktır. Futbol karşılaşmaları dışında olimpik oyunlar, konserler, kültürel etkinlikler gibi farklı amaçlar için de kullanılabilir. Son yıllarda yapılan stadyumlarda uygulanan modern teknolojiler Astana stadyumunda da uygulanmıştır. Bölgenin sert iklim koşulları düşünülerek tribünlerin etrafı ve üstü çelik çatı sistemi ile tamamen kaplanarak stad kapalı hale getirilmiştir. Futbol sahasının üstüne rastlayan çatı kısmı hareketli yapılmış olup, sahada gerçekleştirilen etkinliklere uygun olarak açılıp kapatılabilmektedir (Çeltikçi, 2012).

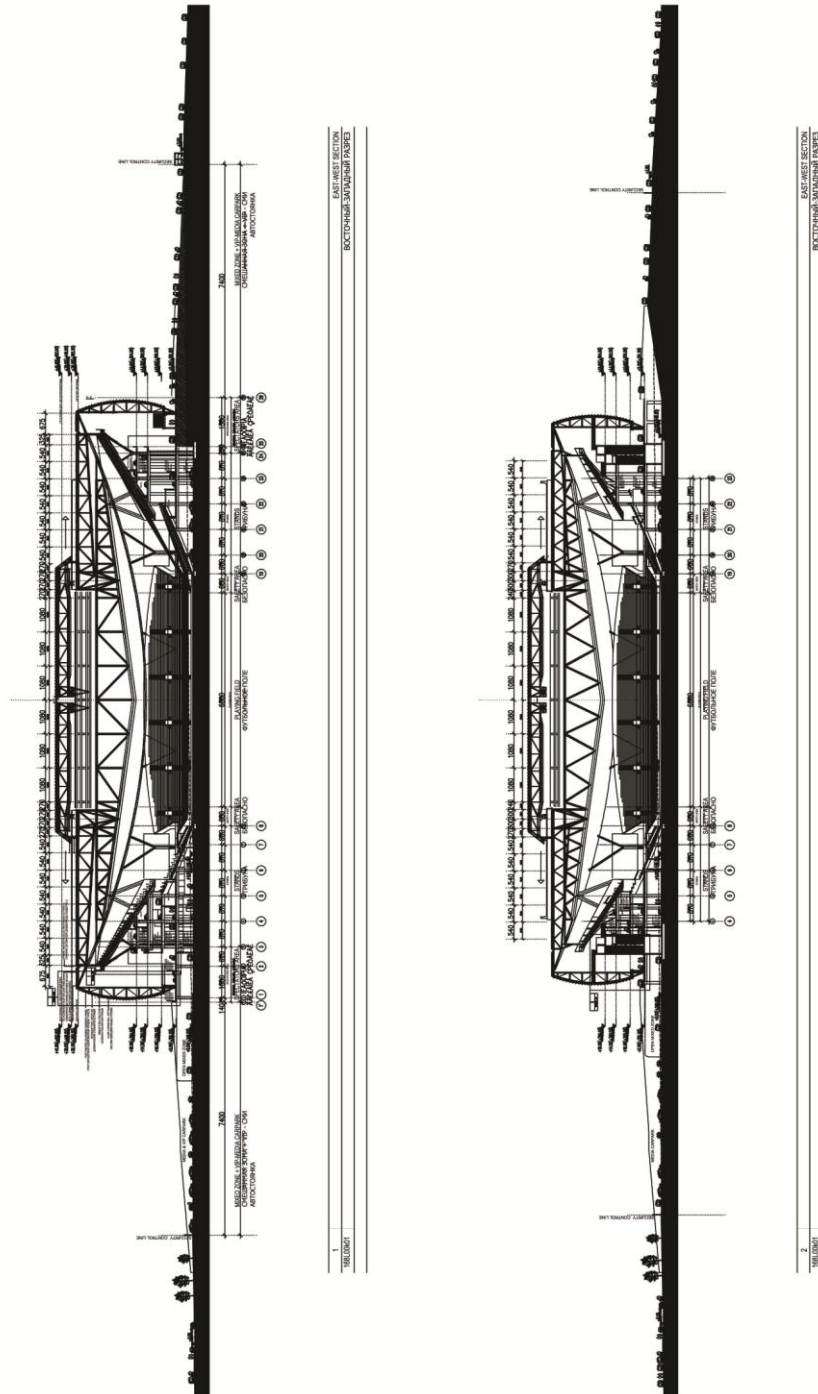
### **3.3.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri**

14.000 seyirci kapasiteli üst tribün yapıları ile bunların üstünü örten 222m uzunluğunda ve 182 metre genişliğindeki çatı yapısı tamamen çelik olarak düşünülmüştür. Çelik çatının ortasında sahanın üstüne rastlayan bölümde açılır-kapanır hareketli bir çatı kısmı tertiplenmiştir.

Sahanın üstüne rastlayan kısım şekil 3.5'de görüldüğü gibi hareketli bir çatı ile kapatılmıştır. Hareketli çatı ortadan yanlara doğru açılıp kapanan iki ayrı kanattan oluşmuştur. Hareketli kanatlardan her biri 6 noktadan sabit çatıya basmakta ve bu noktalara yerleştirilmiş tekerlek gurupları üzerinde yürüyerek açılıp kapanmaktadır. Hareketli çatı kanatları 117 m. açıklık geçmektedir. Bu açıklıkları geçebilmek için saha ortasına bakan kenarlarında alttan gergili kare enkesitli kafes kiriş kemer sistemi kullanılmıştır. Daha küçük açıklıklar geçen diğer bütün makaslar (tali makas, kenar makas ve orta makaslar) düzlemsel kafes kiriş olarak projelendirilmiştir. Kapalı durumda iken saha içinde doğal gün ışığından yaralanabilmek için hareketli çatı kanatlarının üstü şeffaf bir polikarbonat kaplama ile kaplanmıştır (Çeltikçi, 2012).

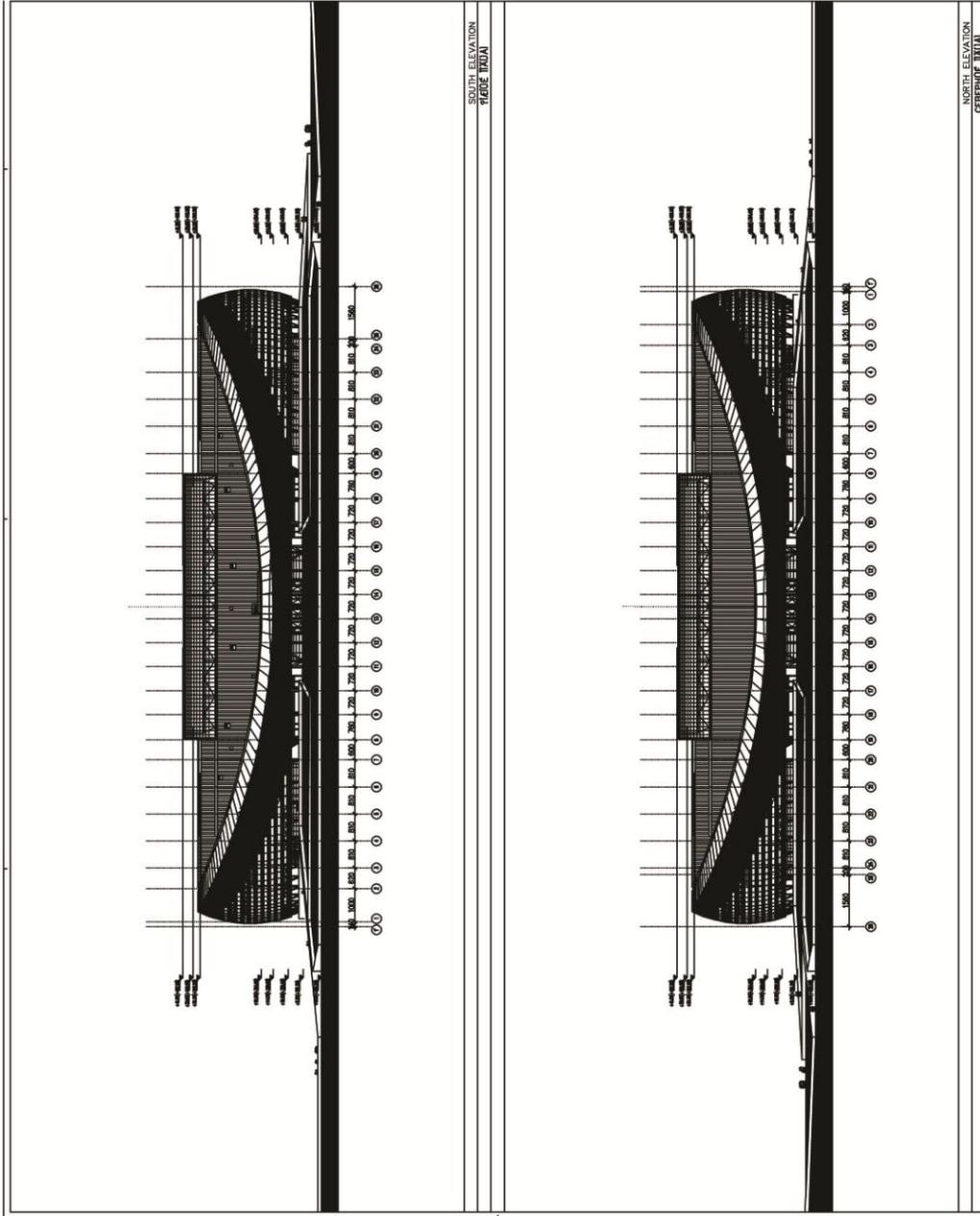


Şekil 3.5 Arena Stadi hareketli çatı strüktürü (Tabanlıoğlu Mimarlık, 2012)

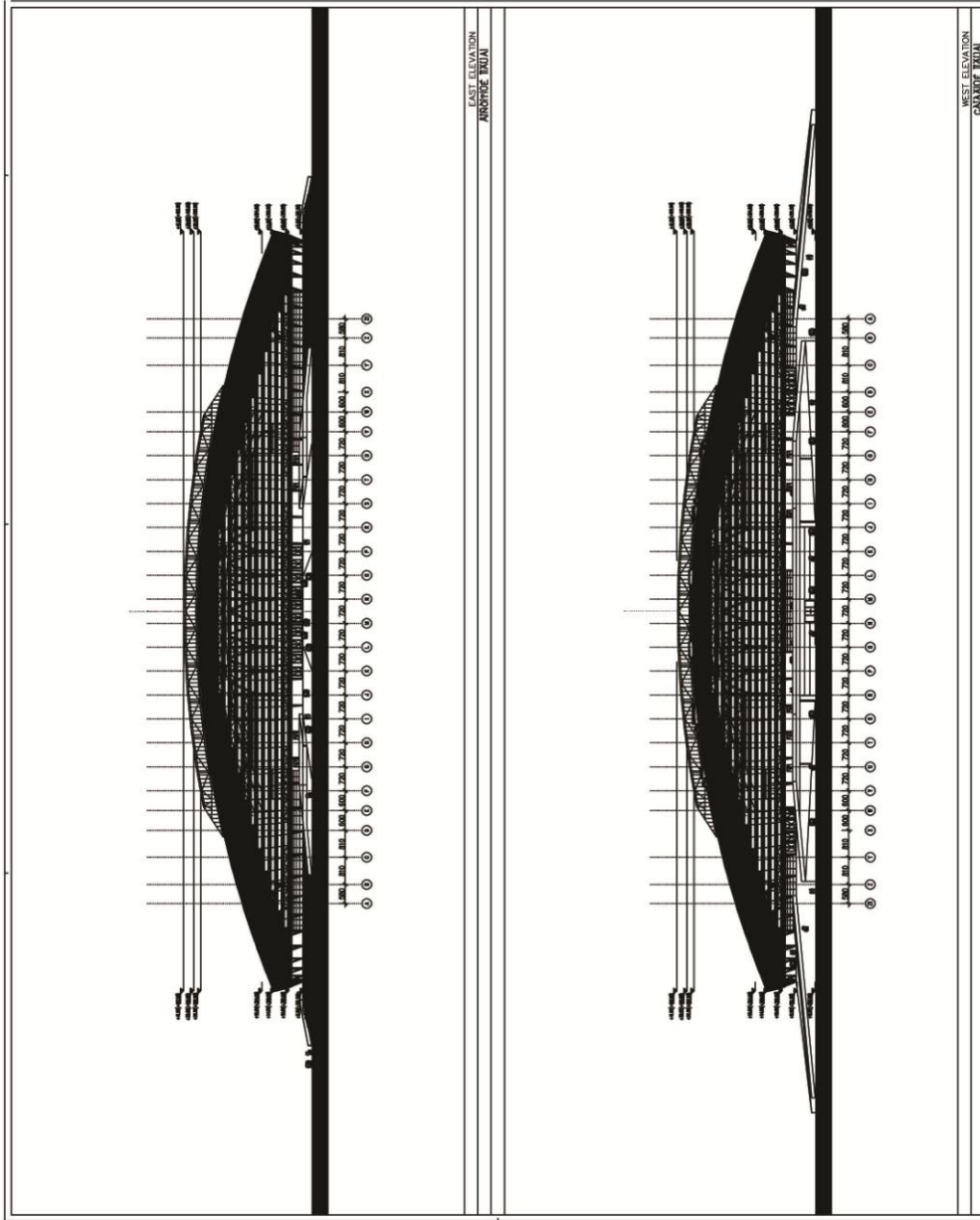


Şekil 3.6 Arena Stadi hareketli çatı strüktürü kesiti (Tabanlıoğlu Mimarlık, 2012)

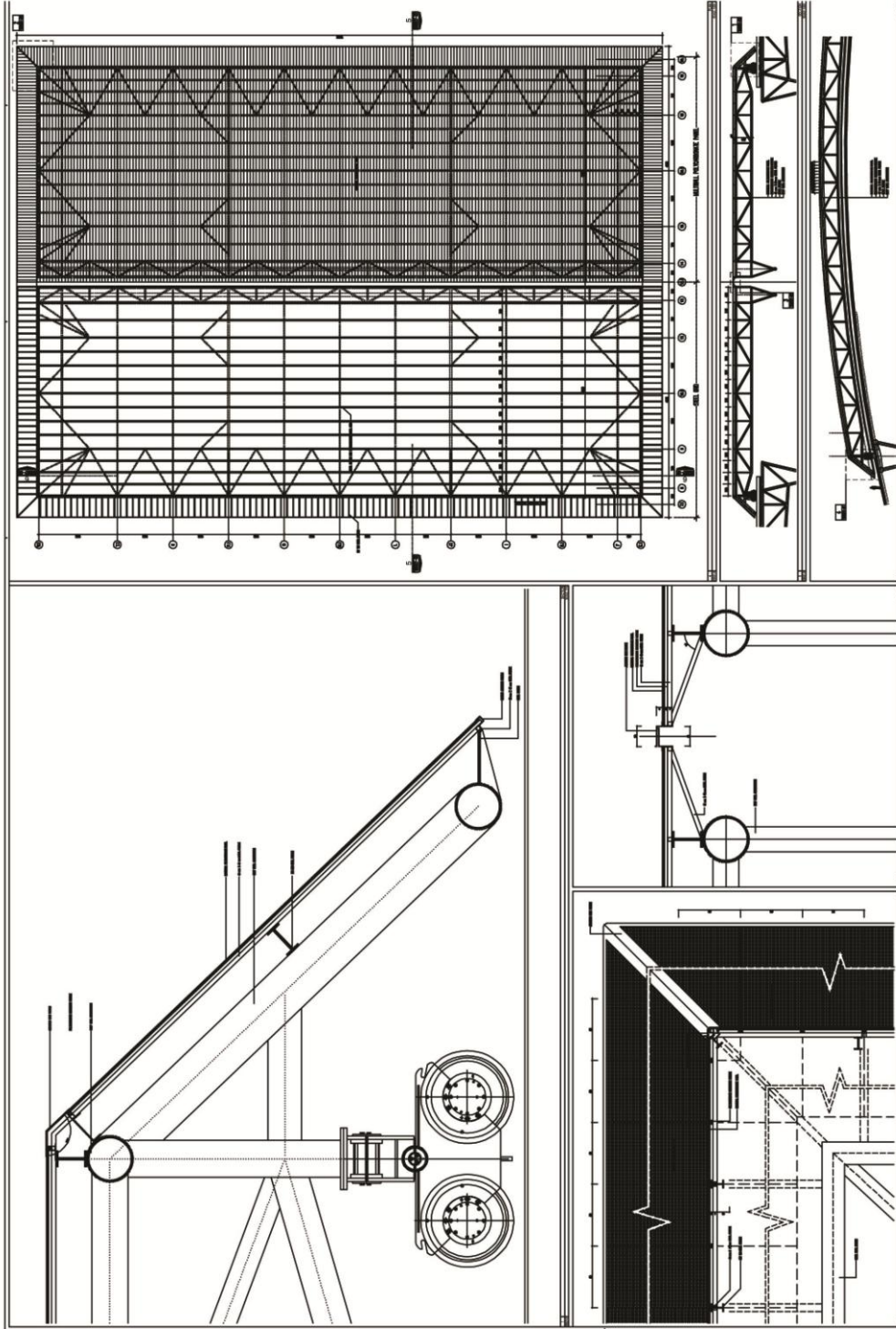




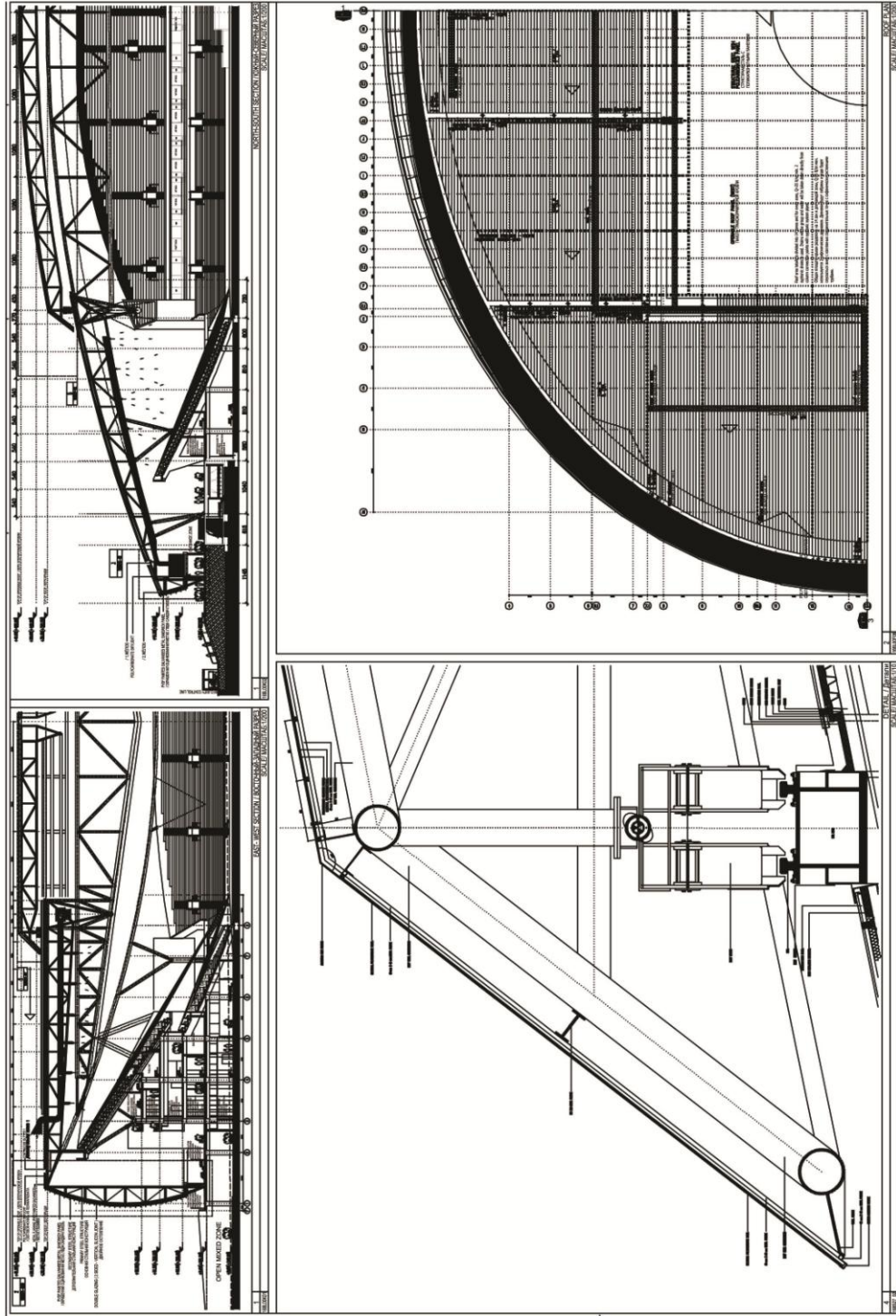
Şekil 3.7 Arena Stadi görünüşleri (Tabanlıoğlu Mimarlık, 2012)



Şekil 3.8 Arena Stadi görüşleri (Tabanlıoğlu Mimarlık, 2012)



Şekil 3.9 Arena Stadi hareketli panellerin strüktür plan ve kesiti (Tabanlıoğlu Mimarlık, 2012)



Şekil 3.10 Arena Stadi hareketli panellerin hareket mekanizması (Tabanlıoğlu Mimarlık, 2012)

### 3.4 Marlins Stadyumu (Miami, Florida, UNITED STATES)

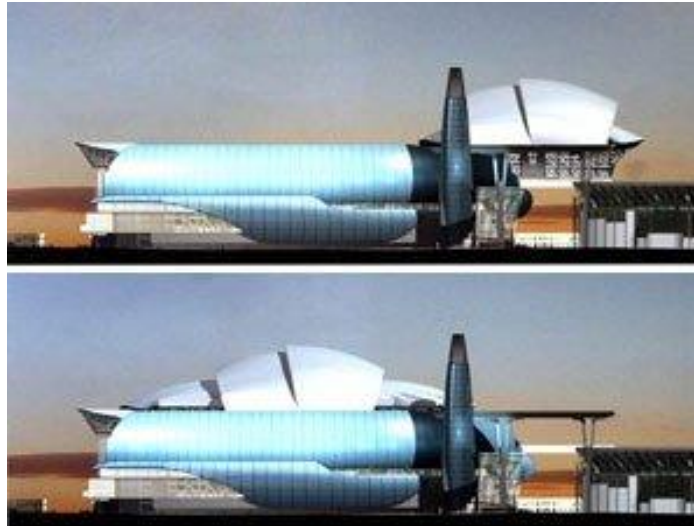
#### 3.4.1 Genel Özellikler

Tablo 3.4 Marlins Stadyumu genel özellikleri

Yapım Yeri	Miami, Florida, US
Yapım Yılı	2009
Örtülen Alan	5330 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	HOK Sport Architecture
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	73 metre
Hareket Süresi	13 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon, Öngerilmeli BA
Kaplama Malzemesi	Membran Malzeme
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.4.2 Tasarım Yaklaşımı

2003 yılında planlaması başlayan ve 2009 yılında tamamlanması ön görülen Marlins Stadyumu, çatı kaplamasıyla adından bahsedilir yapılardandır. Yaklaşık 15 yıldır bu tarz çatılar yapılmasına rağmen mimar HOK sıradan şekiller yerine yuvarlatılmış ve kendine özgü bir kabuk şeklinde çatıyı tasarlamıştır.



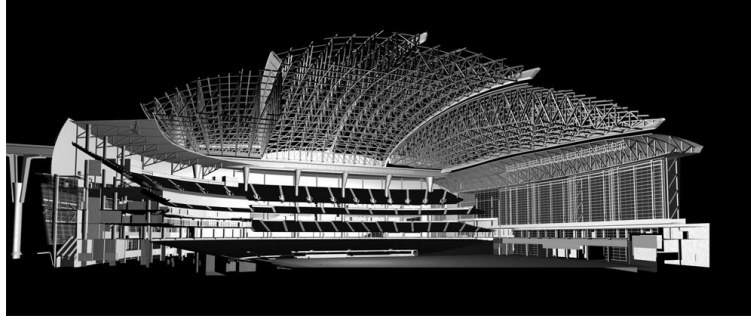
Şekil 3.11 Marlins Stadyum'u hareket matrisi (New Marlins' Stadium Renderings, 2012)

### 3.4.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Tamamı üç parçadan oluşan Marlins Stadyumu 'nun dev çatısı bir tane ana plaka ve iki hareketli küçük plakadan oluşmaktadır. Çatı hareket mekanizması 44 adet taşıyıcıdan oluşmaktadır. Bu taşıyıcılar ise 1 metre çapa sahip 88 adet tekerlek ile 0,4 metre çapa sahip 8 adet tekerlekten oluşmaktadır ve bu tekerleklerin birbirine paralel iki çelik ray üzerinde kaymasıyla hareket mekanizması devreye girmektedir.

Miami bölgesel olarak Houston 'dan iki kat daha fazla hızla esen rüzgarlara sahip olmasından dolayı çatının bu rüzgar şiddetinden gelen yükü zemine aktarmasının tek yolunun stadyumun tamamının kullanılmasından geçmekte olduğu düşünülmüştür. Fakat sorunlar bununla da bitmemiş stadyumun en uzun aksında yer alan çatının hareketli kısmı ile tümleşik özellikteki sabit çatıların ağırlıklarından dolayı hareketli

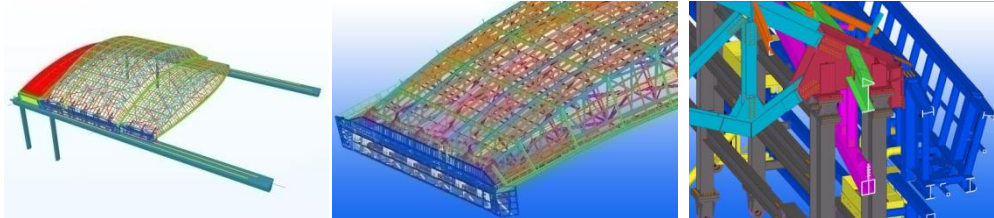
çatıların tekerlekler üzerinde yürümesi sırasında bu sabit çatılara yaklaşımlarında aşırı gerilmeler gözlemlenmiştir. Bahsi geçen yüklerin stadyuma zararını en aza indirmek için süspansiyon sistemine gerek duyulmuş bu da maliyetleri arttırmıştır. Stadyum 2009 yılında bu mali sorunların aşılmasıyla tamamlanarak hareketli çatılar arasında önemli bir yer bulmuştur (Frazer, 2005).



Şekil 3.12 Marlins Stadyum'u strüktür kesiti (New Marlins' Stadium Renderings, 2012)



Şekil 3.13 Marlins Stadyum'u üst örtüsü açık konumu (New Marlins' Stadium Renderings, 2012)




Şekil 3.14 Marlins Stadyum'u üst örtüsü hareket mekanizması (Retractable Roof of the New Marlins Ballpark, 2012)

### 3.5 Wimbledon Merkez Kortu (Londra, UK)

#### 3.5.1 Genel Özellikler

Tablo 3.5 Wimbledon Merkez Kortu Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Londra, UK
Yapım Yılı	2009
Örtülen Alan	5200 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Capita Symonds
Yapı Fonksiyonu	Tenis Kortu
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	65 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Hareket Süresi	7 dakika
Kaplama Malzemesi	%40 Saydam Tenara Membranı (PTFE)
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Katlanabilir Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Hidrolik Sistem 
Üst Örtü Görünüşü	



### 3.5.2 Tasarım Yaklaşımı

Londra 'da 2009 yılında tenis sporları için inşa edilen Wimbledon Merkez Kortu Gore Tenarar Mimari tasarım şirketince tasarlanan hareketli çatı örtüsü 5200m<sup>2</sup> alanı kapatması için özel olarak tasarlanmıştır. %40 transparan özelliğe sahip çift katmanlı ve UV filtre özellikli kaplama örtüsü 15 yıl yıpranmaya karşı garantilidir. Hareket konsepti olarak, birbirine paralel iki ray üzerinde taşıyıcı strüktür ve örtü malzemesinin birlikte katlanarak çatının açılması konsepti benimsenmiştir.



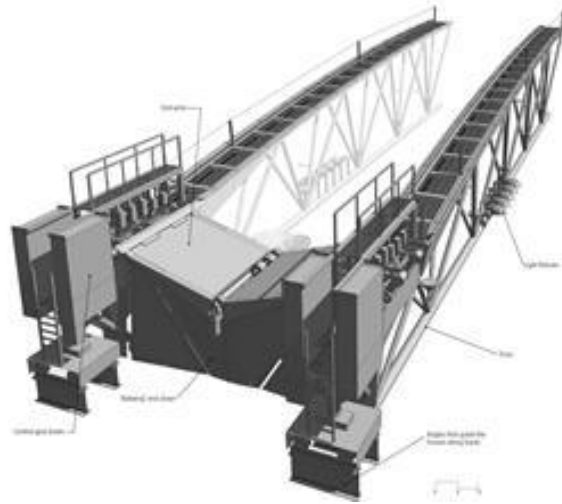
Şekil 3.15 Wimbledon Merkez Kortu üst örtüsü (Wimbledon Centre Court Retractable Roof, 2011)

### 3.5.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Oyunlar ve açılış kapanış seramonilerinde kullanılmak üzere her iki uzun kenarında aydınlatma ve havalandırma sistemini de taşıyan hareketli örtü sistemi 77 metre uzunluğunda olup çelik makasların örtüyü taşıdığı raylı sistem ile bu sistemi hareket ettiren hidrolik pistonlar ve kontrol valfleri sayesinde 7 dakika gibi kısa bir sürede açılıp kapanmaktadır. İki katlı Örtü malzemesinden birinci katı floropolimer lifli malzemeden, ikinci katı ise politetraflorotin malzemeden üretilmiştir. Çatı sistemi ayrıca yüksek toplarda sorun oluşturmaması için 16m dairesel kavis ile yükseltilmiştir (SEFAR® Architecture TENARA® Fabric Retractable roof on Centre Court, 2011).



Şekil 3.16 Wimbledon Merkez Kortu üst örtüsü hareket kirişleri (Wimbledon Centre Court Retractable Roof, 2011)





Şekil 3.17 Wimbledon Merkez Kortu üst örtüsü hareket kirişleri (Wimbledon, 2011)

### 3.6 ELT Tenerife (Tenerife, İSPANYA)

#### 3.6.1 Genel Özellikler

Tablo 3.6 ELT Tenerife Üst Örtüsü genel özellikleri

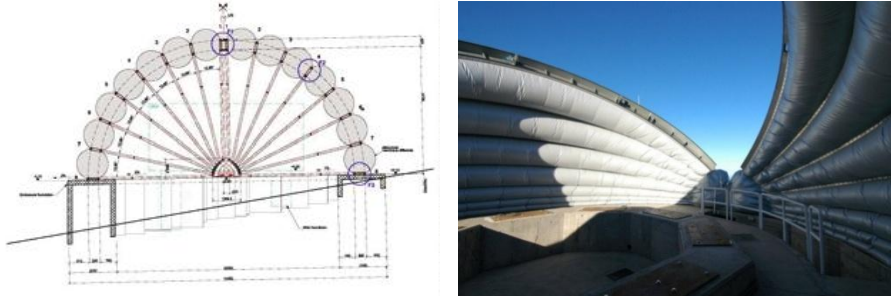
Yapım Yeri	Tenerife, İspanya
Yapım Yılı	2008
Örtülen Alan	Yaklaşık 675 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	A.Schmid, ELT Design Study
Örtünün Geometrisi	Yarım Küre Formunda Geometri
Geçilen Açıklık	15 metre
Yapı Yüksekliği	15 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Kemerler, Pinömatik Kabuk
Hareket Süresi	7 dakika
Kaplama Malzemesi	Polyester / PVC Kumaş
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Açılır - Kapanır Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Pinömatik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.6.2 Tasarım Yaklaşımı

ELT Tenerife Mühendis Pedretti ve Csatelnouva Scrivia tarafından uzay gözlem evi olarak tasarlanmıştır. Tasarım yaklaşımı olarak, dairesel çatının tam ortasında iki adet yarım daire şeklinde çelik profillerin sağa ve sola hareket etmesiyle açılıp kapanabilen hareket sistemi uygulanmıştır.

### 3.6.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Teleskobun manevra kabileyetini arttırmak amacıyla; dairesel çatının tam ortasında iki adet yarım daire şeklinde çelik profilin başlangıç ve bitiş uçlarından mafsallanmasıyla dikey ekseninde birbirine paralel bu iki daire parçası sağa ve sola açılarak hareketlilik sağlanmıştır. Örtü olarak polyester PVC kaplamalı bir malzeme kullanıldığından yukarı-aşağı hareket esnasında örtüsü katlanan, ayrıca üzerine monte edildiği platformu da kendi ekseninde tam tur dönebilen pnömomatik yarım küre şekilli bir çatı sistemi tasarlanmıştır. Çelik profiller ile desteklenen ve 15m çapa sahip bu sistem ufuk çizgisinden ufuk çizgisine açılımını 7 dakikada tamamlayabilmektedir (Tensinet, 2012).



Şekil 3.18 ELT Tenerife hareket segmentleri ve pnömomatik sistem (Tensinet, 2012)



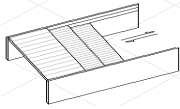
Şekil 3.19 ELT Tenerife hareket sistematığı (Tensinet, 2012)

### 3.7 Lucas Oil Stadı (Indianapolis, INDIANA)

#### 3.7.1 Genel Özellikler

Tablo 3.7 Lucas Oil Stadı Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Indianapolis, Indiana
Yapım Yılı	2008
Örtülen Alan	Yaklaşık 1800 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	HKS, Inc. Architects
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	48 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Hareket Süresi	12 dakika
Kaplama Malzemesi	Galvaniz Kaplama
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Kablo Çekme Sistemi
Üst Örtü Görünüşü	

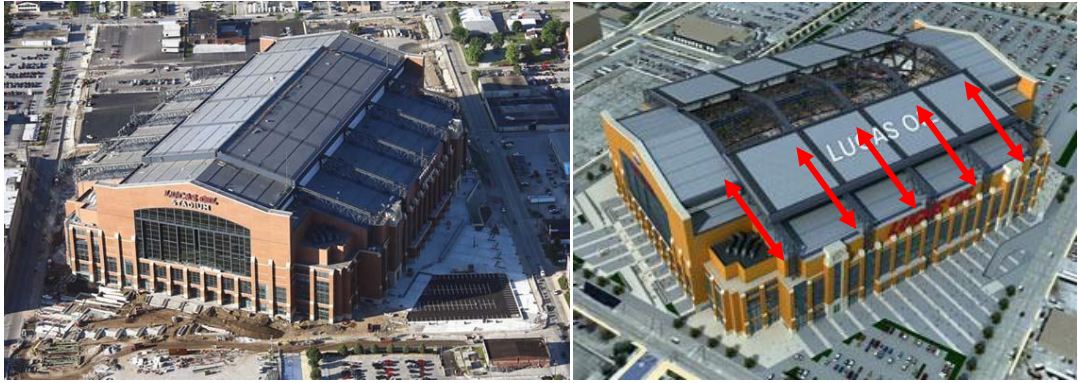


### 3.7.2 Tasarım Yaklaşımı

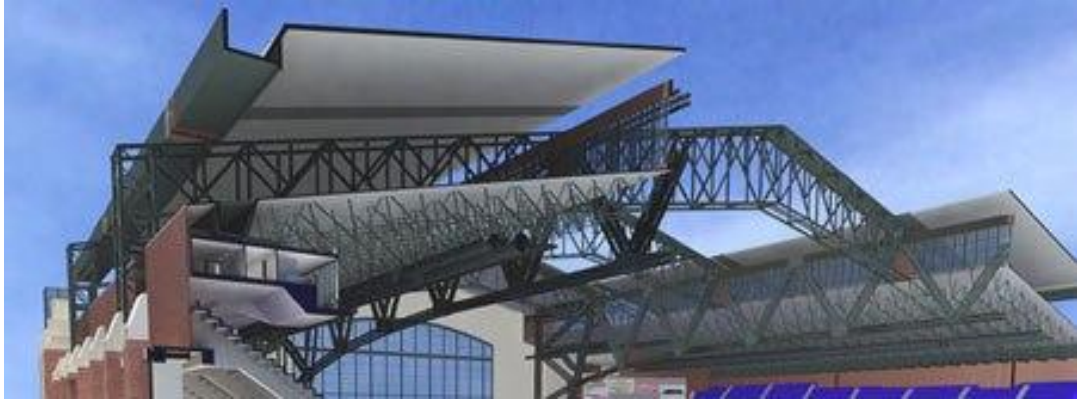
Indianapolis 'de 2008 yılında toplamda 1.8 milyon metrekare alana sahip çok amaçlı stadyum olarak tasarlanmıştır. Çatı strüktürü olarak bu alanın 176.400 metrekaresi açılabilen hareketli bir sistem uygulanmıştır. Bu sistemde iki adet panelin her iki tarafta beşer adet raylar üzerinde kaymasıyla açılıp kapanabilen hareket konsepti uygulanmıştır.

### 3.7.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

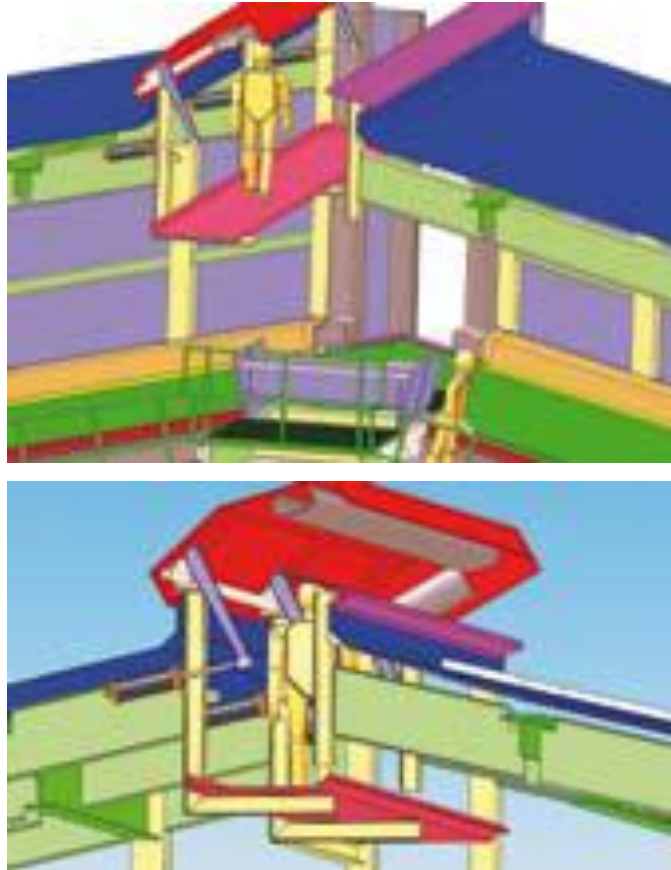
Kesitten bakıldığında sıradan üçgen bir ev çatısı gibi görünen bu hareketli çatı sistemi, ortadan ikiye ayrılarak sağa ve sola raylar üzerinde hareket etmektedir. Sağa ve sola açılan her iki kanat ise beşer parçadan oluşup toplamda 180\*48 metre ebatlarındadır. Bahsi geçen parçaları ise 7.5Bg gücündeki motorlara bağlı 3.8cm kalınlığında galvanize kablolar ve makara sistemleri hareket ettirmektedir. 12 dakika gibi kısa sürede açılıp kapanan çatı sistemi kapatıldığında sağ ve sol kanatların birleştiği çatı sırtı ise; çatı boyunca uzanan ve yine aşağı yukarı hareket edebilen tek noktadan mafsallı hidrolik kaldırma bir sistem ile tamamen kapanabilmektedir (Tigh Tolerances Met For Lucas Oil Stadium, 2008).



Şekil 3.20 Lucas Oil Stadı hareket sistematiği (Lucas Oil Stadium, 2011)



Şekil 3.21 Lucas Oil Stadı hareket mekanizması (Lucas Oil Stadium, 2011)



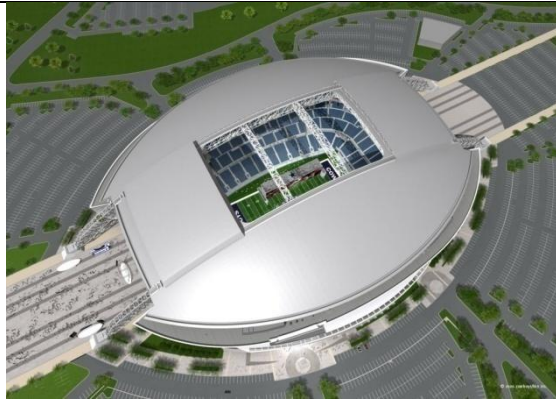
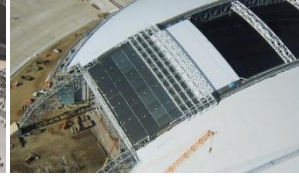
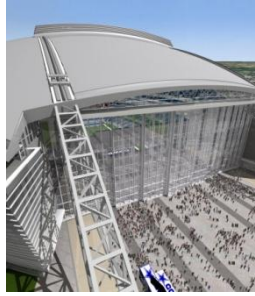
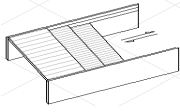
Şekil 3.22 Çatı sırtındaki hidrolik kaldırma sistemi (Lucas Oil Stadium, 2011)

### 3.8 Cowboys Stadı (Dallas, ABD)

#### 3.8.1 Genel Özellikler

Tablo 3.8 Cowboys Stadı Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Dallas, ABD
Yapım Yılı	2007
Örtülen Alan	105,000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	HKS, Inc.
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	66 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Hareket Süresi	12 dakika
Kaplama Malzemesi	Teflonla Kaplanmış Fiberglas Kumaş
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	





### 3.8.2 Tasarım Yaklaşımı

Cowboys Stadyumu çeşitli spor aktiviteleri için toplamda 660.000 metrekareye inşa edilmiş ve 105.000 metrekarelik pist alanı hareketli çatı ile kapatılmıştır. Hareketli çatıda iki adet devasa makasın üzerine oturtulmuş iki adet eğimli panelin stadyumun uzun aksı boyunca sağa ve sola kayması hareket özelliği tasarım yaklaşımı olarak benimsenmiştir.

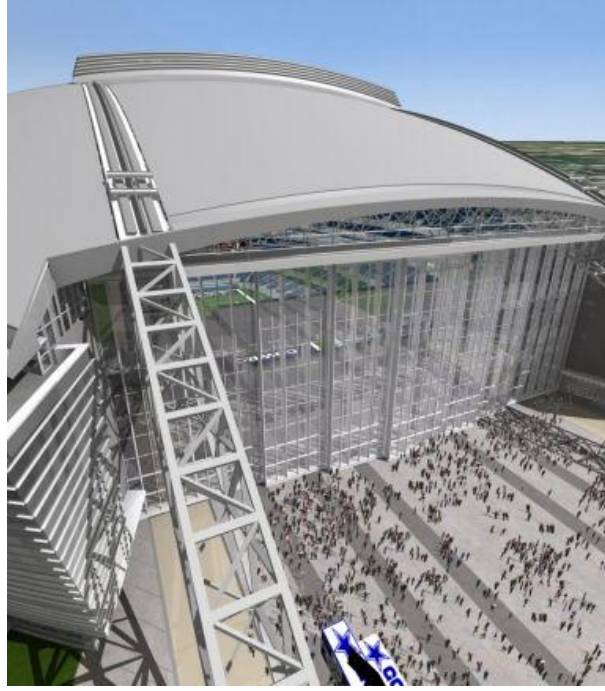
### 3.8.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Cowboys Stadyumu, zemine ankrajlı yay şeklinde iki devasa makasın üzerine oturtulmuş iki adet 90x66 metre ebatlarında hareketli panele sahiptir. Bu paneller dairesel şekilleri ile stadyumun uzun ekseninden sağına ve soluna doğru raylar üzerinde 64 adet 7.5Bg gücündeki motorlarla hareket etmektedir (Cowboys Stadium, 2012).



Şekil 3.23 Cowboys Stadi üst örtüsü omurga strüktürü (Cowboys Stadium, 2012)

Bu stadyum toplamda 480Bg gücüne sahip ve yay şeklindeki makaslar üzerine özenle döşenmiş raylar üstünde 65 metre kayarak merkezden 23.9 derece açılabilen ve hareket esnasında yer çekimine karşı koyabilen hatta yer çekimi sayesinde kapanmak için gereken enerjiyi de depolayabilen sisteme sahiptir. Ayrıca bu sistem 800,000 pounda mal olmuştur (Cowboys Stadium, 2012).






Şekil 3.24 Cowboys Stadi üst örtüsü hareketli paneller ve hareket yolu (Cowboys Stadium, 2012)

### 3.9 Commerzbank Arena (Frankfurt, ALMANYA)

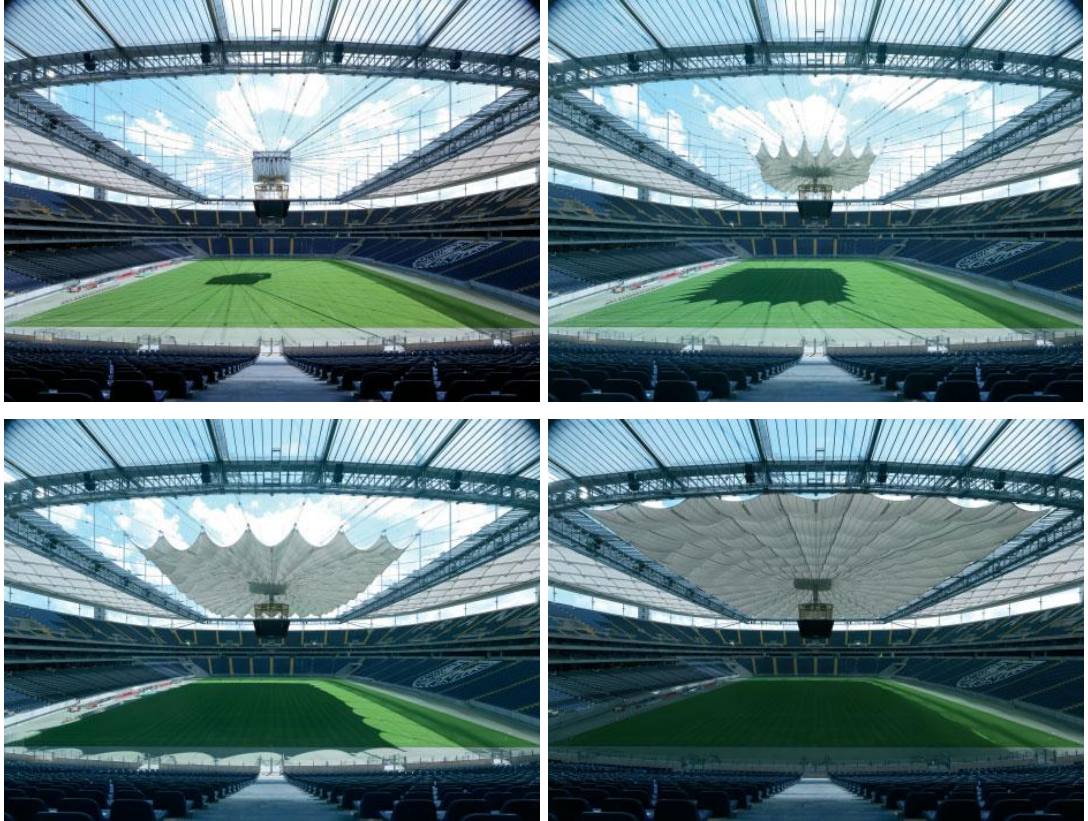
#### 3.9.1 Genel Özellikler

Tablo 3.9 Commerzbank Arena Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Frankfurt, Almanya
Yapım Yılı	2005
Örtülen Alan	5200 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	GMP von Gerkan, Marg & Partner
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	65 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik ve Kablo Konstrüksiyon
Hareket Süresi	10 dakika
Kaplama Malzemesi	PVC Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	Vinçli Sistem 
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.9.2 Tasarım Yaklaşımı

Commerzbank Arena membran çatı örtüsü ve farklı tasarımıyla hareketli çatı örtülerine öncülük eden yapılardandır. Özellikle 2006 Dünya Kupası için hazırlanan hareketli çatıda tasarım yaklaşımı olarak, merkezden radyal açılımlı katlanabilen ve hareket sonrasında merkezde bulunan video küp içinde kaybolan üst örtü mekanizmasına sahiptir.

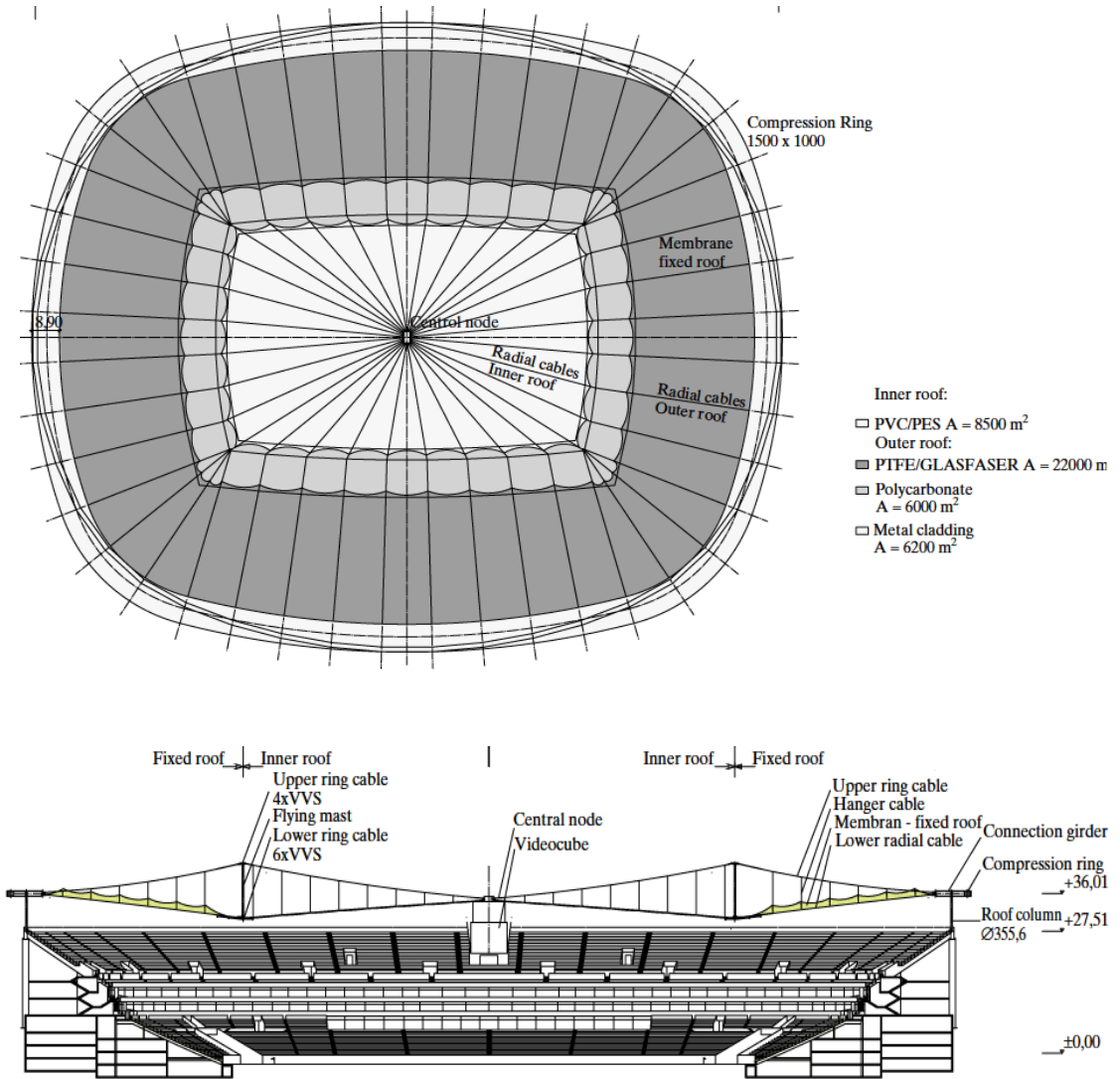


Şekil 3.25 Commerzbank Arena hareket matrisi (Structural Engineering International, 2007)

### 3.9.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Dikdörtgenel şekilli stadyumun çatısı; tribünlerin bittiği kısma kadar konsol şekilde sabit, oyun sahasının üstü ise hareketli olarak tasarlanmıştır. Oyun alanının tam ortasında ve çatı seviyesinde dört yönlü dev ekran bulunmaktadır. Bu dev ekranın üzerinde çatının açılmasıyla toplanan membranın saklanması için haznesi bulunan bir sistem bulunmaktadır. Membran saklama haznesinden yani merkezden dışarıya doğru uzanan ve yaklaşık 6 ile 9 m de bir geçirilen 250mm

kalınlığında çelik halatlar ile hareket sağlanmaktadır. Hem membran toplama haznesinde hem de sabit örtü tarafında bulunan çekici vinçlerle açılır kapanır hale getirilen çatı örtüsü çok kısa sürede açılıp kapanmakta ve bu esnada bir görsel şölen oluşturmaktadır. Sistem tasarım aşamasında yüzlerce kez testten geçirildikten sonra yetkililerce kabul görmüştür, bu denli hızlı hareket edebilen ve dış etkilere karşı dayanıklılık gösteren örtü her noktasında sensörler olan bir bilgisayar programı sayesinde güvenilir hale getirilmiştir (Göppert, 2002).



Şekil 3.26 Hareketli çatı plan ve kesiti (Structural Engineering International, 2007)


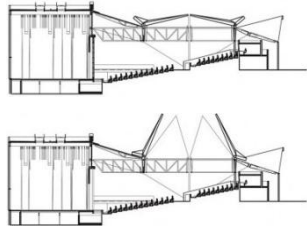
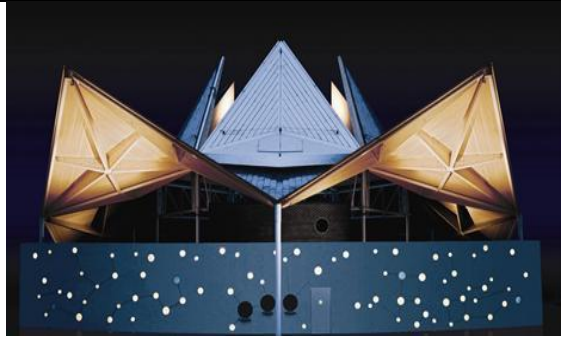


Şekil 3.27 Hareketli çatının mekanik tekerlekleri  
(Structural Engineering International, 2007)

### 3.10 Starlight Tiyatrosu (Rockford, Illinois, U.S.)

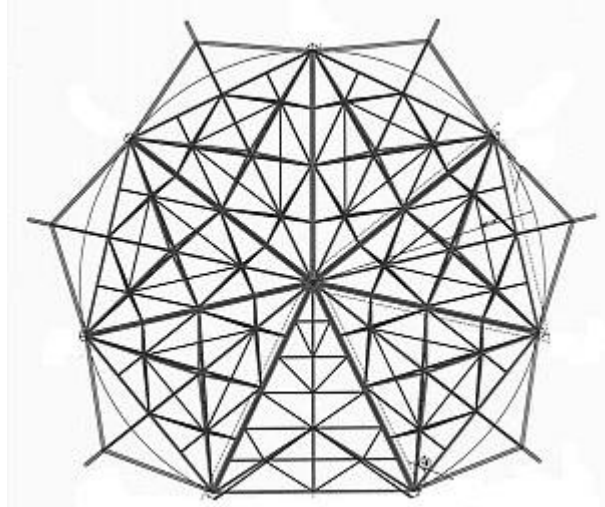
#### 3.10.1 Genel Özellikler

Tablo 3.10 Starlight Tiyatrosu Üst Örtüsü genel özellikleri

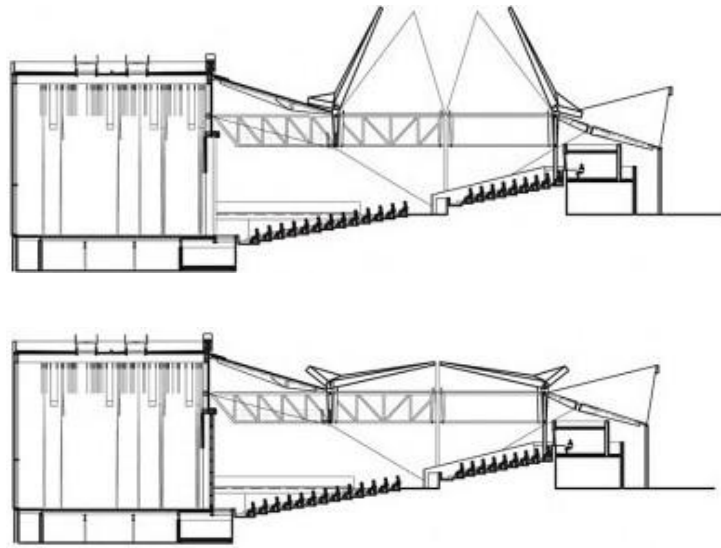
Yapım Yeri	Rockford, Illinois, U.S.
Yapım Yılı	2003
Örtülen Alan	430 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Studio Gang Architects
Yapı Fonksiyonu	Tiyatro yapısı
Örtünün Geometrisi	Yıldız Geometri
Geçilen Açıklık	20 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Paslanmaz Çelik Panel, Ahşap Kaplama
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Açılır - Kapanır Sistem 
Hareket Mekanizması	Hidrolik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.10.2 Tasarım Yaklaşımı

Uni-System tarafından 2003 yılında yapılan Starlight Tiyatrosu hareketli çatısı, özellikle yaz aylarında gösteri esnasında gösteriyi iptal edebilecek herhangi bir riske karşı sahne alanını korumak amacıyla yapılmıştır. Üçgen biçimindeki altı adet çelik konstrüksiyonlu panellerin bir araya gelmesiyle oluşan altıgen bir prizma şekli konsept olarak uygulanmış ve bu üçgen panellerin çiçek yaprakları gibi açılıp kapanması ile hareket sağlanmıştır.



Şekil 3.28 Hareketli çatı panelleri (Bengt Sjostrom Starlight Theatre, 2010)

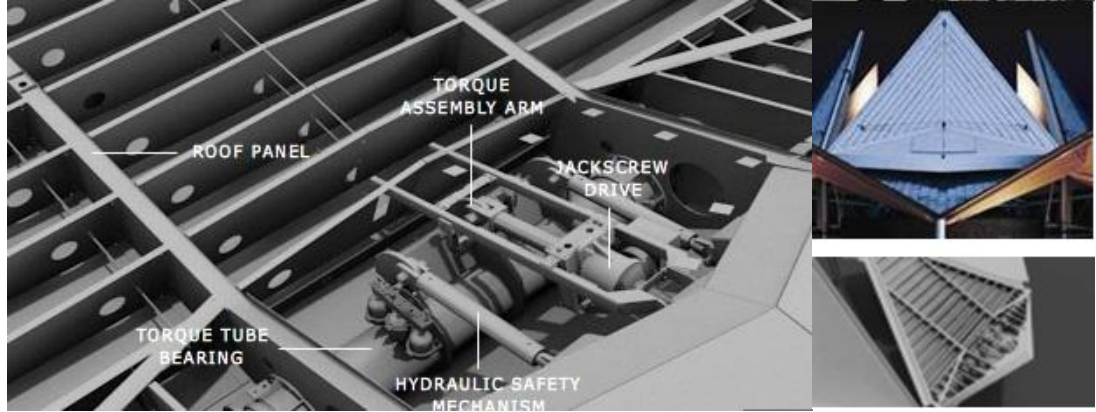


Şekil 3.29 Hareketli çatı panelleri ve hareket konsepti (Bengt Sjostrom Starlight Theatre, 2010)

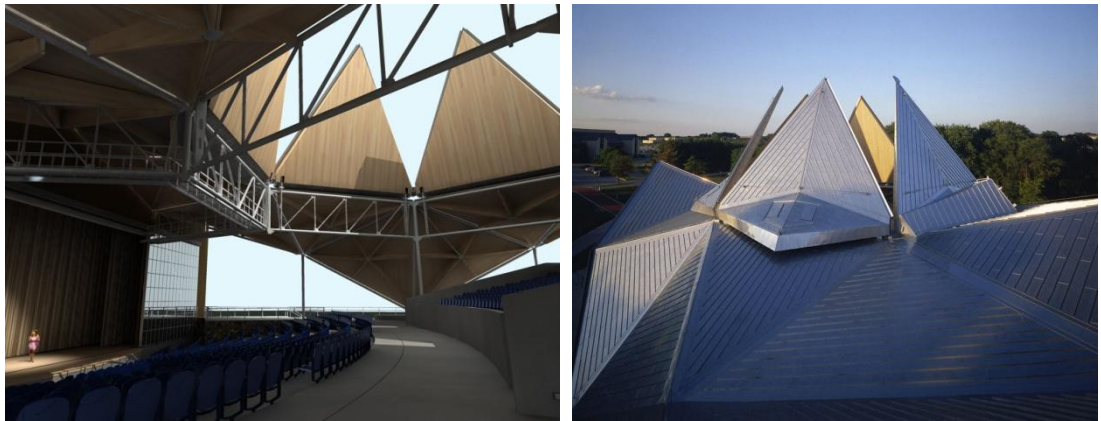


### 3.10.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çatı sistemi, altı adet üçgen şekilli çelik konstrüksiyonlu parçaların bir araya gelmesiyle oluşan altıgen bir prizma şeklindedir. Her bir üçgen şekilli parça alt kısımlarından mafsallanmış, hidrolik sistemler yardımıyla yukarı aşağı yönlü açılıp kapanarak hareketlendirilmiştir. Bu parçaların her biri 108 cm genişliğinde ve 126 cm uzunluğundadır. Kapalı haldeyken prizma şeklindeki çatının her bir kanadı 72 cm kadar yukarı kalkabilmekte ve her parça 5Bg gücündeki motorların kullanıldığı hidrolik sistemler ile hareket ettirilebilmektedir. Ayrıca istenmeyen arızaların oluşması durumunda sistemin kazaya sebep vermemesi için 2 adet hidrolik pistonla emniyet arttırılmıştır (Lyle, 2005).



Şekil 3.30 Hareketli çatı panellerindeki hidrolik sistem (Starlight Theater, 2010)

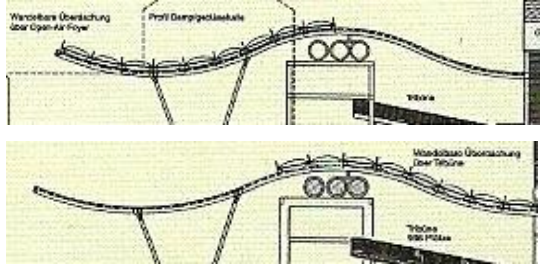



Şekil 3.31 Hareketli çatı destek kirişleri ve panel kaplamaları (Starlight Theater, 2010)

### 3.11 Landschaftspark (Duisburg, ALMANYA)

#### 3.11.1 Genel Özellikler

Tablo 3.11 Landschaftspark genel özellikleri

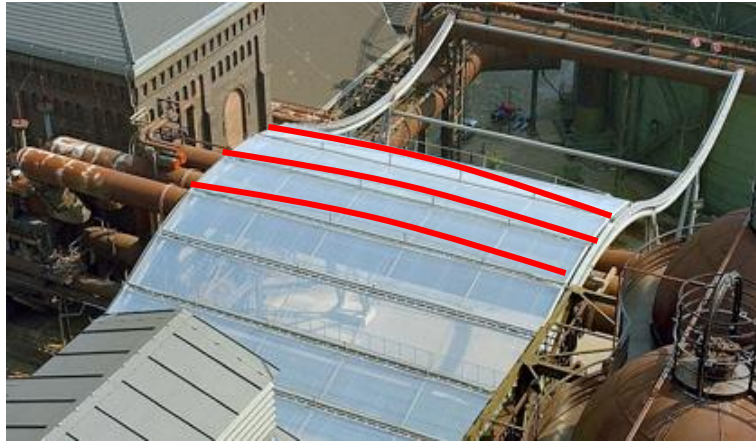
Yapım Yeri	Duisburg, Almanya
Yapım Yılı	2003
Örtülen Alan	570 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Peter Latz
Yapı Fonksiyonu	Tiyatro Yapısı
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	3 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	ETFE Kaplı Membran
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem 
Hareket Mekanizması	Pinömatik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.11.2 Tasarım Yaklaşımı

Duisburg Meiderich eritme fabrikalarının 1985’de kapatılmasıyla 500 dönümlük sanayi alanı boş kalmıştır. Bunun üzerine endüstriyel enkazı başarılı bir şekilde ortadan kaldırmak zor olacağı için güçlü sanayi yapılarına minimum müdahale ve doğal gençleştirme ile bazı kalıntılar fonksiyonel yapılara dönüştürülmüştür. Fırın döküm evi, tiyatro olarak yeniden faaliyete geçirilmiştir. Bunun paralelinde tiyatro açık hava fuayesi, açıkta kalan koltuklar ve sahne üzerinde dalga formunda hareketli çatı uygulanmıştır.

### 3.11.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

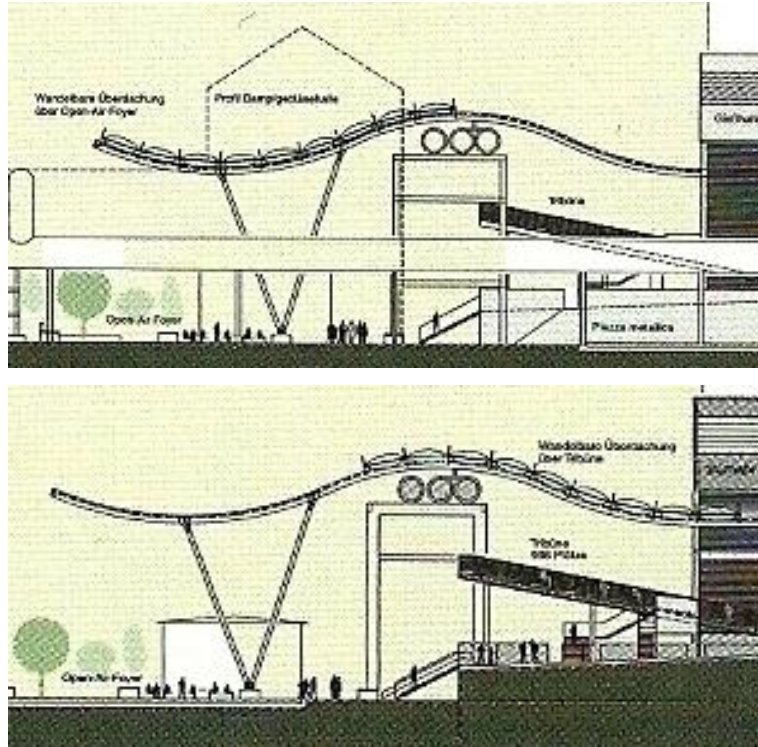
Landschaftspark hareketli çatısı 9 adet 24m uzunluğunda ve 3m genişliğinde şişirilmiş ETFE membran yastıktan oluşmaktadır. Bu membran yastıklar 1,3 metre derinliğindeki çelik kablolarla güçlendirilmiş makas yaylar tarafından karşılıklı raylar arasında desteklenmektedir (Drew, 2008).



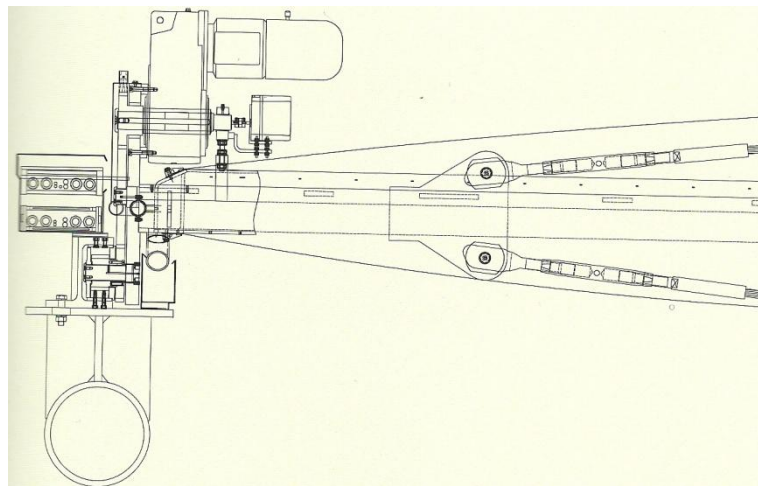
Şekil 3.32 Membran yastıklar ve makas yaylar (Drew, 2008)

Yastık biçimi, yüksek fırın yanında bir statik kaynaktan pompalanan havaya ihtiyaç duyulduğunda doldurulabilen iç hava basıncı tarafından belirlenmiştir. Pnömatik kirişler için hava tedariği bir enerji kanalı boyunca yönlendirilmektedir. Dalgalı formda kayar hareket özelliğine sahip çatının hareket özelliğini oluşturan dalgalı 500/25mm çelik raylar, her iki kenardan da iki parçadan oluşan V şeklindeki 300/100mm çelik kolonlarla desteklenmektedir. Bu hareketli çatı 570 m<sup>2</sup> alan

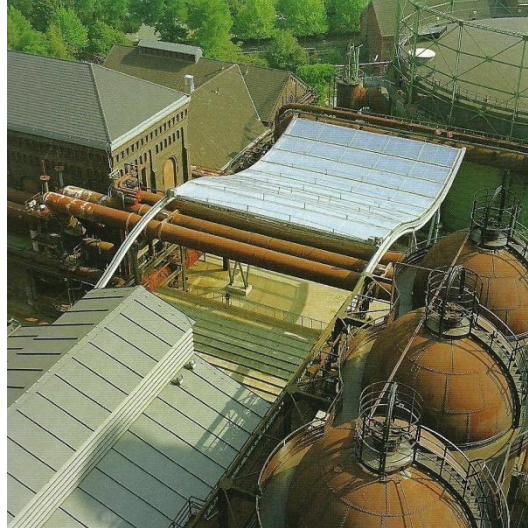
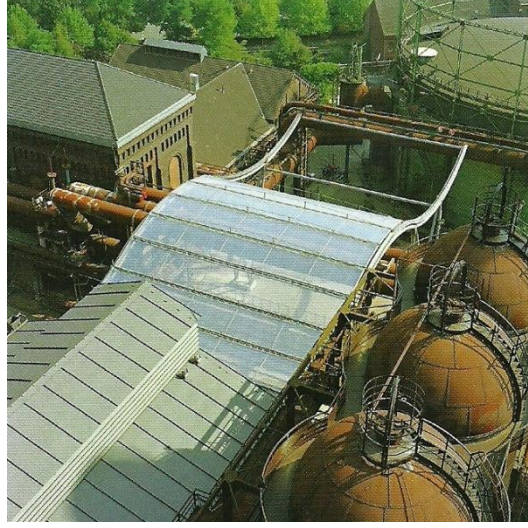
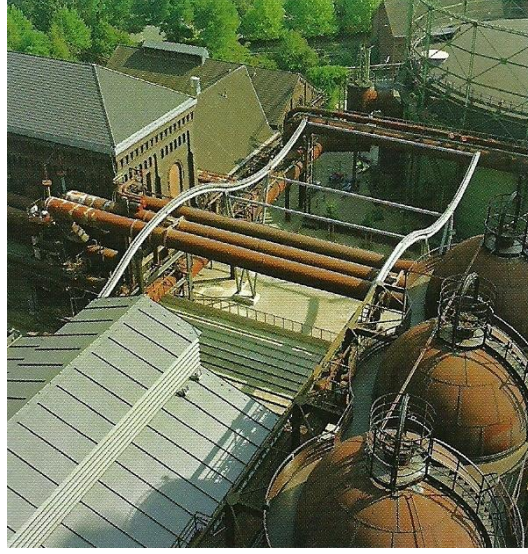
kaplamakta ve hareket mekanizması için elektrik motoru kullanılmaktadır. Bu elektrik motorunun raylar üzerindeki pinömatik kirişleri harekete geçirmesiyle çatı açılıp kapanmaktadır (Drew, 2008).



Şekil 3.33 Membran yastıklar ve makas yayların strüktürel kesiti (Drew, 2008)



Şekil 3.34 Membran yastıkların strüktür ile birleşim detayı (Drew, 2008)



Şekil 3.35 Landschaftspark hareketli çatısı hareket matrisi (Drew, 2008)

### 3.12 Qi Zhong Stadyumu (Shanghai, ÇİN)

#### 3.12.1 Genel Özellikler

Tablo 3.12 Qi Zhong Stadyumu Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Shanghai, Çin
Yapım Yılı	2003
Örtülen Alan	15000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Mitsuru Senda
Yapı Fonksiyonu	Tenis ve Basketbol Stadyumu
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Geçilen Açıklık	140 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Hareket Süresi	8 Dakika
Kaplama Malzemesi	Çelik ve Alüminyum Kaplama
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Döner Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.12.2 Tasarım Yaklaşımı

Qi Zhong Stadyumu Çin'in Shanghai kentinde 80 hektarlık alana inşa edilmiş bir yapıdır. Stadyumun üst örtü tasarım yaklaşımı, hareketli çelik 8 adet kayar taç yaprağıdır. Kışın fazla yağmura ve yazın aşırı sıcaklara karşın stadyumun kullanılabilme potansiyeli bu şekilde artırılmıştır. 15.000 kişi kapasiteli bu stadyum özellikle Asya'nın tenis oyunları için en geniş yer olarak tasarlanmıştır.

### 3.12.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Stadyumun strüktürü, gerilimli dairesel strüktür olarak adlandırılan oldukça güçlü ve güvenilir bir taşıyıcıdır. Hareketli çatı 8 adet taç yaprağından oluşmaktadır ve aynı zamanda her bir yaprak kendi etrafında bir dayanak noktası üzerinde dönebilmektedir. Yaprakların altında tersine çevrilmiş üçgen kesitinde bir adet yuvarlak kiriş bulunmaktadır. Bu kiriş, yaprakları desteklemektedir. Her bir yaprak bir dayanak noktası ve 3 adet ray tarafından hareket ettirilebilmektedir. Ve bütünde konsol kirişten oluşmaktadır. Bu durum şiddetli rüzgarlar boyunca çatı strüktüründe dayanım gücü yeterliliğini getirmektedir (Qizhong Forest Sports City, 2011).

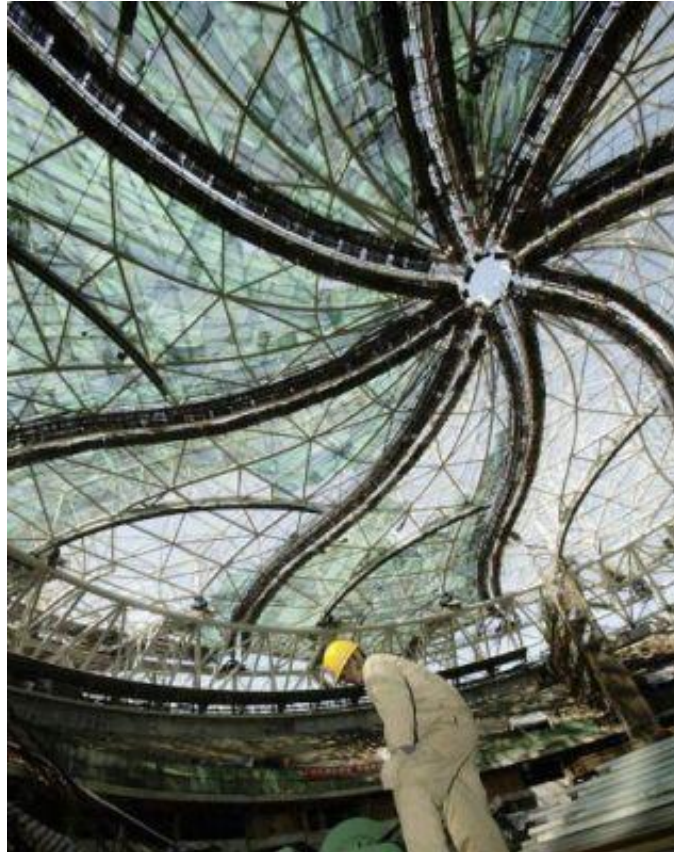


Şekil 3.36 Qi Zhong Stadyumu hareket rayları (Qizhong Forest Sports City, 2011)



Şekil 3.37 Qi Zhong Stadyumu hareketli çatısı hareket aşamaları (Qizhong Forest Sports City, 2011)

Hareketli çatıda ki her bir yaprağın ağırlığı 2 tondur. Ayrıca bu yapraklar birleşince 15.000 m<sup>2</sup> alan örtmektedir. Hareketli panellerde yapı malzemesi olarak 65/400 ( Kalzip ) alüminyum yalancı mermer kabartma kaplamaları kullanılmıştır. Hareketli panellerin tamamen açılması veya kapanabilmesi için 8 dakikalık bir süreç yeterli olmaktadır (International Kalzip Projects, 2011).



Şekil 3.38 Qi Zhong Stadyumu hareketli çatısı kaplama malzemesi (International Kalzip Projects, 2011)



### 3.13 Cardinals Stadyumu (Glendale, Arizona, ABD)

#### 3.13.1 Genel Özellikler

Tablo 3.13 Cardinals Stadyumu genel özellikleri

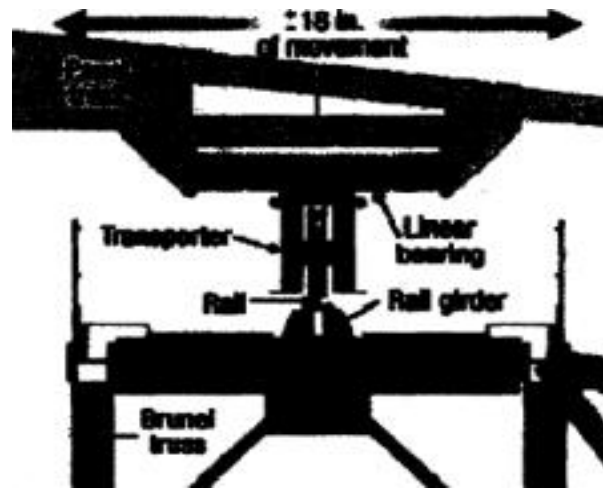
Yapım Yeri	Glendale, Arizona, ABD
Yapım Yılı	2003
Örtülen Alan	30,000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Eisenman Architects
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	72-218 metre
Hareket Süresi	20 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon, Öngerilmeli BA
Kaplama Malzemesi	Membran Malzeme
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Kablo Çekme Sistemi
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.13.2 Tasarım Yaklaşımı

2000 yılında mimar Peter Eisenman tarafından yuvarlatılmış dörtgen şeklinde tasarlanan stadyumun iki adet 109 metre ve 72 metre boyutlarında çatı örtüsü bulunmaktadır. Bu tasarım, yaklaşım olarak üst örtü hareketinin yanı sıra zeminin de hareketi olmak üzere iki hareket özelliğini bünyesinde barındırmaktadır.

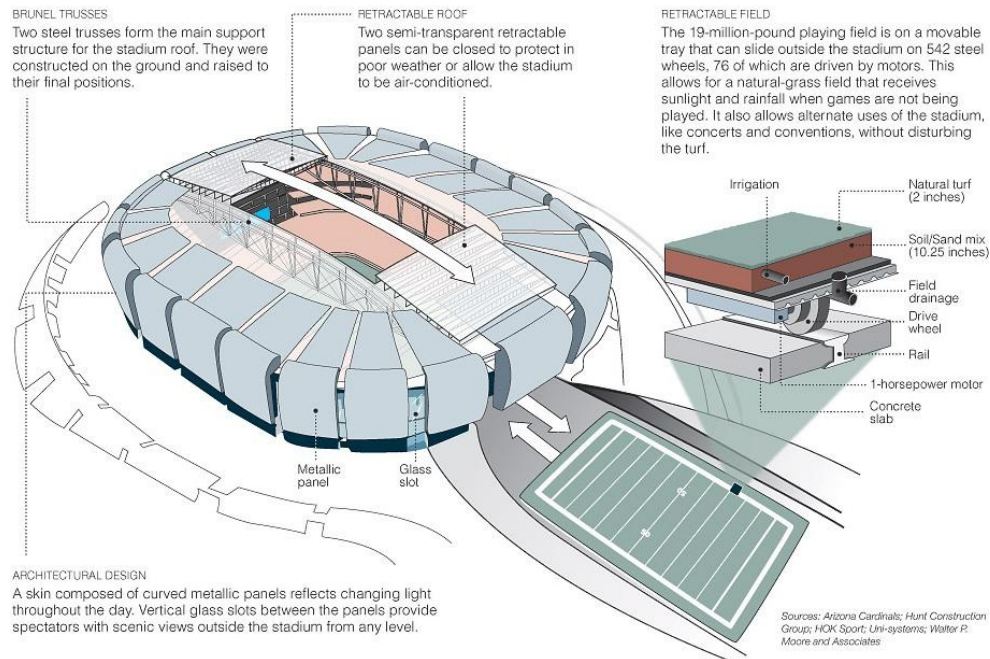
### 3.13.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Üst kısmı yuvarlatılarak tasarlanan bu stadyumda en uzun aksta her iki tarafında raylar bulunan ve karşıdan karşıya gerilmiş çelik halatlar ile birbirine bağlanarak bu raylar üzerinde hareket eden tekerlekli mekanizmadan oluşmaktadır. Üst örtünün şekli nedeniyle açılış ve kapanışında çelik halatlar üzerinde farklı gerilmeler oluşacağından dolayı her birinin hızının kontrollü olması gerekmektedir. Birbirinden tam bağımsız olarak hareket eden bu 16 mekanizma birbirlerine 4 cm kalınlığında çelik halatlarla bağlanmıştır. Saatte 46.661 km hızla ilerleyerek açılan çatı örtüsü sürekli denetiminin dışında mühendislerce ray sistemine uygulanan sekizli güvenlik ataşmanı ile takviye edilerek olumsuz durumlara karşı tedbir alınmıştır. Stadyumun gerçek çim olmasından dolayı çatı örtüsü kapalıyken de güneş ışığı alabilmesi için hafif, transparan ve pahalı örtü malzemeleri kullanılmıştır. Bu özellikleri sayesinde ortaya uygulaması pek hoş olmayan bir tasarım çıkmıştır (Frazer, 2005).



Şekil 3.39 Lineer yükün serbest bırakıldığı sistem (Frazer, 2005)

Cardinals Stadyumu 'nun bu devasa çatı örtüsü, 69 metre uzunluğunda yine devasa kolonlarla taşınmaktadır. Şekil 39 'da görüldüğü gibi kaplamasının ağırlığından gelen yükten dolayı güvenliğinden şüphe duyulan sistem basit bir mühendislik çözümüyle şöyle giderilmiştir; dörtlü kuvvetlendirilmiş bar sistemi gibi yükü doğrudan üzerine alarak bunu raya vermektense kaplama eğimi yönünde, kaplama eğimine paralel ve dik ekseninde hareket edebilen bir ara parça kullanılarak moment sıfıra indirilerek yükün raya aktarılması sağlanmıştır. Bu güzel eserin bir başka çarpıcı özelliği ise hareket edebilen oyun zemininin olmasıdır. Yani yine raylar üzerinde çalıştırılan sistem sayesinde drenaj ve sulama sistemleriyle birlikte oyun alanı stadyum dışına çıkabilmektedir (Frazer, 2005).



Şekil 3.40 Cardinals Stadyum'u yapısal özellikler anlatım şeması (The New York Times, 2010)

Tamamı 375 milyon dolar tutan stadyumun 75 milyon doları çatı kaplaması 2.5milyon doları da hareket edebilen zeminine harcanmıştır (Frazer, 2005).

### 3.14 Reliant Stadyumu (Houston, Texas, USA)

#### 3.14.1 Genel Özellikler

Tablo 3.14 Reliant Stadyumu genel özellikleri

Yapım Yeri	Houston, Texas, USA
Yapım Yılı	2002
Örtülen Alan	120,000m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	HOK Sport Architecture
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	35-155 metre
Hareket Süresi	10 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon, Öngerilmeli BA
Kaplama Malzemesi	PTFE Kaplı Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Katlanabilir Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Kablo Çekme Sistemi
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.14.2 Tasarım Yaklaşımı

Orijinal çatı sistemi, akordiyondan esinlenerek yapılan stadyumda tasarımcılar çatıyı iki bölümden oluşturmuşlardır. Bu bölümler Şekil 3.41’de gösterildiği gibi stadyumun en uzun aksının ortasından her iki yana doğru açılıp kapanabilmektedir.

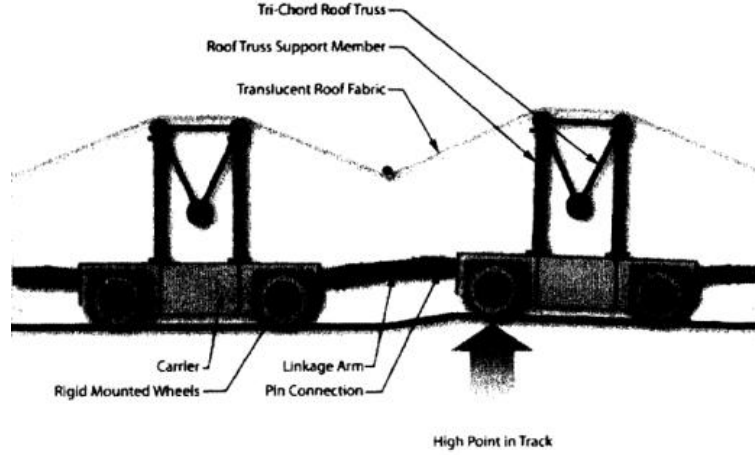


Şekil 3.41 Reliant stadyumu hareket matrisi (Reliant Stadium Aerial, 2010)

### 3.14.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

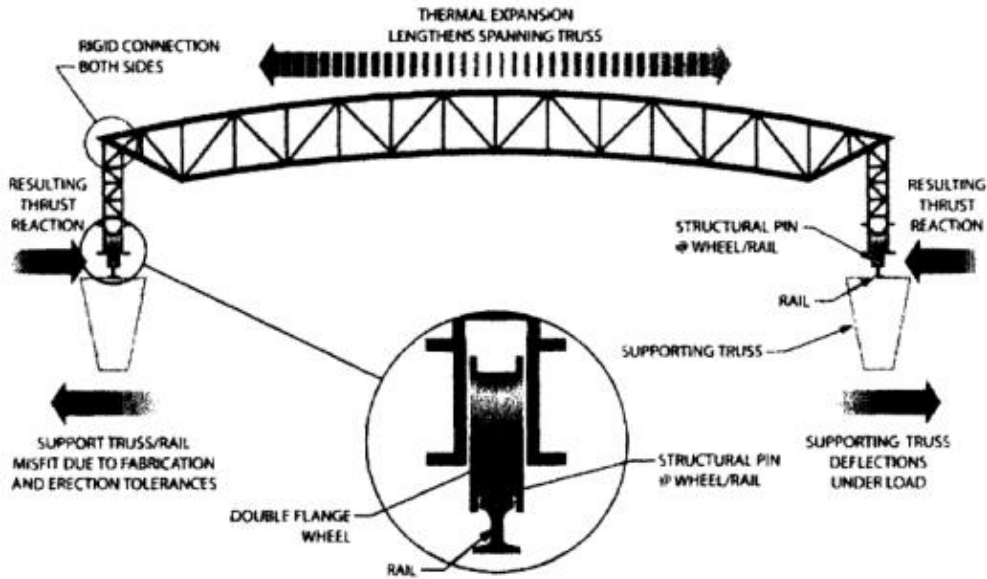
Üst örtünün tam açılımında birbirilerine uzaklıkları 97 metre olan ve toplamda 155 metre uzunlukta olan bu çatılar konvansiyonel ray sistemi üzerinde çalışmaktadır. Çatı, birbirine mesafesi 12 metre olan çekici ve taşıyıcı olarak tasarlanan araçlardan oluşmaktadır ve bu araçların çekici niteliğinde olanlarının herbiri 5 beygir gücüne sahip 80 tekerlekli bir sistemden kurulmuştur. Taşıyıcı nitelikteki araçlar ise 40 adet tekerleği bulunan ve çekiciler tarafından hareket ettirilen sistemlerdir. Teknik olarak bir tren mantığıyla kurulan bu raylı sistem yaklaşık 10 dakikada açılıp kapanmakta ve yaklaşık 1000 tona yakın yük taşımaktadır. Yüzeyi teflon-fiberglas kaplı çatı sistemi %25 transparan özelliğe sahiptir. Çatı örtüsü olarak alternatiflerine göre daha kaba, ağır ve opak bir malzeme olmasına rağmen mekanizmasının hareket kabiliyetinin gösterdiği performans Reliant Stadyumu ’nu öne çıkaran en önemli etkidir (Frazer, 2005).

Çatı sisteminde bu tasarımının diğer avantajlarından biri de, özel süspansiyon ve tekerlek tasarımına gerek duyulmamasıdır. Tüm çatının yükünü; doğru seçilen materyalle birbirine paralel iki ray üstünde yürüyen 4 tekerlek ve bu tekerlere bağlı birbirini çeken iki araç gibi basit ve kullanışlı bir sistemle bütünleştirmek esnek bir yaklaşım olmuştur.



Şekil 3.42 Süspansiyon sistem (Frazer, 2005)

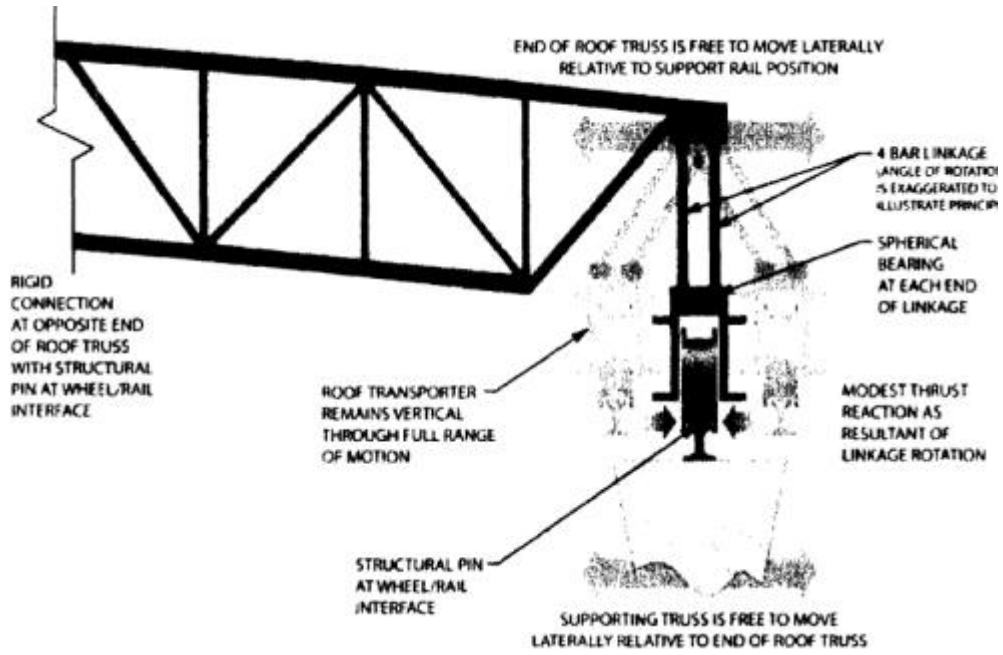
Yukarıda özelliklerinden bahsettiğimiz çatı sistemi; birbirinden bağımsız olarak oluşturulan 4 adet yüksek basınç dayanımlı betonarme kolon (C35/40) ve kendi ağırlığı dahil tüm yükleri zemin emniyet gerilmesinin altına indirgeyecek şekilde tasarlanan betonarme temeller sayesinde zemine aktarmaktadır.



Şekil 3.43 Çatı bağlantılarında makas tepkileri (Frazer, 2005)

Rüzgar yükünü ve sismik yükleri taşımak üzere tasarlanan çatı sistemi (Şekil 3.43) 'de kuvvet diyagramı ile gösterildiği gibi dış yüzeyine kavis verilmiş yüksek dayanımlı çelik taşıyıcı makas, bu makastan gelen yükleri raya iletir ve ucunda

tekerlek bulunan rijitliği artırılmış sehpa sistemi ve raydan oluşmaktadır. Şekil 3.44 'de gsterildiği üzere hareketli çatı sisteminin en uç kısımlarında ise; dörtlü kuvvetlendirilmiş bar sistemi ile sabitlendirilmiş anahtar makas, sistemi oluşturan diğer hareketli taşıyıcı makaslara ray üzerinde kılavuz görevi yapmaktadır. Hareketleri sırasında raydan ıkıkmamaları için tasarlanan bu makas, kaplamadan gelen yüklerin doğrudan raylara aktarılmasında yardımcı olmaktadır (Frazer, 2005).





Şekil 3.44 Dörtlü kuvvetlendirilmiş bar sistemi (Frazer, 2005)

Tamamı 427 milyon dolar tutan ve çatı kaplamasına 48 milyon dolar harcanan bu yapı hareketli çatı sistemlerinin gelişimine sağladığı katkılardan dolayı büyük önem arz etmektedir.

### 3.15 Miller Park Stadyumu (Milwaukke, ABD)

#### 3.15.1 Genel Özellikler

Tablo 3.15 Miller Park Stadyumu genel özellikleri

Yapım Yeri	Milwaukke, A.B.D.
Yapım Yılı	2002
Yapı Fonksiyonu	Beysbol Stadyumu
Örtünün Geometrisi	Yelpaze Formunda Geometri
Geçilen Açıklık	180 metre
Hareket Süresi	10 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Döner Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem
Üst Örtüden Görünüş	 

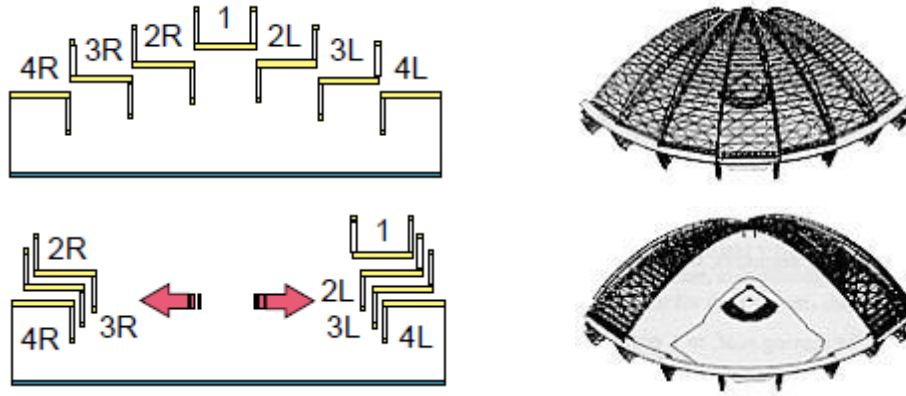


### 3.15.2 Tasarım Yaklaşımı

Miller Park Stadyumu 2002 'de beyzbol stadyumu olarak inşa edilmiştir. Tasarım yaklaşımı olarak hareketli çatı sistemi, bir noktadan eksenlenmiş 7 adet panelin yelpaze şeklinde düzenlenmesiyle oluşturulmuştur ve bu paneller çeyrek daire şeklinde pist boyunca hareket etmektedir.

### 3.15.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

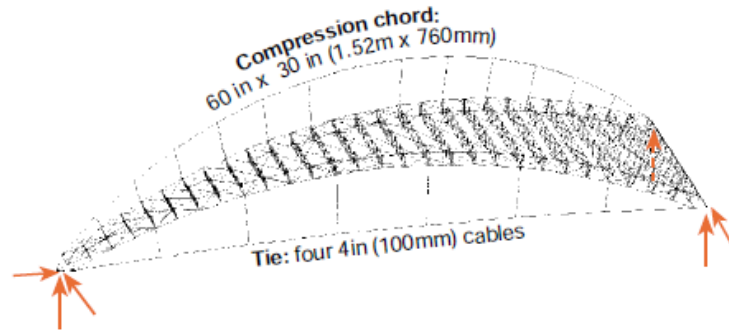
Bir noktadan eksenlenmiş 7 adet farklı boyutlardaki hareketli parçaların 4 adedi doğudan batıya doğru, 3 adedi ise batıdan doğuya doğru hareket etmekte ve küçükten büyüğe doğru birbirilerinin içerilerine geçerek çatının açılması sağlanmaktadır. Bu hareket edebilen parçaların en büyüğü kapatıldığında yapının kesit uzunluğuyla aynı ölçüde orta noktada durmaktadır. En büyük parçanın sağında ve solunda birbirlerine simetrik üçer adet daha parça yerleştirilerek plandan bakıldığında düzgün bölünmüş 7 adet dörtgensel örtü kaplaması elde edilmiştir (Jenkins, 2002).



Şekil 3.45 Hareketli çatı panellerinin strüktürel hareket konsepti (Jenkins, 2002)

Bahsi geçen parçaların her biri maksimum  $30^\circ$  'lik açılar üzerine eğilmiştir ve hareketli taraflarının üzerinde yürüyebilecekleri kılavuz raylar sayesinde hareketleri kontrol altına alınmıştır. Tasarımda sistemin bütün olarak dikey ve yatay yüklere karşı koyabilmesi için her parçanın aksı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hareketli uçlarda bulunan tekerler raylar üzerinde kontrol dışı durumlara karşı bojjilerle ve süspansiyonlarla güçlendirilerek güvenlik üst düzeye çıkarılmıştır. Taşıyıcı kılavuz

raylar ise iki ana kolona ankrajlanmış çelik platformlarla sabitlenmiştir. Ayrıca hareketli paneller stadyum boyunca hemen hemen 180 m ölçülerinde ve en yüksek 990 cm yüksekliğine ulaşabilmektedir (Jenkins, 2002).



Şekil 3.46 Hareketli çatı paneli tipik kafesi (Jenkins, 2002)



Şekil 3.47 Hareketli çatı panelleri pivot çerçeve (Jenkins, 2002)



Şekil 3.48 Hareketli çatı panelleri ray kirişi (Jenkins, 2002)

### 3.16 Toyota Stadyumu (Toyota, JAPONYA)

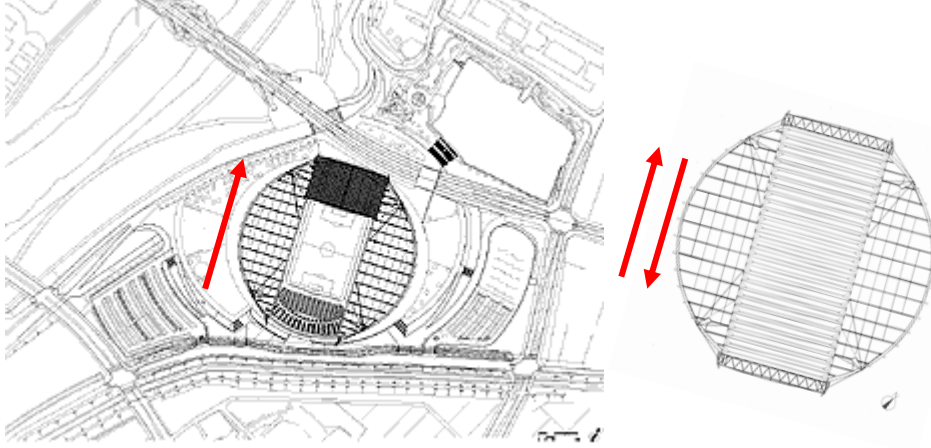
#### 3.16.1 Genel Özellikler

Tablo 3.16 Toyota Stadı Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Toyota, Japonya
Yapım Yılı	2001
Örtülen Alan	5730 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Kisho Kurokawa Architect
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	90 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon, Öngerilmeli BA
Kaplama Malzemesi	PVC Kaplı Polyester, 'polyvinylidene fluoride' membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Dik Yönde Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	Pinömatik Torbalar 
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.16.2 Tasarım Yaklaşımı

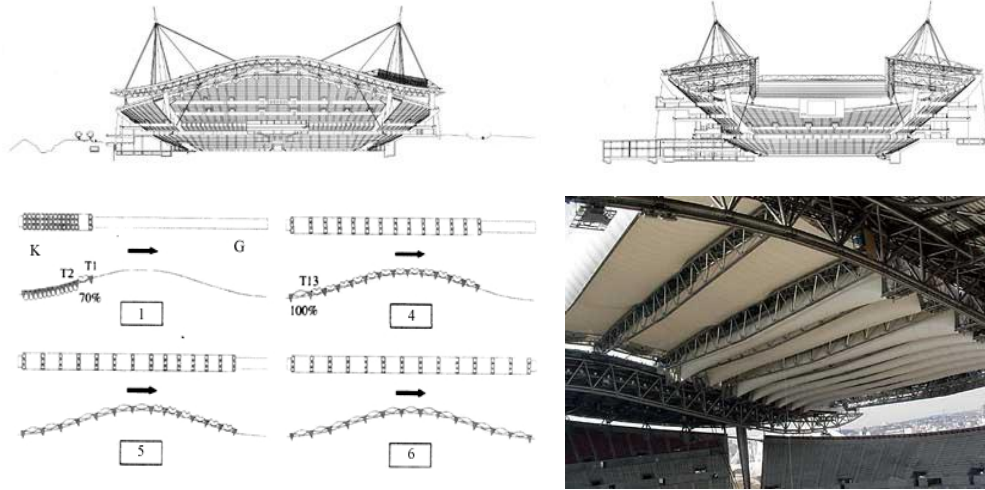
Toyota Stadyumunda global standartlar ve yerel kimlik planlamaları etkilemiş, Japonya 'daki geleneksel çatı formları soyutlanarak kullanılmıştır. Tasarım yaklaşımı olarak dairesel bir plan ve çatının açılan bölümlerinde dikdörtgenler gibi basit geometrik formlar ileri teknoloji ve geleneksellik harmanlanarak kullanılmıştır. Çatıların şekli, doğal güneş ışığının sahaya doğrudan gelmesini sağlayacak ve çatıların tamamı açılmış olduğunda dahi seyircilerin bulunduğu bölümün üstü %100 kapalı olacak şekilde oluşturulmuştur (Kurokawa, 2002).



Şekil 3.49 Toyota Stadyumu üst örtüsü hareket konsepti (Hammond, 2012)

### 3.16.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çatı strüktürü 4 adet geniş gemi direği tarafından asılmıştır. Bu geniş gemi direkleri, oturma alanlarını örten kirişleri destekler niteliktedir. Bu asılı iki çatı strüktürü arasında, tek başına katlanarak hareket edebilen bir çatı strüktürü yer almaktadır. Çatı strüktürü membran malzeme olup şişirilmiş bireysel torbalardan oluşmaktadır. Bu torbalar doğal oyun alanı üstünde çatıyı kapatmak için teker teker şişirilebilmektedir. Hareketli çatıda bu şekilde yapılan tasarım, tüm strüktür ağırlığını mimari bir kaygıyla azaltmaktadır; fakat kuvvetli rüzgarlar sebebiyle strüktür bakımı için detaylara ihtiyaç duyulmaktadır (Hammond, 2012).



Şekil 3.50 Çatının hareket aşamaları (Hammond, 2012)

Membranlarla desteklenen 92 metrelik kirişlere 70 KW 'lık elektrik motorları tarafından güç sağlanmaktadır. Her bir kirişin çekicileri, birbirine paralel iki demir ray üzerinde hareket ettirilmektedir. Çift katlı membran yüzeyler, çatı kirişleri arasına yerleştirilmiş bir kompresör kullanılarak şişirilmektedir. Esas hareketli çatı kirişleri arasındaki membran torbaların kenarları 6 metre derinliğindeki kirişlerin bağlanmasıyla oluşan hareketli çerçeveler tarafından kontrol edilmektedir. Termik ve deprem yükleri altında çatı hareketini sağlamak için kiriş bağlantılarında bir yanıl yay amortisör düzenlemesi uygulanmıştır (Lyle, 2005).





Şekil 3.51 Çatının hareket aşamaları (Lyle, 2005)

### 3.17 Oita Stadyumu (Oita, JAPONYA)

#### 3.17.1 Genel Özellikler

Tablo 3.17 Oita Stadyumu genel özellikleri

Yapım Yeri	Oita, Japonya
Yapım Yılı	2001
Örtülen Alan	29000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Kisho Kurokawa Architect
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Oval Formlu Geometri
Geçilen Açıklık	Yaklaşık 160 metre
Hareket Süresi	15 dakika
Taşıyıcı Sistem	Tek Katmanlı Çelik Kabuk Strüktür
Kaplama Malzemesi	Kompozit Plastik Levha (Teflon)
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Kablo Çekme Sistemi
Üst Örtü Görünüşü	 

### 3.17.2 Tasarım Yaklaşımı

Oita Stadyumu 2002 dünya Kupası için tasarlanmıştır, ancak 2008 'de Japonya'da düzenlenen Atletizm Şampiyonası'nın ikinci turuna uygun bir şekilde büyütülmüş, büyük ölçekli çok amaçlı bir spor alanı haline getirilmiştir. Strüktürel form olarak küre seçilmesiyle stadyum üst örtüsü tamamen açılabilir. Ayrıca hareketli panellerin de strüktürel formla eş eğrilikte olmasıyla hareket esnasında yapı formunda bir değişiklik olmaması amaçlanmıştır. 'Big Eye' adıyla da bilinen bu yapı, formsal ve strüktürel olarak tıpkı bir göz gibi hareket etmektedir.

### 3.17.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Yapı strüktürünü oluşturan eğilmeye çalışan eğrisel omurga kirişleri üzerinde hareketli çatı panelleri yavaş yavaş hareket etmektedir. Bu hareketli paneller altta bir vinç elemanına sahip kablo elemanlar yardımıyla yukarıya çekilmektedir.



Şekil 3.52 Stadyum üst örtü hareketi (Lightweight Retractable Membrane Roof Multipurpose Stadium - Oita Stadium "Big Eye", 2012)

Oita stadyumunun eğrisel çatısı, iki katmanlı bir strüktüre sahiptir. Birinci katman sabit ve güçlendirilmiş beton pilonlara yaslı, titanyumla kaplanmış kemer strüktürlerden oluşmaktadır. Boru şeklindeki kemerli strüktür bu proje için inşaat alanı büyüklüğünden kaynaklı olarak en makul çözümdür. İkinci katman ise az bir bakım gerektiren basit bir sistemden oluşan, iki ray üzerinde kayarak hareket edebilen iki adet yarım ay biçimindeki eliptik formlu kabuklardır (Sharp ve Kobayashi, 2002).

Her bir kaburga diğer kaburgalardan farklı bir eğriliğe sahiptir ve her bir kablo eleman diğer kablolardan farklı bir yüke sahiptir. Oita Stadyumunun hareketli panelleri, yükleri hesaplayabilen ve kontrol edebilen gelişmiş bir teknoloji ile bilgisayar tarafından güçlendirilmiş dış kablolar tarafından desteklenmektedir (Sharp ve Kobayashi, 2002).



Şekil 3.53 Farklı eğriliklere sahip kaburgalar (Oita Stadium Lighting at the “Big Eye”, 2012)



%25 ışık geçirgenliği olan ultra modern teflon membran panellerin kullanımıyla gündüz saatlerinde yapay ışıklandırma ihtiyacı giderilmiştir. Ayrıca sahanın gün ışığı alması açısından eliptik çatı kuzey-güney aksı boyunca açılmaktadır (Kurokawa, 2002).



### 3.18 Minute Maid Park (Houston, Texas, US)

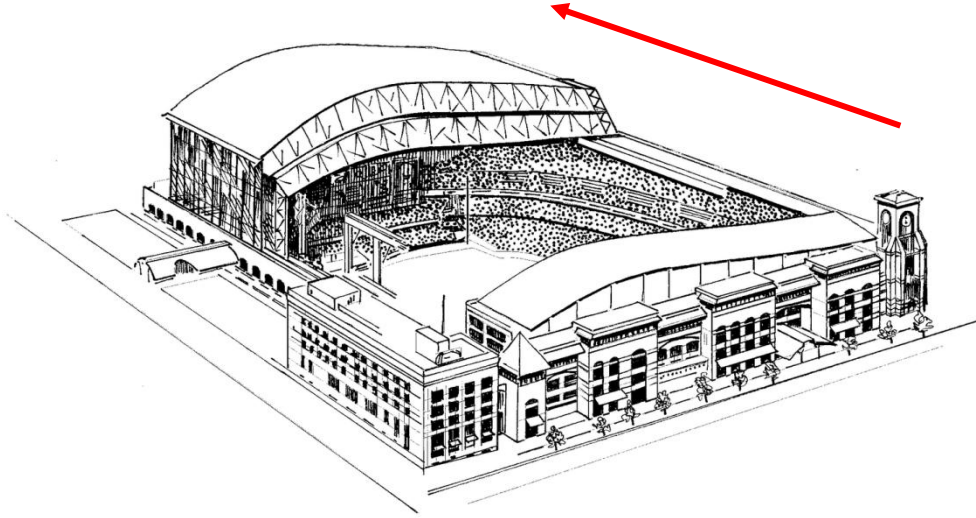
#### 3.18.1 Genel Özellikler

Tablo 3.18 Minute Maid Park genel özellikleri

Yapım Yeri	Houston, Texas, United States
Yapım Yılı	2000
Örtülen Alan	33000 m2
Mimari Tasarım	HOK Sport Architecture
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	165 metre
Hareket Süresi	12-20 Dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Poliüretanla Kaplanmış Çelik Panel
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.18.2 Tasarım Yaklaşımı

Minute Maid Park'ın 2000 yılında açılmasıyla birlikte yerli misafirler 35 yıldır ilk kez bunaltıcı sıcak olmadan ve ülkenin tehlikeli kasırga koşullarından korkmadan beysbol maçı izleyebilmiştir. Çünkü Minute Maid Park'ın çatısında, olumsuz hava koşullarına karşı insanları zor durumda bırakmayan hareketli strüktürler benimsenmiştir.



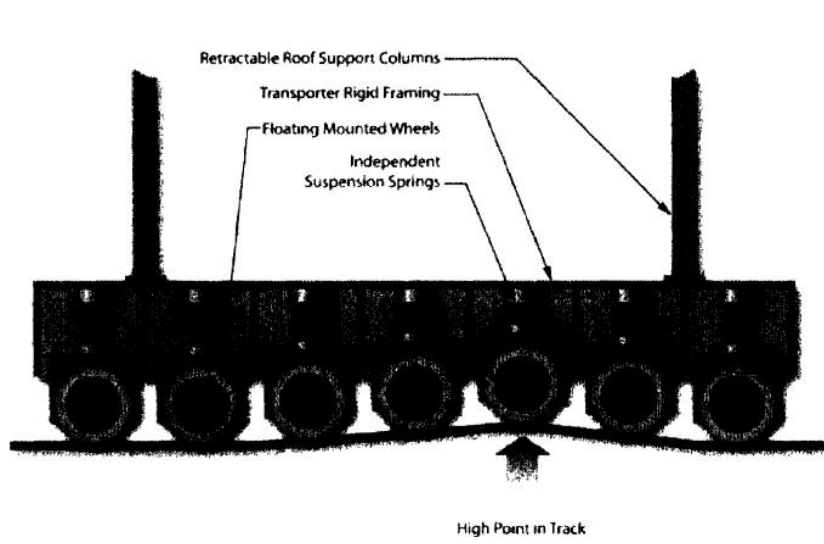
Şekil 3.54 Minute Maid Park çatısı hareket konsepti (Minute Maid Park, 2011)

### 3.18.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

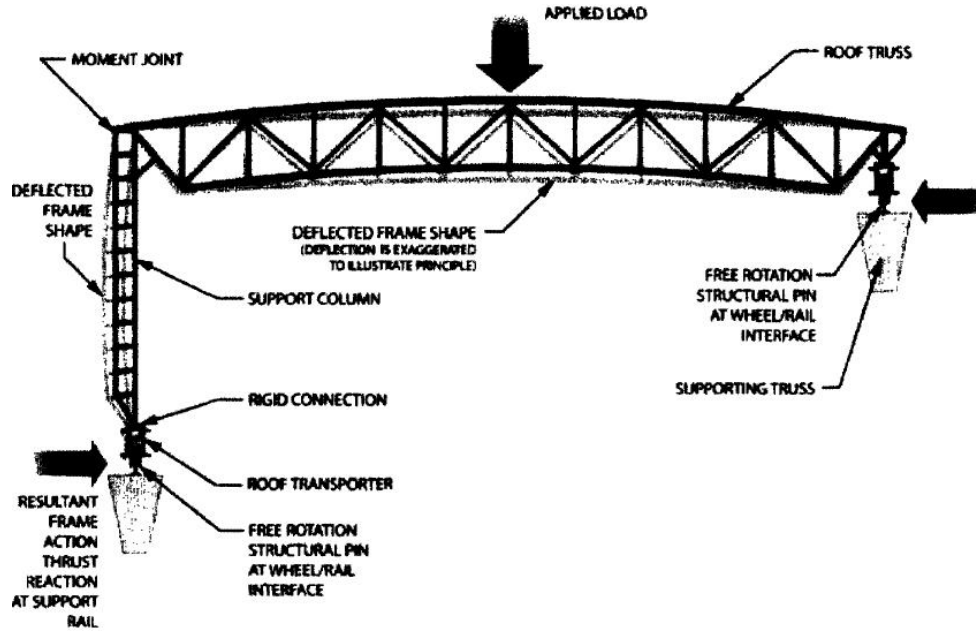
Minute Maid Park çatı sisteminde 3 panele sahiptir. Merkezde 100 metre genişliğinde bir panel ve bu panelin altında 50 metre genişliğinde, kenarlarından stadyum boyunca 233 metre mesafede kayma hareketine sahip iki panelden oluşmaktadır.

Minute Maid Park'ın çatısında süspansiyon sisteme sahip hareket mekanizması kullanılmıştır. Çünkü çatı; termal etkiler, bina toleransı veya diğer etkiler sonucu çatı panelleri üzerindeki çelik raylarda oluşacak hareket için uygun yüksekliklerde noktalara sahiptir ve bunun sonucunda çatı yükünden kaynaklı bireysel basınçları önlemek için süspansiyon sistem içeren mekanizmalar gereklidir. Bu süspansiyon sistemde bağımsız tekerleklerin süspansiyon mekanizması söz konusudur. Yani bir

araya toplanmış 140 adet tekerleğin dikey hareketinin kontrolü söz konusudur. Kullanılan bu sistemde çatı yükü strüktürde tamamen yayılmasına karşın eksen giriş süspansiyon sistemine kıyasla daha zor ve pahalıdır. Minute Maid Park için taşıyıcı montajlar sadece 2,5 metre derinliğinde olup çatı ağırlığı yaklaşık olarak 9000 ton kadardır (Frazer, 2005).

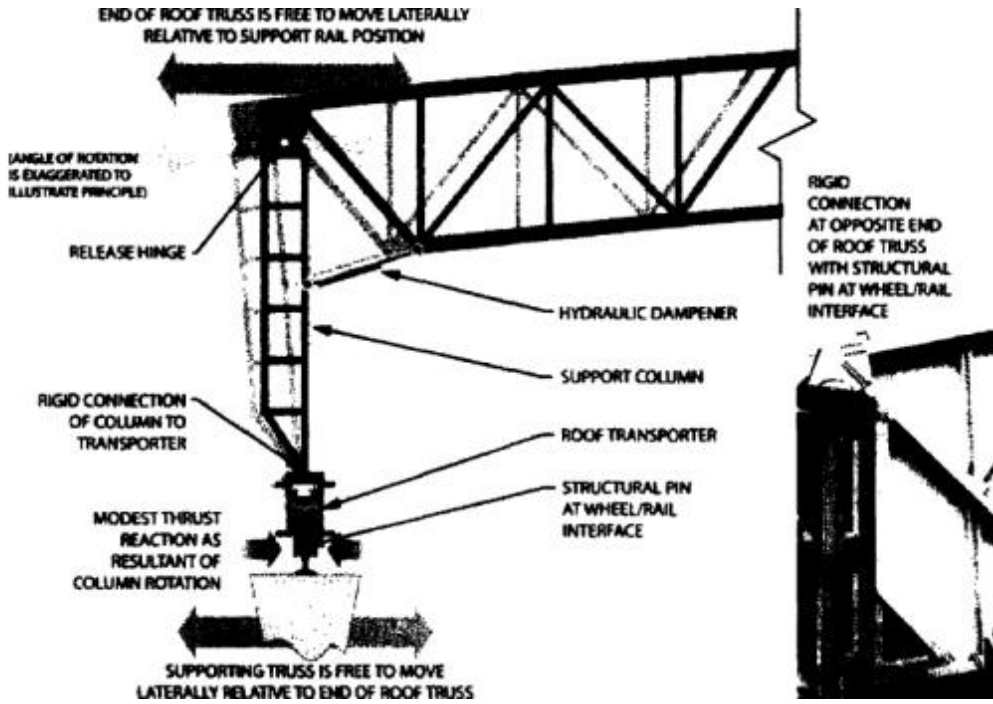


Şekil 3.55 Bağımsız tekerleklerin süspansiyon mekanizması (Frazer, 2005)



Şekil 3.56 Sabit bağlantı noktalarıyla makasın tepkimeleri (Frazer, 2005)

Yukarıda ki şekil, sistem boyunca çatı yükünün yayılmasını ve desteklerle sonuç etkiyi göstermektedir. Uygun moment bağlantılarıyla çatının her iki kenarında da problemler çıkmakta ve yatay saptırılma kontrolleri ile veya da aşağıda ki şekilde gösterildiği gibi yüklerin transferiyle sorunlar çözümlenmektedir. Aşağıdaki şekilde çatıda her bir makas için, harekete geçirilmiş sistem doğrultusunda hareketli bir menteşe ve hidrolik amortisör kullanılmıştır.



Şekil 3.57 Menteşe ve hidrolik amortisörle serbest bırakılmış sistem(Frazer, 2005)

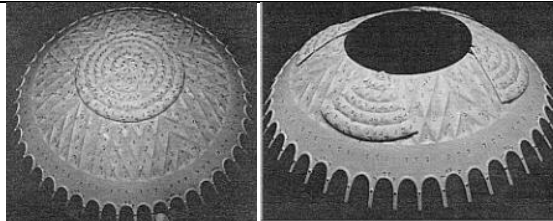
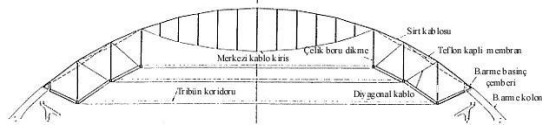
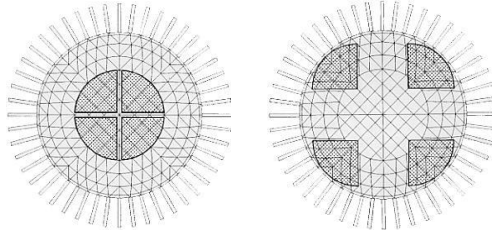
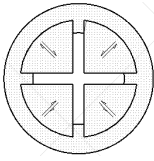
Yapı toplamda 277 milyon dolara tamamlanmıştır ve bu tutarın 32 milyon doları çatı masraflarına ait iken; 7,5 milyon doları ise sadece hareket mekanizmasına aittir.

### 3.19 Pusan Dome (Pusan, KORE)

#### 3.19.1 Genel Özellikler

Tablo 3.19 Pusan Dome genel özellikleri

Yapım Yeri	Pusan, Kore
Yapım Yılı	2000
Örtülen Alan	12,290 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Space Group
Yapı Fonksiyonu	Futbol Sahası
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Geçilen Açıklık	128 metre
Hareket Süresi	15 dakika
Taşıyıcı Sistem	Kablo Ağ
Kaplama Malzemesi	PTFE Kaplı Cam Lifi membran
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Dışlı Sistem
Üst Örtüden Görünüş	
Not	2002 Dünya Futbol Şampiyonası için tasarlanan bu çatı, tasarım ve strüktürel projesi tamamlandığı halde yetiştirilemediği için yapılamamıştır.



### ***3.19.2 Tasarım Yaklaşımı***

2002 Dünya Futbol Şampiyonası için tasarlanan Pusan Dome, o zamana kadar yapılmış olan ağır taşıyıcılara sahip tasarımlardan farklı olarak hafif bir alternatiftir. Pusan Dome, tasarım ve strüktürel projesi tamamlandığı halde yetiştirilemediği için yapılamamıştır. Üst örtü tasarım yaklaşımında ise taşıyıcı kurguda hareketli, kayar hareket özelliği kullanılmıştır.

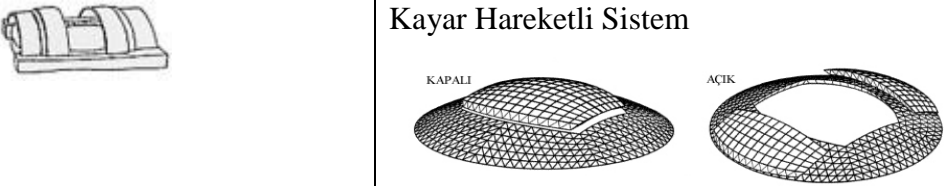
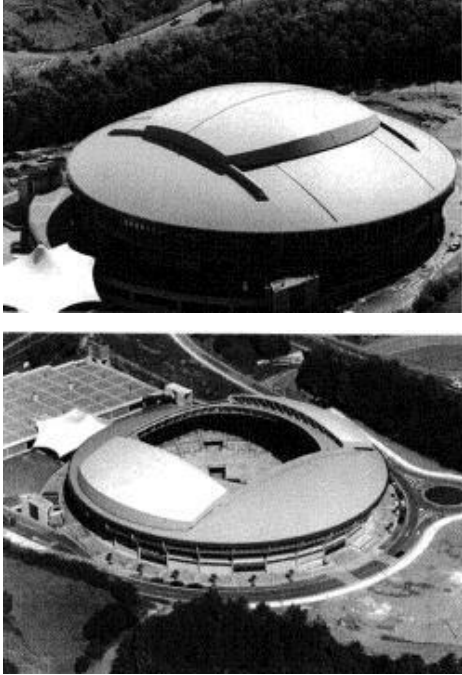
### ***3.19.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri***

Pusan Dome; en altta betonarme kabuk strüktür, bu betonarme kabuk strüktürün üstünde bir halka şeklinde sabit gergi kubbe ve en üst kısımda ise yaprak şeklinde 4 adet hareketli panelden oluşmaktadır. Bu hareketli paneller, üst kablo kirişlere bağlı özel olarak tasarlanmış raylar üzerinde hareket etmektedir. Rüzgarın kaldırma kuvveti ve yerçekimine karşı panellerin hareketlerinin etkilenmemesi için kılavuz raylar kanal şeklinde düşünülmüştür. Hareketli paneller, uç noktaları merkezde birleşecek şekilde hareket ederek kapanmakta ve yine bu merkezden ışınsal olarak uzaklaşarak açılmaktadır (Özge, 2004).

### 3.20 San Sebastian Çok Amaçlı Merkez (San Sebastian, İSPANYA)

#### 3.20.1 Genel Özellikler

Tablo 3.20 San Sebastian Çok Amaçlı Merkez genel özellikleri

Yapım Yeri	San Sebastian, İspanya
Yapım Yılı	1999
Örtülen Alan	1300 m <sup>2</sup>
Yapı Fonksiyonu	Çok Amaçlı Merkez
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	50 metre
Hareket Süresi	12 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Alüminyum Profillerde Polikarbonat Örtü
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
	
Hareket Mekanizması	Dişli Sistem
Üst Örtüden Görünüş	

### 3.20.2 Tasarım Yaklaşımı

İspanya 'da 1999 yılında inşa edilen San Sebastian Stadyumu öncelikle boğa güreşleri için olmak üzere çok amaçlı kullanıma sahip bir stadyum olarak tasarlanmıştır. Tasarım yaklaşımı olarak taşıyıcı kurguda hareketli kayar hareket özelliğine sahip hareketli çatı uygulanmıştır.



Şekil 3.58 San Sebastian Stadyumu hareketli çatı hareket matrisi (Plaza de Illumbe, 2012)

### 3.20.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

San Sebastian Stadyumu hareketli çatısı 101.3 metre çapa, 60 ton ağırlığa ve her bir hareketli panel ile 1300m<sup>2</sup> örtme alanına sahip yarım küresel formda bir çatıdır. Bu hareketli çatı bir adet sabitlenmiş ve iki adet kayar hareket özelliğine sahip olmak üzere toplamda üç parçadan oluşmaktadır.



Şekil 3.59 San Sebastian Stadyumu çatı strüktürü (Plaza de Illumbe, 2012)



Sabit kısmın strüktürü çift tabakalı bir uzay çerçevesinden oluşmaktadır ve birbirine paralel olarak yapılmış ray sistemi bu uzay çerçeve üzerine arada kaplama malzemesi olacak şekilde yerleştirilmiştir. Hareketli paneller ise bu sabit parçanın üzerine oturtulmuş uzay çerçevesinden oluşmaktadır ve birbirine paralel raylar üzerinde ileri geri hareket edebilmektedir (Irisarri, Martinez ve Goni, 2009).



Şekil 3.60 Sabit ve hareketli çift tabakalı uzay çatı strüktürü (Plaza de Illumbe, 2012)

Hareket mekanizmasında kontrol sistemi, stadyumun her iki yakasında yer alan kılavuz raylar üzerinde bulunan bojiler ile konumlarını kendi kendilerine kablosuz iletişimle kontrol merkezine bildiren bilgisayar destekli 8 elektromotorlu araç mekanizması ile sağlanmıştır (Irisarri, Martinez ve Goni, 2009).



Şekil 3.61 Kılavuz raylar üzerinde panellerin hareketi (Plaza de Illumbe, 2012)

### 3.21 Cardiff Millennium Stadyumu (Cardiff, Galler, BİRLEŞİK KRALLIK)

#### 3.21.1 Genel Özellikler

Tablo 3.21 Cardiff Millennium Stadyumu genel özellikleri

Yapım Yeri	Cardiff, Galler, Birleşik Krallık
Yapım Yılı	1999
Örtülen Alan	9600 m2
Mimari Tasarım	HOK Lobb Architect
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	80 metre
Hareket Süresi	20 dakika
Kule Yüksekliği	83,7 metre
Taşıyıcı Sistem	Kablo ve Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Alüminyum Levha
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Hidrolik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	  

### 3.21.2 Tasarım Yaklaşımı

Wales kentinde 1999 'da Ragbi Dünya Kupası için inşa edilen Cardiff Millennium Stadyumu çok amaçlı kullanıma sahip bir yapıdır. Toplamda 26,862 m2 alana sahip olan yapının 8,960 m2 'si hareketli çatıya aittir. Ayrıca çatıyı destekleyen 93 metre yüksekliğinde 4 adet direk bulunmaktadır. Tasarım yaklaşımı olarak taşıyıcı kurguda hareketli kayma hareket özelliğine sahip hareketli çatı sistemi uygulanmıştır.

### 3.21.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çatı yapı köşelerinde dört adet direk tarafından desteklenmektedir. Hareketli çatı için 76\*55m boyutlarında kayar hareket özelliğine sahip iki adet rijit çatı paneli vardır ve bu panellerin her biri beşer adet çatı makasından oluşmaktadır. Çatı açılış ve kapanış hareketini sağlayan sürgülü mekanizma yaklaşık 220 metre uzunluğunda ve 15 metre yüksekliğindedir. 220 metre uzunluğundaki makas kirişler, köşedeki direklerden kablolarla desteklenmektedir. Makaslar, hareketli çatıyı destekleyen sürekli hareket kirişleri için rijitlik ve destek sağlamaktadır. Köşedeki 4 adet direk tarafından oluşturulan çatı strüktürü askılaması, her iki düzeyde de yanal dengeyi oluşturmak ve hareketli çatı yükleri burulma etkilerine direnmek için gereklidir. Direkler bir fabrikasyon çelik germe odasının üzerine oturup beton dolgulu çelik borular olan bir çift alt kolondan oluşmaktadır. Kablolar direklerden gelen gergi sistemi ile temel kirişleri desteklemektedir (Millenniumstadium, 2011).



Şekil 3.62 Hareketli çatının makas kirişler ve askılarla strüktür çözümü (Millennium Stadium, Cardiff, 2011)

Ayrıca hareketli çatı 8.000 ton ağırlığında olup çatının ağırlığı, çapı 15 mm olan 4700 ‘den fazla tel tarafından taşınmaktadır. Bu teller toplamda 150 mil uzunluğa ve 200.000 somun ile cıvataya sahiptir.

Çatı açılış ve kapanış hareketleri, sekiz adet hidrolik vinç tarafından gerçekleştirilmektedir ve bu vinçlerin her biri hız kontrolü sağlamak için oransal valf ile donatılmıştır. Vinçlerin hızı, ayrıca uyum kontrolü ve kayma alarmlarını başlatmak için kullanılan kodlayıcılar tarafından kontrol edilmektedir. Mevcut sistem için genel kontrolü, eski bir Modicon Atrium programlanabilir kontrolör tarafından sağlanmıştır. Bu kontrolörler için biri 15 inç ‘lik vinç üniteleri kullanılmıştır. 20 dakikada hareketini tamamlayabilen çatı, yılda yaklaşık 2,54€ elektrik maliyeti oluşturmaktadır (Millenium Stadium, SCADA Solution, 2011).



Şekil 3.63 Hareketli çatı panellerinde kayma hareket özelliğiyle açılma (Parkour At Millenium Stadium, 2011)

### 3.22 Acil Hizmetler Merkezi ve Pfalz Keller Galeri (Sankt Gallen, İsviçre)

#### 3.22.1 Genel Özellikler

Tablo 3.22 Acil Hizmetler Merkezi ve Pfalz Keller Galeri genel özellikleri

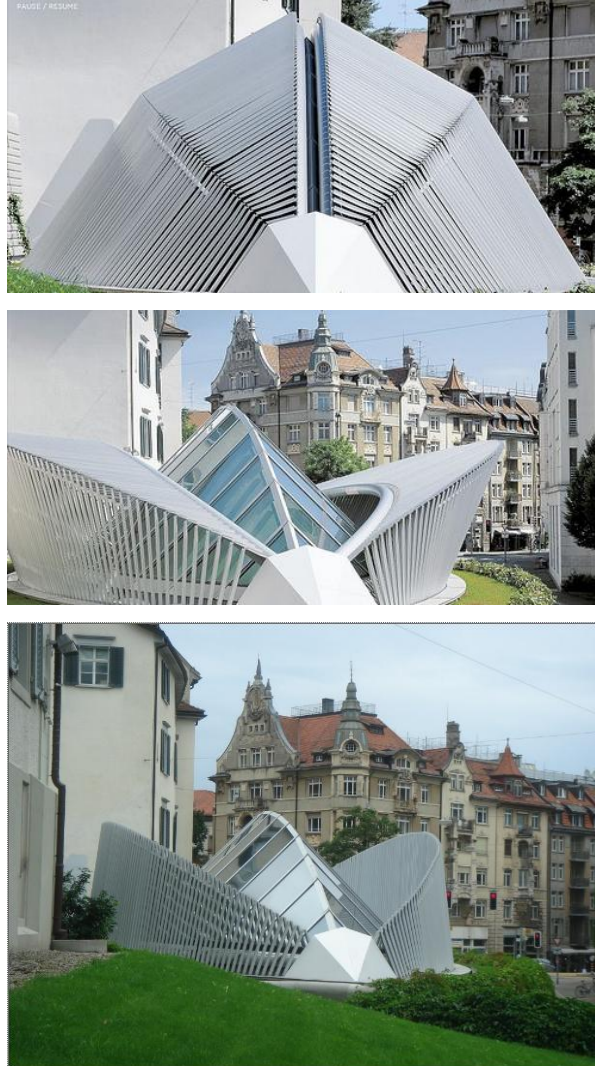
Yapım Yeri	Sankt Gallen, İsviçre
Yapım Yılı	1998
Mimari Tasarım	Santiago Calatrava
Yapı Fonksiyonu	Sağlık Yapısı
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Cam Yüzey
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Katlanır Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Hidrolik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

#### 3.22.2 Tasarım Yaklaşımı

Calatrava'nın katlanabilir strüktür konsepti, acil servis merkezinin çatısı için daha fazla geliştirilmiştir. Bu projede tüm çalışmalar, Dünya miras yeri olarak bilinen Unesco'nun tarihi kimliğine saygı göstererek yapılmıştır. Acil hizmetler merkezi ve Pfalz Keller galeride yeraltında yarım daire biçiminde konser, kütüphane, konferans, sergi için bir alan; hemen bitişiğinde şarap mahzeni ve yanında bir manastır; bir sanat galerisi, manastırın yanından ve bir yeraltı geçidiyle erişilebilen bir mahkeme alanı bulunmaktadır (Alexander, 2004).

### 3.22.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çevreye uyumlu bir yapı olan bu projede bina kütlesi yeraltında bulunurken mekanik bir kaburgadan oluşan hareketli çatı sistemi toprak kotunda yer almaktadır. Hareketli kaburgalar güçlü teknolojik karakterlere sahip olmasına rağmen, iç kısımda bulunan ve bu kaburgalar ile çevrelenmiş cam elemanlarla bir uyumsuzluğa neden olmamaktadır. Güçlendirilmiş cam elemanlar 7 cm kalınlığında olmakla birlikte, 7 ton ağırlığındaki çatıyı kaldırabilmektedir. Bu cam elemanlar, kendi kendilerini sadece strüktür kaburgalarının eğilmiş sırtlarıyla destekleyebilmektedir. Çünkü bu çatı sistemi, merkezde elektrik kontrol sistemi ile ışık ve iklimlendirme kontrol sistemi için gerekli olan boşluğu kaplamakta ve korumaktadır (Alexander, 2004).




Şekil 3.64 Üst örtü hareket matrisi (Alexander, 2004)

### 3.23 Bank One Ball Park (Phoenix, Arizona, ABD)

#### 3.23.1 Genel Özellikler

Tablo 3.23 Bank One Ball Park genel özellikleri

Yapım Yeri	Phoenix, Arizona, ABD
Yapım Yılı	1998
Örtülen Alan	84000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Ellerbe Becket
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	208 metre
Hareket Süresi	5 Dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon, Öngerilmeli BA
Kaplama Malzemesi	PTFE Kaplı Membran
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Kablo Çekme Sistemi
Üst Örtü Görünüşü	

#### 3.23.2 Tasarım Yaklaşımı

Bank One Ball Park 1998’de futbol, basketbol, beyzbol spor alanları olarak ve bunların yanı sıra konser, festival gibi aktivitelerde kullanılmak üzere mimar Ellerbe Becket tarafından tasarlanmıştır. Çatının rahat ve sürekli açılabilmesi için yapı formu dikdörtgen özellikte inşa edilen bu yapı yaklaşık 81 metre yükseklik ve 405 metre uzunluğa sahiptir.

### 3.23.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Bank One Ball Park 'ta çatı sistemi, iki adet teleskobik kesitten oluşmaktadır. Yüzey genişliği 208 metre ve 222 metrekare olan altı eşit hareketli panele sahiptir. Bu paneller, bazı noktalarda 16 ila 20 metreye kadar uzanan derinliklere sahip makaslarla desteklenmektedir. Çatının her kenarı bağımsızdır ve böylelikle gün ışığını isteğe göre maksimum ve minimum seviyelerde alabilmek için sürekli açılıp kapanabilmektedir. Hareket mekanizması, raylara dayanan panellerin ucundaki çarklardan ve iki adet 200 beygir gücündeki motorun 6,5 km çelik kabloyu çalıştırmasıyla oluşmaktadır. 6,900 ton ağırlığındaki çatı, her bir çark başına 100 bin fazla basınç yapılmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu sistem 5 dakikada açılıp kapanabilmektedir (Frazer, 2005).



Şekil 3.65 Bağımsız çatı panelleri (Frazer, 2005)

Bank One Ball Park'ta iklimi kontrol edebilmek için, içeriğinin sıcaklığını 4 saatte 100 F dereceden 30 F dereceye düşürebilecek 8,000 tonluk klima etkisine sahip güçlü soğutma sistemleri kullanılmıştır. Bu proje 354 milyon dolara tamamlanmıştır ve bunun 70 milyon doları çatı masraflarına aittir.



### 3.24 Rothenbaum Merkez Kortu (Hamburg, ALMANYA)

#### 3.24.1 Genel Özellikler

Tablo 3.24 Rothenbaum Merkez Kortu Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Hamburg, Almanya
Yapım Yılı	1997
Örtülen Alan	3200 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Schweger & Partner
Yapı Fonksiyonu	Tenis Stadyumu
Örtünün Geometrisi	Oval Geometri
Geçilen Açıklık	64 metre
Hareket Süresi	5 Dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Kablo Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PVC Polyester Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	Vinçli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.24.2 Tasarım Yaklaşımı

8500m<sup>2</sup> büyüklüğündeki oval yapıya sahip merkez kortun çatısında; tribünlerin üstü konsol çelik kirişlerle sabit olacak şekilde, 3200 m<sup>2</sup> 'ye sahip oyun alanın üstü ise hareketli olacak şekilde inşa edilmiştir. 1997 'de inşa edilen Rothenbaum Merkez Kortu üst örtüsünün hareket yaklaşımında; destek strüktürü sabit örtü malzemesinde hareketli sistem, taşıyıcı sistem merkezine doğru hareket özelliği uygulanmıştır.

### 3.24.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Rothenbaum Merkez Kortu üst örtüsünün revize edilmesiyle uygulanan bu çatıya, eski çatısı sökülerek betonarme aksının üzerine çelik kirişlerin konsol şekilde yerleştirilmesinin ardından oyun alanın üst kısmı çelik halatlar ve %10 transparan özellikli PVC polyester hareketli membranla kaplanmıştır (Rothenbaum Tennis Centre Court, 2012).



Şekil 3.66 Rothenbaum Merkez Kortu üst örtüsü hareketli çatısı (Rothenbaum Tennis Centre Court, 2012)

Karşılıklı gerdirilen 18 farklı altlı üstlü iki sıralı çelik halatlardan üst kısımdakiler membranın ve membran saklama haznesinin taşıyıcısı olarak, alt kısımdaki halatlar ise membranın açılıp kapanmasına yardımcı kılavuzlar olarak tasarlanmıştır. Kılavuz halatlar üzerinde hareket eden 18 adet 5.5kW gücündeki motorların çektiği ve yardımcı olarak kullanılan 124 taşıyıcı araçtan oluşan sistem, diğer güvenlik ekipmanları ile güçlendirilmiştir. Kılavuz halatlar üzerinde çekici motorların halat boyunca ilerlemesi ile açılır-kapanır hale gelen membran örtünün taşıyıcı araçları,

birbirlerine olan mesafelerini membranın çekme yüküne göre ayarlayabilmekte böylece en ideal kapanma sağlanmaktadır (Center Court Roof, 2012).



Şekil 3.67 Membran üst örtünün kılavuz halatlar üzerinde hareketi (Rothenbaum Tennis Centre Court, 2012)



Şekil 3.68 Membranı taşıyan çelik halatlar ile harekete yardımcı kılavuz halatlar (Rothenbaum Tennis Centre Court, 2012)

### 3.25 Komatsu Dome (Miyazaki, JAPONYA)

#### 3.25.1 Genel Özellikler

Tablo 3.25 Komatsu Dome genel özellikleri

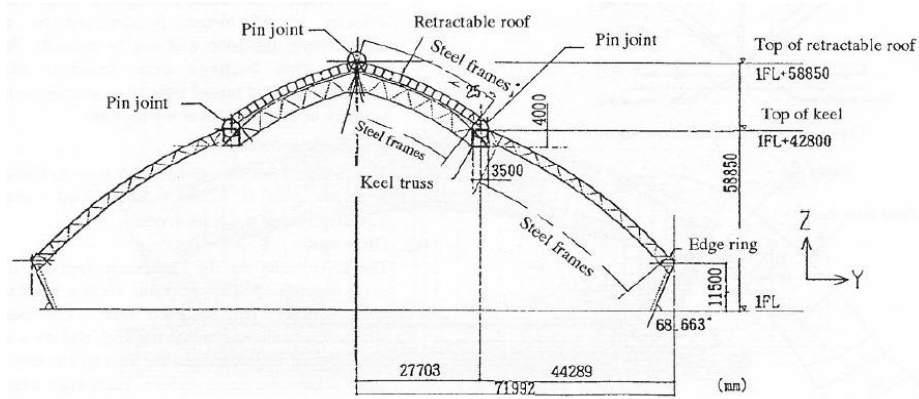
Yapım Yeri	Komatsu, Japonya
Yapım Yılı	1997
Örtülen Alan	3850 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Yamashita Sekkei Inc. & Taisei Corp.
Yapı Fonksiyonu	Çok Amaçlı Saha
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	55 metre
Yapı Yüksekliği	59 metre
Hareket Süresi	10 dakika
Taşıyıcı Sistem	Öngerilmeli BA, Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PTFE Kaplı Cam Yünü Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	<p>Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem</p> 
Hareket Mekanizması	<p>Kablo Çekme Sistem</p> 
Üst Örtüden Görünüş	

### 3.25.2 Tasarım Yaklaşımı

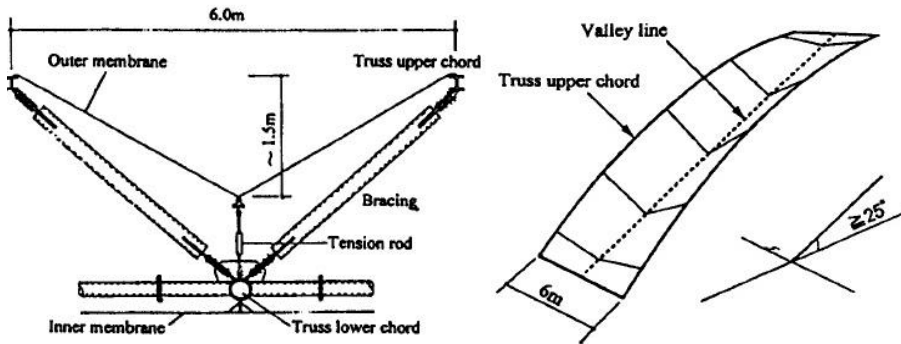
Komatsu Dome, özellikle beyzbol olmak üzere çeşitli spor aktiviteleri için yapılmış bir stadyumdur. Bölgesel ağır iklim şartlarına karşı çıkabilmek için hareket özelliğine sahip çatı tasarlanmıştır.

### 3.25.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Membran malzemeden oluşan çatı, çelik bir strüktür ile çerçevelenmiş iki adet kayar panelden oluşmaktadır. Bu membran paneller birbirine paralel raylar üzerinde çatı strüktürü en üst noktasına doğru basit bir kayma hareketi ile kapanabilmektedir. Bu paneller üçer tane gergi kirişlerinin bir noktada menteşelenmesiyle elde edilen yapısal kirişlerden oluşmaktadır (Study Of A Retractable Membrane - Roofed Structure, 2012).

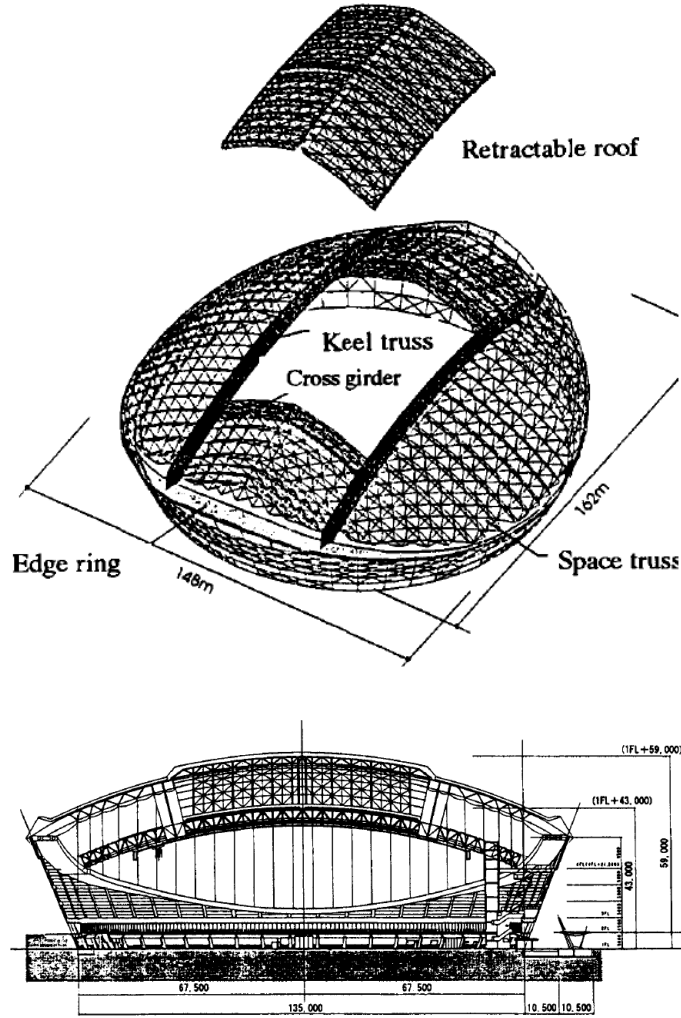


Şekil 3.69 Komatsu Dome çatı kesiti (Valcarcel, 2012)



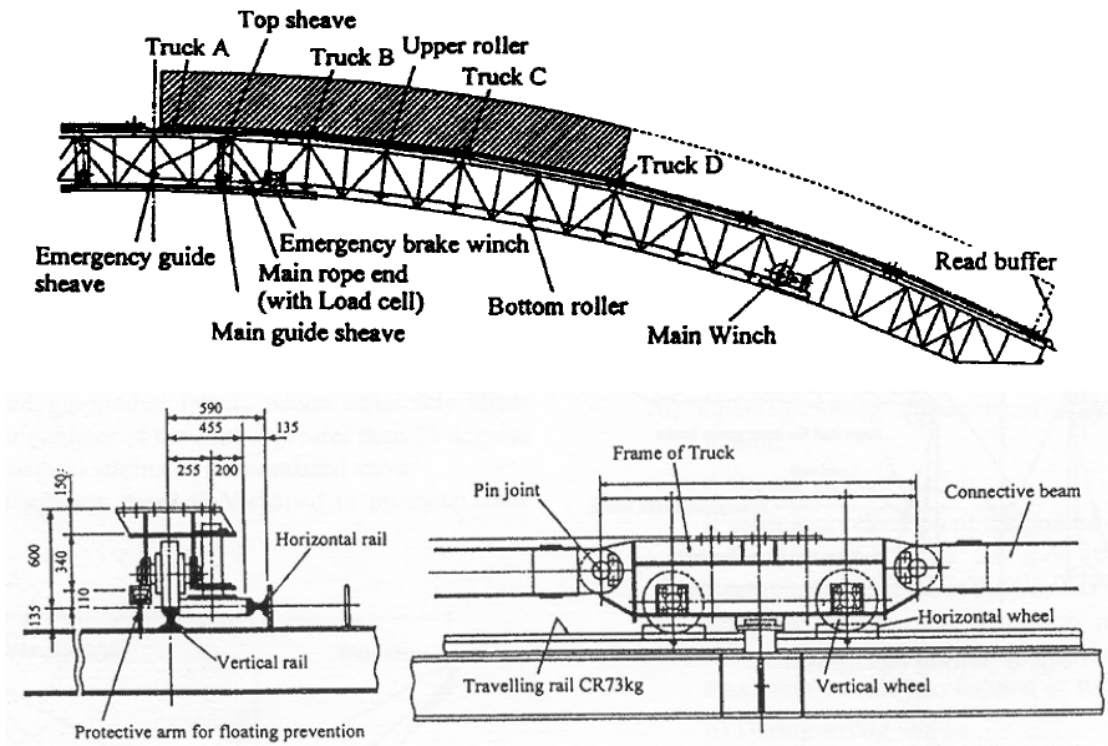
Şekil 3.70 Membran çatı kesiti (Valcarcel, 2012)

Tüm strüktürel çelik çerçevelerin güvenirligini arttırmak için çatı strüktürü, güçlendirilmiş betonarme ters kesik koni şeklindeki duvarların üzerine oturtulmuştur ve bu duvarlarla çatı strüktürü arasına kenar halka kiriş yerleştirilmiştir (Study Of A Retractable Membrane - Roofed Structure, 2012).

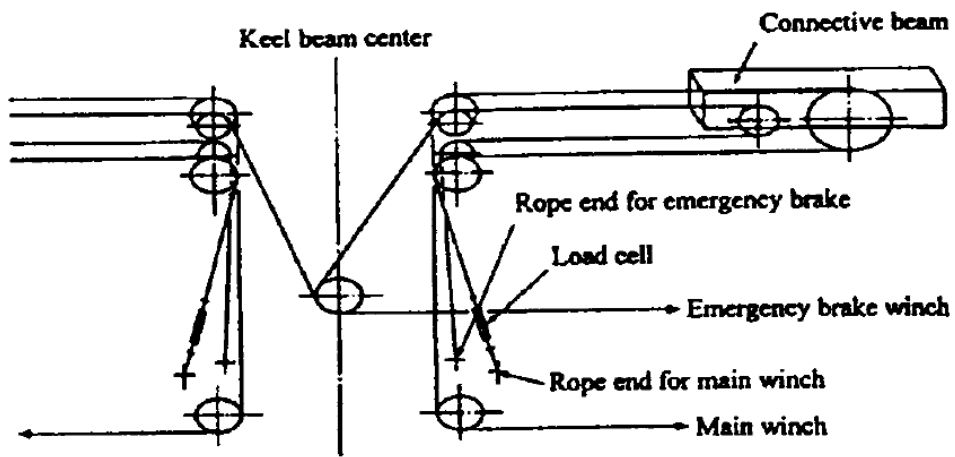


Şekil 3.71 Komatsu Dome çatı strüktürü perspektif ve kesiti  
(Valcarcel, 2012)

Komatsu Dome hareket mekanizması en yaygın kullanılan kablo ile çekme yöntemi olup vinçlerle hareket desteklenmektedir. Her iki panelin hareket raylarının bulunduğu kirişlere dörder adet vinç monte edilmiştir ve bu vinçler motor, elektromanyetik fren, vites kutusu ve makaralardan oluşmaktadır. Ayrıca rüzgar, kar, deprem gibi doğa olaylarında olabilecek herhangi bir kazayı önlemek için çatı hareket mekanizmasını otomatik olarak durdurabilecek amortisörler kullanılmıştır (Study Of A Retractable Membrane - Roofed Structure, 2012).



Şekil 3.72 Komatsu Dome hareket mekanizması (Valcarcel, 2012)



Şekil 3.73 Tel çekme mekanizması (Valcarcel, 2012)

### 3.26 Amsterdam Arena (Amsterdam, HOLLANDA)

#### 3.26.1 Genel Özellikler

Tablo 3.26 Amsterdam Arena genel özellikleri

Yapım Yeri	Amsterdam, Hollanda
Yapım Yılı	1996
Örtülen Alan	8100 m2
Mimari Tasarım	Rob Schuurmann
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	75 metre
Hareket Süresi	30 dakika
Yapı Yüksekliği	75 metre
Taşıyıcı Sistem	Betonarme ve Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Kompozit Plastik Levha
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Dişli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

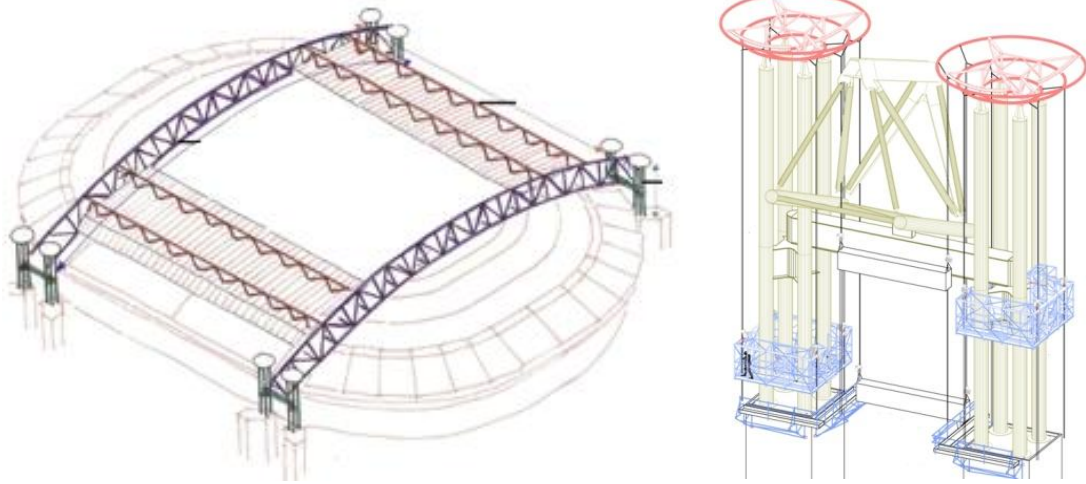


### 3.26.2 Tasarım Yaklaşımı

Hollanda'nın ilk hareketli çatısına sahip stadyumu olan Amsterdam Arena 240 metre uzunluk ve 177 metre genişliğe sahiptir. Çok amaçlı kullanım olanaklarına sahip bu stadyumda hareketli çatı tasarım yaklaşımı olarak, her biri 120\*80 metre boyutlarındaki iki adet çelik çerçeve panelin uzun aksa dik olarak kayma hareket özelliği uygulanmıştır.

### 3.26.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

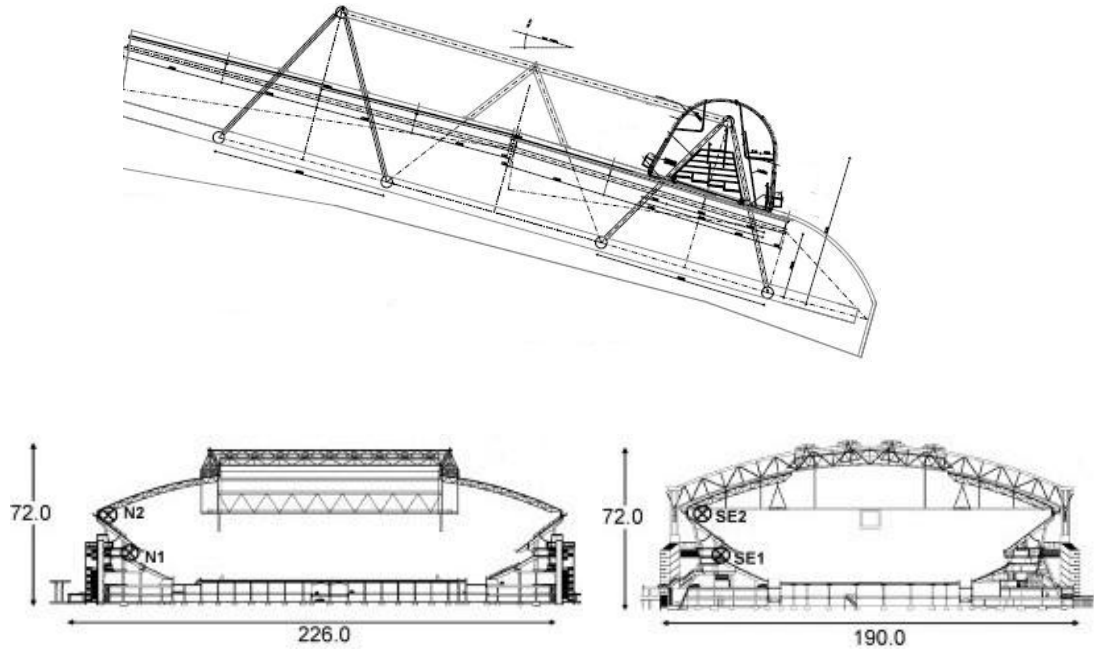
Bu proje için strüktürel çözümler üç alt sisteme ayrılmıştır; destek kolonları, hareketli çatı strüktürü ve ana makaslar. Ana makaslar iki çelik kolon oluşumları için yük dağıtan bir kutu kiriş tarafından desteklenmektedir. Ana makaslardan gelen yükleri kutu birleşim elemanları ile üzerine alan ve alüminyum alaşımlı olarak tasarlanan platformlar 4 adet kılavuz sistemi ile desteklenerek tasarlanmıştır (Access To Super Structure Amsterdam Arena, 2011).



Şekil 3.74 Destek kolonları, hareketli çatı strüktürü ve ana makaslar (Access To Super Structure Amsterdam Arena, 2011)

Operatörün kontrolünde devasa makasların sapmadan ve birbirine senkronize hareketini sağlayan taşıyıcı raylar CE sertifikalı olarak tasarlanmıştır. Açılır kapanır tavan bölümleri 120m toplam açıklıklı iki adet bağlı çelik kafes içermektedir. Her iki tarafı raylarla desteklenen örtü sistemi, alüminyum raylar ile hareket etmektedir.

Güvenlik açısından riskleri minimize etmek için her 18 metrede bir örtü ile bağlantıları güçlendirilerek daha konforlu bir çalışma sağlanmıştır. Ayrıca rüzgar yüklerini dengelemek için de su tankları ilave edilerek balans özelliği kazandırılan kaplama yapılmıştır. Taşıyıcı makaslar ise; 177 metre uzunluğunda, 20 metre yüksekliğinde bombelenmiş olarak (%5 eğime sahip) çatı örtüsünü taşımak için tasarlanmıştır (Access To Super Structure Amsterdam Arena, 2011).



Şekil 3.75 Hareketli panellerdeki iki adet bağlı çelik kafes ve panellerin kesiti (Access To Super Structure Amsterdam Arena, 2011)



Şekil 3.76 Amsterdam Stadyumu hareketli paneller (Access To Super Structure Amsterdam Arena, 2011)

### 3.27 Safeco Field (Seattle, Washington, ABD)

#### 3.27.1 Genel Özellikler

Tablo 3.27 Safeco Field genel özellikleri

Yapım Yeri	Seattle, Washington, ABD
Yapım Yılı	1995
Örtülen Alan	1092 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	NBBJ Architecture
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	362 metre
Hareket Süresi	20 Dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon, Öngerilmeli BA
Kaplama Malzemesi	PVC Kaplı Polyester, 'polyvinylidene fluoride' Membran, Zayıf Alçı Taşı
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Kablo Çekme Sistemi
Üst Örtü Görünüşü	

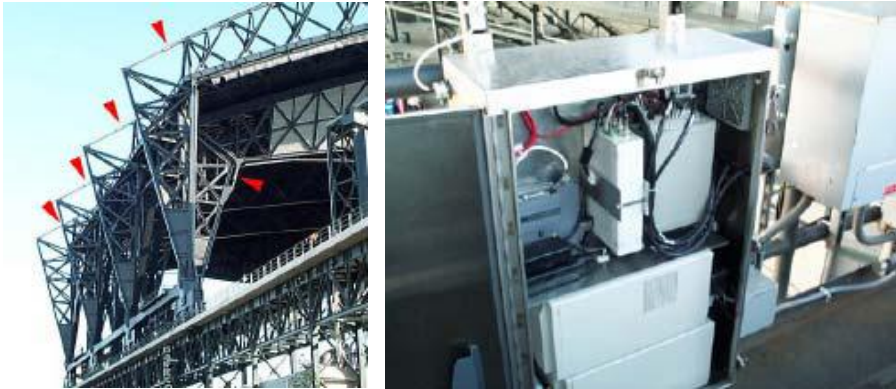


### 3.27.2 Tasarım Yaklaşımı

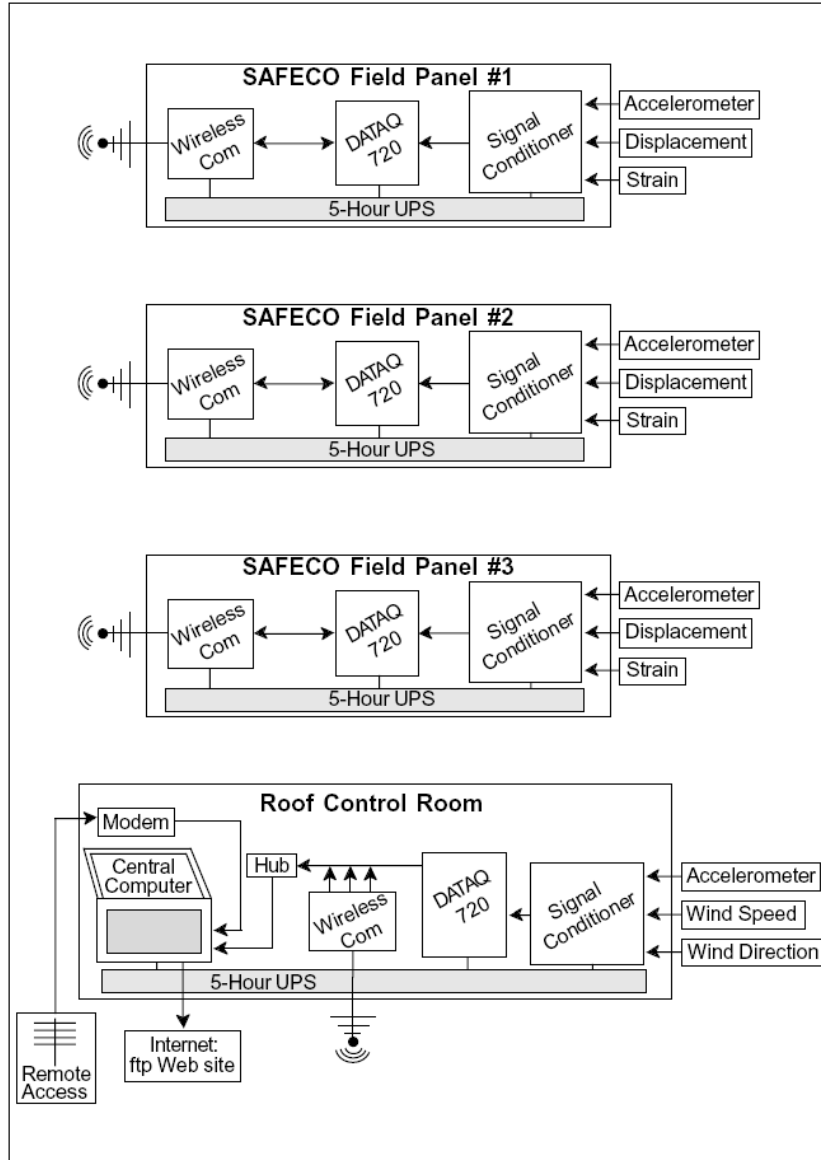
Safeco Field, 1977 ‘den 1995 ‘e kadar ülkedeki en çirkin stadyum olarak kabul edilmiştir. Bunun üzerine 1995 eylül ayından itibaren bu beyzbol stadyumu tüm yapısal sistemleri ve özellikle de çatısı olmak üzere NBBJ mimarlık tarafından tekrar ele alınmıştır. Tasarımda öncelikli olarak estetik görünüm ve fonksiyonellik kriterleri göz önüne alınmıştır. Bunun paralelinde alanı, çevresinden kuşatan bir hareketli çatı düşünülmüştür.

### 3.27.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çatı sisteminde, çözümün daha basit olması ve daha az maliyet gerektirmesi sebebiyle, çatı panelleri teleskopik şekilde tasarlanmıştır ve her biri 362 metre ve hemen hemen 364 metrekare olan üç adet panelden oluşmuştur. Merkezi panel, alan üstünde 110 metre yükselmekte ve diğer iki panel ise bu merkezi panelin altında kayarak çatı hareketini oluşturmaktadır. Zayıf alçı taşı ve fiberglas (cam elyaf) elemanlardan oluşan bu paneller dayanıklı yalıtım tabakasıyla kaplanmıştır ve çatının kuzey ile güney kenarındaki raylar üzerinde 128 adet çelik tekerleğin yuvarlanmasıyla hareket etmektedir. Bu hareket 9610 beygir gücündeki motorların kabloları çekmesiyle oluşmakta ve hareket 20 dakikada tamamlanmaktadır. Bu tasarımda süspansiyon sistem kullanılmış olup çatı, yükünü eksen kirişler ve yönler (yollar) kullanarak daha önce bahsedilen 128 adet çelik tekerlek üzerinde yaymaktadır (Frazer, 2005).



Şekil 3.77 Oklarla gösterilen panellerin amortisör pozisyonları ve veri toplama istasyonları (Weimer, 2011)



Şekil 3.78 Panellerin hareket diyagramları (Weimer, 2011)

Çatı panelleri 3 metreye kadar kar yüküne dayanıklı olup saatte 112 km rüzgarda açılıp kapanabilmektedir. Bu çatı sistemindeki, sismik aktivite tasarımı felaket getiren başarısızlıkları önlemek için önemli bir role sahiptir. Çatının kuzey kenarında her bir panel 45 cm amortisörlerle döşenmiş ve elektronik aygıtlarla uyarılmıştır. Bu aygıtlar 2001 şubat ayında 6.8 büyüklüğündeki deprem dalgasıyla test edilmiş ve bu testin sonucunda strüktürde oldukça az zarar oluşmuştur (Frazer, 2005).

Yapı toplamda 340 milyon dolara tamamlanmıştır ve bu tutarın 67 milyon doları çatıya aitken 14 milyon doları ise sadece hareket mekanizmasına aittir.

### 3.28 Wasseraifingen Sarayı Avlusundaki Şemsiyeler (Wasseraifingen, ALMANYA)

#### 3.28.1 Genel Özellikler

Tablo 3.28 Wasseraifingen Sarayı avlusundaki şemsiyelerin genel özellikleri

Yapım Yeri	Wasseraifingen, Almanya
Yapım Yılı	1994
Örtülen Alan	210 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Bodo Rosch, Jürgen Bradatsch
Yapı Fonksiyonu	Gölgelik
Örtünün Geometrisi	Kare Geometri
Geçilen Açıklık	7,3 metre
Hareket Süresi	6 Dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PVC Kaplı Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.28.2 Tasarım Yaklaşımı

Tarihi sarayın 1992 'de okul olarak kullanılmasıyla birlikte avluda tiyatral ve müzikal etkinlikler için düzenlemeler yapılmıştır. Tasarım yaklaşımı olarak, okulun fonksiyonlarına göre etkinliğe sahip olacak ve gerektiğinde toplanıp kaldırılacak tasarımlar olan şemsiye strüktürler benimsenmiştir.

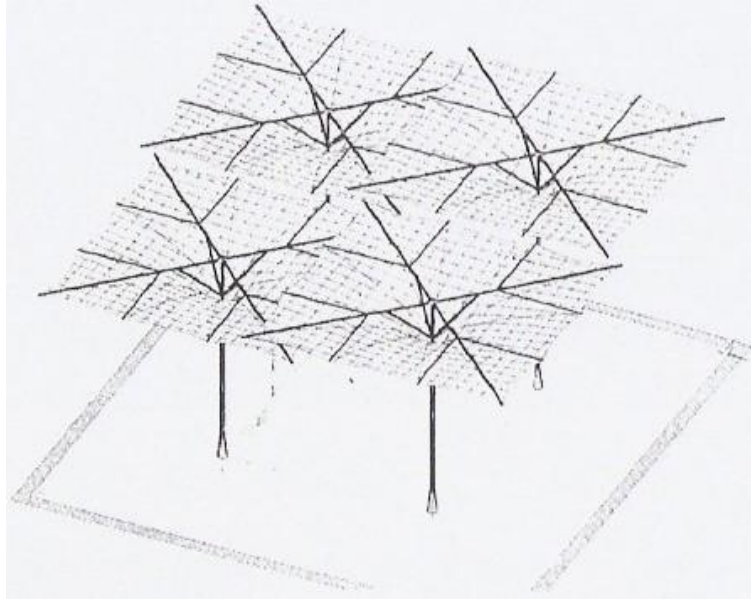


Şekil 3.79 Üst örtünün öngerme sistemleri (Tensinet, 2011)

### 3.28.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

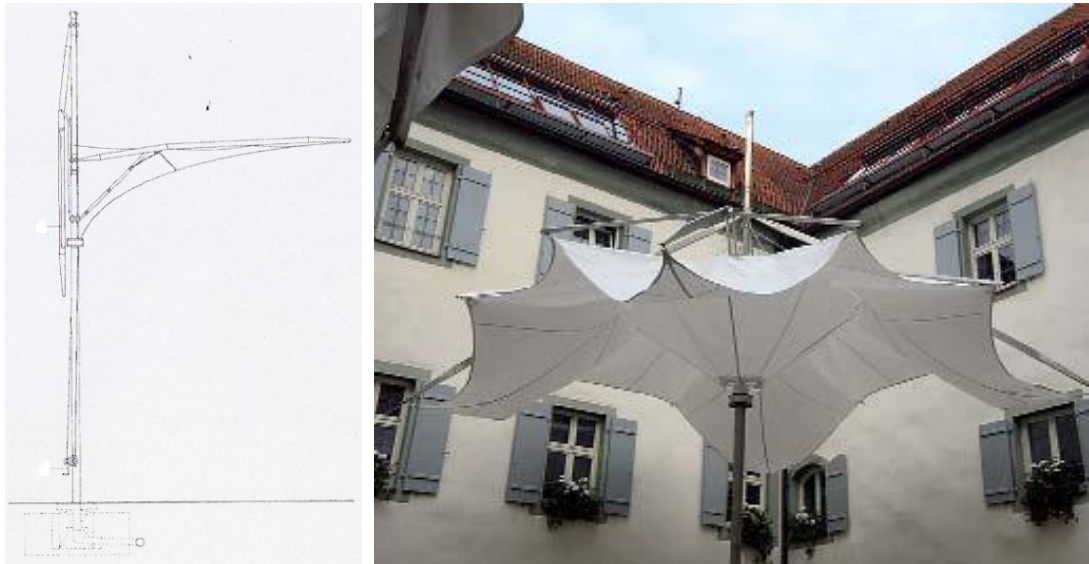
Avlu aşağı yukarı 14\*14.6 metre boyutlarındadır. Bu doğrultuda 6.1\*6.4 metrelik gridlerde 4 adet şemsiye strüktür temel alınmıştır. Strüktürler farklı yüksekliklerde uygulanmıştır ve bu uygulama avlunun eğim hesabıyla paralellik gösteren şemsiyelerin görünüş çizgileri ile ilgilidir. Strüktürlerin hareket süreleri ise 6 dakikadır (Rasch, 1994).

Bu projede hakim rüzgar yönünün egemen bir tasarım kriteri olması, strüktürde yapısal çözümleri beraberinde getirmiştir. Şemsiye çatılar, 4 adet çapraz kaburgaya sahip ve bu kaburgaların her biri 2 adet menteşelenmiş pasif kaburgaya sahiptir.



Şekil 3.80 Üst örtü kaburga strüktürleri (Rasch, 1994)

Kaburgaların üstünde bulunan örtü malzemesi 7.3\*7.3 metrelik PVC kaplanmış yarı şeffaf polyester kumaş membrandır. Tüm strüktür çelik olmakla birlikte, strüktür merkezinde yağmur toplama borusu bulunmaktadır. Yağmur suyu kaçırları, paslanmaz çelik doldurma hunisi içinde huni yolu ile sağlanmaktadır ve daha sonra oyuk içindeki şaftlarla desteklenmektedir (Rasch, 1994).



Şekil 3.81 Üst örtü hareket mekanizması (Rasch, 1994)



### 3.29 Ocean Dome (Miyazaki, JAPONYA)

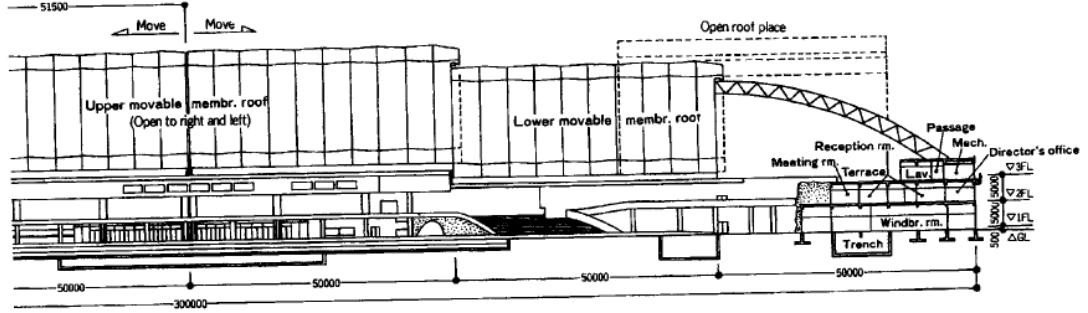
#### 3.29.1 Genel Özellikler

Tablo 3.29 Ocean Dome genel özellikleri

Yapım Yeri	Miyazaki, Japonya
Yapım Yılı	1993
Örtülen Alan	30000 m2
Mimari Tasarım	Kobe Shipyard & Machinery Works
Yapı Fonksiyonu	Yüzme Havuzu
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	100 metre
Yapı Yüksekliği	30 metre
Hareket Süresi	10 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PTFE Kaplı Cam Lifi
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli Sistem 
Üst Örtüden Görünüş	

### 3.29.2 Tasarım Yaklaşımı

Ocean dome 300 m uzunluğunda ve 100 m genişliğe sahip, içinde çok büyük dalgalı bir havuz, yapay bir plaj ve eğlence aktivitelerini barındıran bir yapıdır. Tasarım yaklaşımı olarak, lineer aksta hareketli panellerin birbirine doğru hareketi benimsenmiştir.



Şekil 3.82 Ocean Dome hareket konsepti (Valcarcel, 2011)

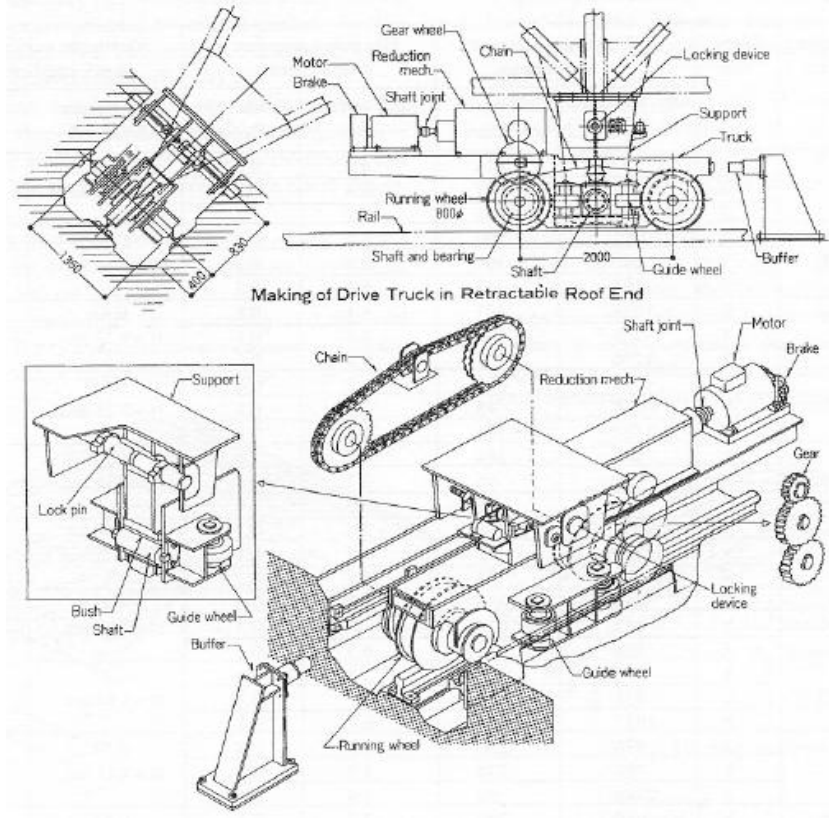
### 3.29.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çatının hareketli bölümü, strüktürel olarak birbirinden bağımsız maksimum 110 metre açıklık geçebilen 4 adet panelden oluşmaktadır. Membranla kaplanmış bir çelik çerçeve, kemer formundaki panelleri oluşturmaktadır. Her bir panelin birbirine paralel yaylar üzerinde hareket etmesiyle çatı yaklaşık 10 dakika içerisinde % 65 açılabilir (Walter, 2006).

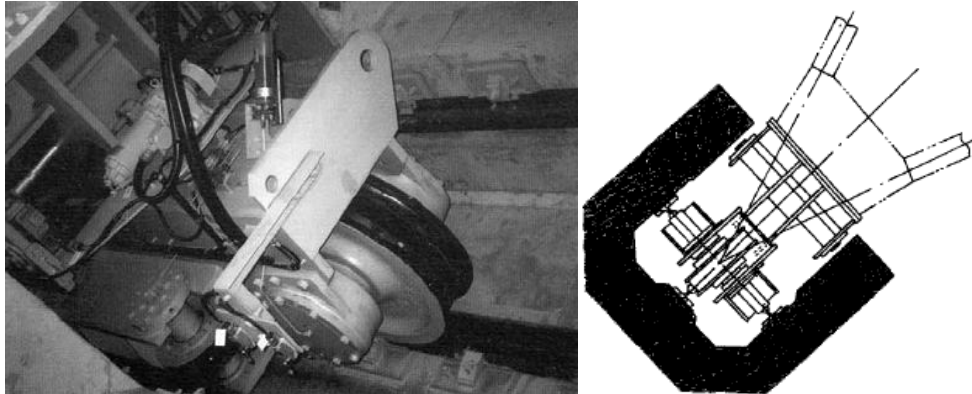


Şekil 3.83 Ocean Dome hareketli çatısı (Walter, 2006)

Yapının her iki tarafında da sabit panellerin üzerine diğer hareketli iki panelin raylar üzerinde yatay kayma hareketi ile gerçekleştirilebilmektedir. Ocean Dome hareket mekanizmasında vites tekerleği, motor, fren, zincir, kaza anında devreye girecek kilit mekanizması, tampon elemanları bulunmaktadır. Elektrik gücü ile devreye giren sistem, panellerin her iki tarafında ki ana kirişlerin destek noktalarına yerleştirilmiştir (Walter, 2006).



Şekil 3.84 Ocean Dome hareket mekanizması (Valcarcel, 2011)



Şekil 3.85 Ocean Dome hareket yolu kesiti (Valcarcel, 2011)

### 3.30 Fukuoka Dome (Fukuoka, JAPONYA)

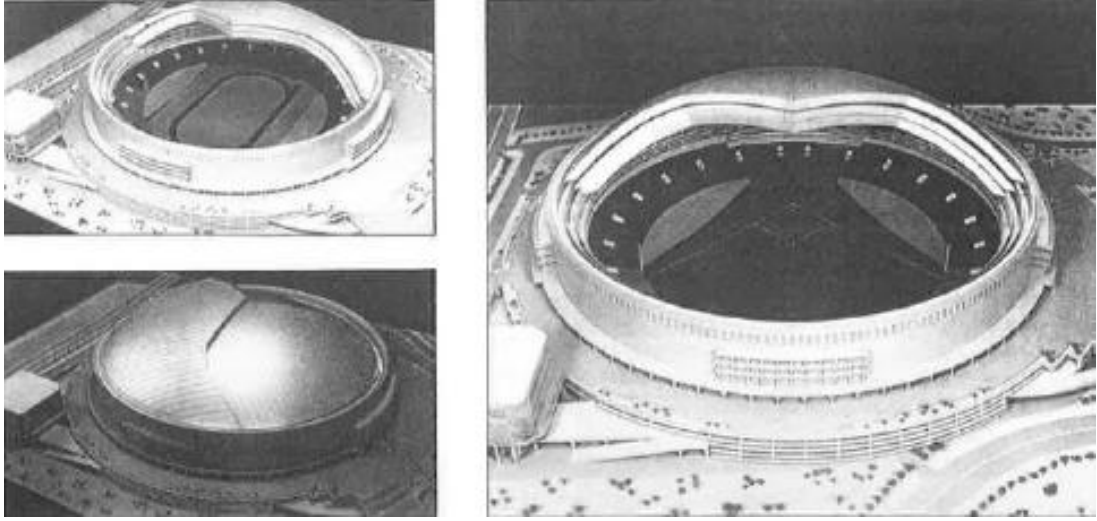
#### 3.30.1 Genel Özellikler

Tablo 3.30 Fukuoka Dome genel özellikleri

Yapım Yeri	Fukuoka, Japonya
Yapım Yılı	1993
Örtülen Alan	36,963 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Takenaka Corp. & Maeda Corp.
Yapı Fonksiyonu	Çok Amaçlı Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Geçilen Açıklık	222 metre
Yapı Yüksekliği	84 metre
Hareket Süresi	20 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Titanyum
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Döner Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem 
Üst Örtüden Görünüş	

### 3.30.2 Tasarım Yaklaşımı

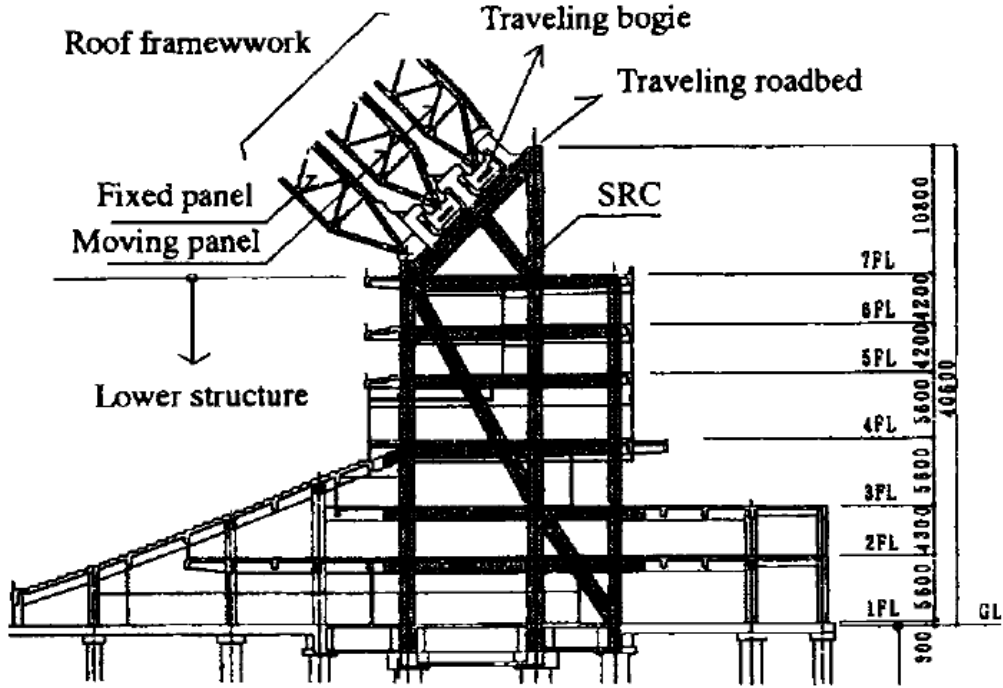
Fukuoka Dome, Japonya 'da hareketli kubbe çatıya sahip ilk beyzbol parkı olarak 1993'de açılmıştır. Stadyum 222 metre iç ölçü, 295 metre çapa sahiptir ve bunun sonucunda en geniş stadyum olmuştur. Çatı kapasitesi 1.76 milyon m<sup>3</sup> 'tür. Profesyonel beyzbol, konser ve diğer spor faaliyetleri için kullanılmaktadır. Tasarım yaklaşımı olarak, bir merkez etrafında dairesel sınırlar üzerinde dönme hareket özelliğine sahip kubbesel çatı uygulanmıştır.



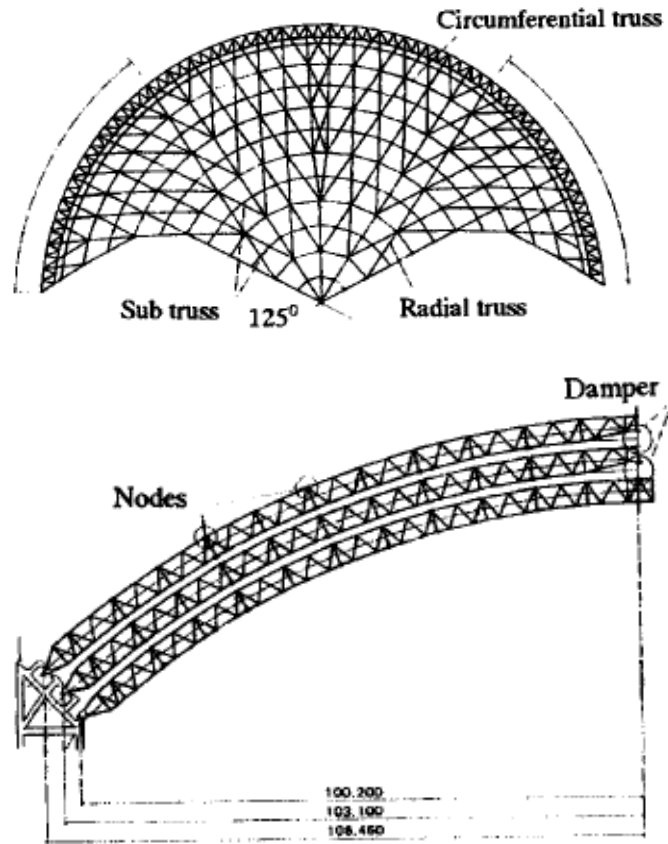
Şekil 3.86 Fukuoka Dome hareketli çatısı (Valcarcel, 2011)

### 3.30.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

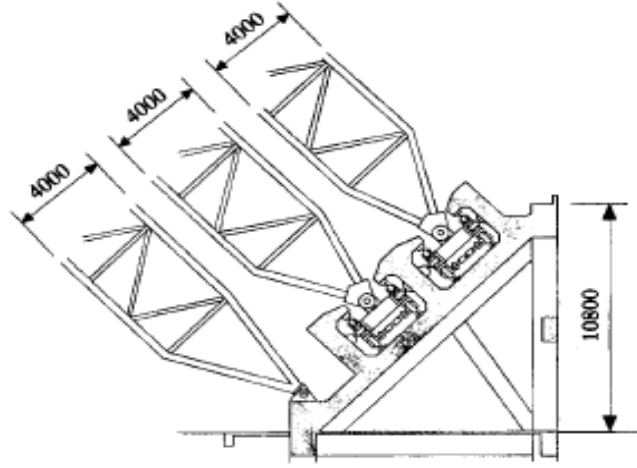
Çatı üç adet yelpaze biçiminde çelik çerçeve panelden yapılmıştır ve yüzey alanı 50.000 m<sup>2</sup>'dir. Her bir panel 4 metre kalınlığında ve yüzey kaplaması olan titanyum 3 mm kalınlığında olup toplamda çatı ağırlığı 12.000 tondur. Bir araya toplanmış 24 adet çelik tekerlek hareket mekanizması tarafından desteklenmektedir; ki bu tekerlek kirişler geniş bir beton çember kiriş üzerinde yer almaktadır ve 4200 ile 4000 ton ağırlığa sahip iki panel, sabitlenmiş üçüncü panelin altına dönerek yerleşmektedir. Kuvvetli rüzgar ve deprem anında panellerin birbirleriyle çarpışmalarını önlemek için titreşim kontrol amortisörleri kullanılmıştır (Lyle, 2005; Walter, 2006)



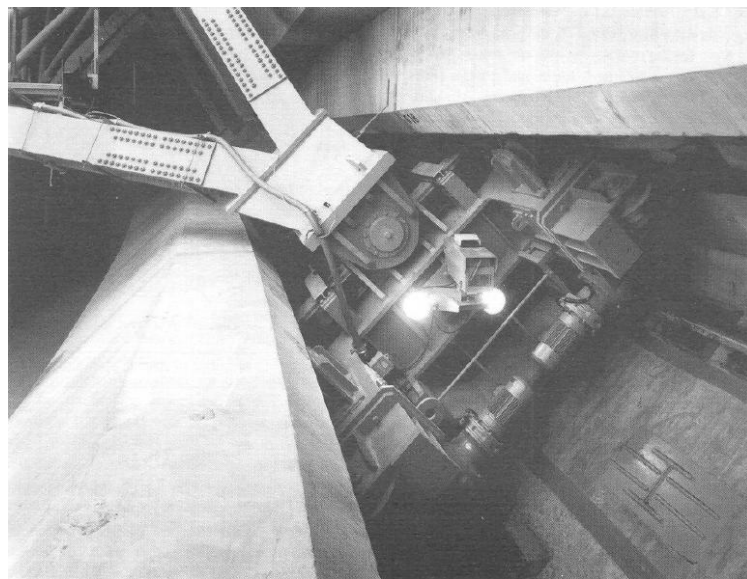
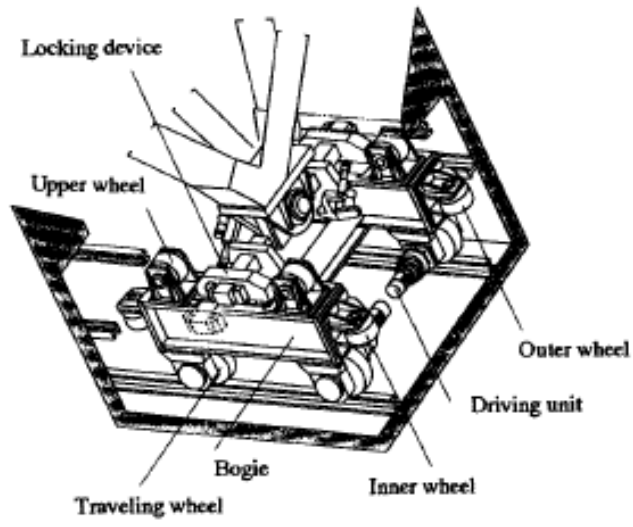
Şekil 3.87 Fukuoka Dome hareketli çatı kesiti (Valcarcel, 2011)



Şekil 3.88 Fukuoka Dome hareketli çatı planı ve panellerin kesiti (Valcarcel, 2011)



Şekil 3.89 Hareketli çatı hareket platformu (Valcarcel, 2011)



Şekil 3.90 Fukuoka Dome hareket mekanizması (Valcarcel, 2011)

### 3.31 Kuveyt Pavyonu (Seville, İSPANYA)

#### 3.31.1 Genel Özellikler

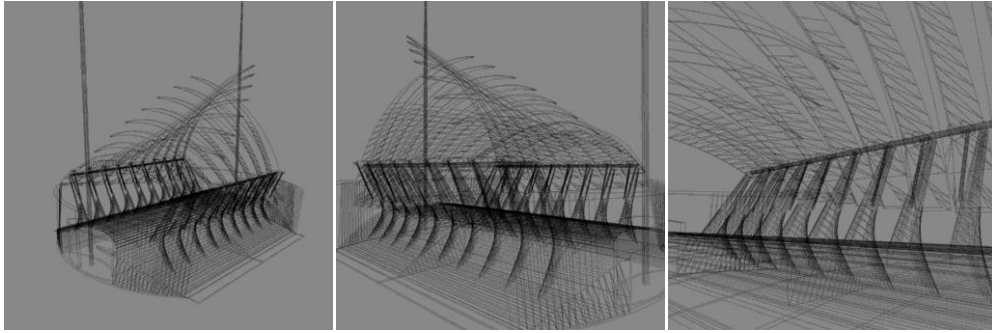
Tablo 3.31 Kuveyt Pavyonu genel özellikleri

Yapım Yeri	Expo'92, Seville, İspanya
Yapım Yılı	1992
Örtülen Alan	230 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Santiago Calatrava
Yapı Fonksiyonu	Sergi Salonu
Örtünün Geometrisi	Serbest Biçimli Geometri
Geçilen Açıklık	22,7 metre
Yapı Yüksekliği	10,7 metre
Taşıyıcı Sistem	BA, Ahşap, Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Ahşap
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Açılır - Kapanır Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Hidrolik Sistem 
Üst Örtü Görünüşü	



### 3.31.2 Tasarım Yaklaşımı

Calatrava, İspanya Seville’de yapılacak olan 1992 Dünya Fuarı için 1991’de komisyon tarafından Kuveyt Pavyonu’nu tasarlamak üzere görevlendirilmiştir. Bunun üzerine Calatrava çalışmalara başlamış ve tasarım yaklaşımı olarak tüm strüktürü katlanabilen bir çatıyla örtmeye karar vermiştir. Bu hareketli çatının biçimini ise, bir palmiye ağacının kollarına benzeyen hareketli kaburgalar oluşturmaktadır.



Şekil 3.91 Kuveyt Pavyonu hareket matrisi (Kuwait Pavilion Expo'92, 2011)

### 3.31.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

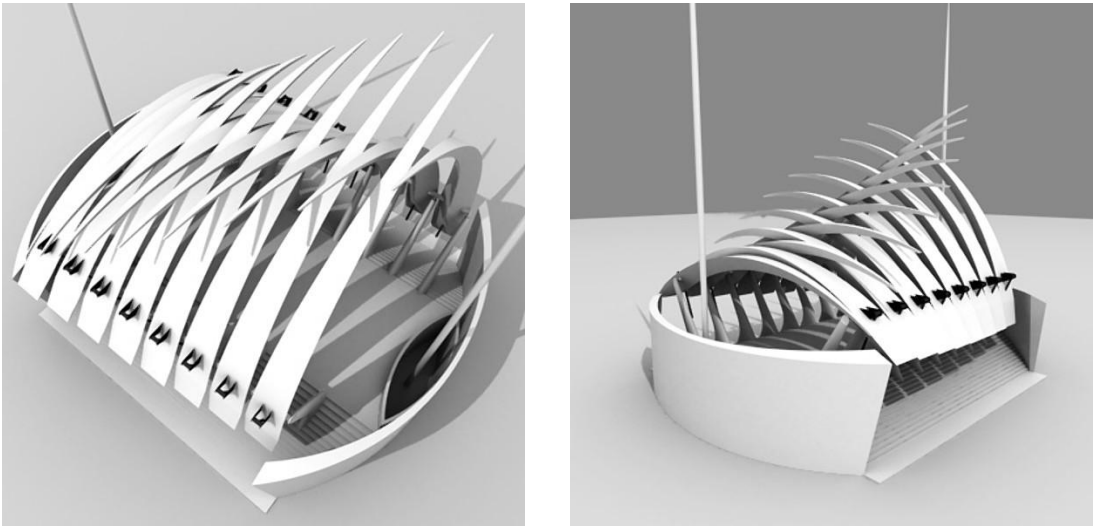
1992 Dünya Fuarı’nda bulunan pavyonların arasında dikkat çekmek için Calatrava, merdiven ve rampalarla zemini yükseltmiş ve kısa kenarları cam geçirilmiş iç bükey duvarlarla çevrelerken uzun kenarlar boyunca hareketli kaburgalar uygulamıştır. Strüktürün kısa kenarları boyunca cam geçirilmiş yüzeylerin eğriliğine uygun basamak terasları yapılmıştır. Bu dar ve eğrisel merdivenler dış cephe boyunca iç bükey formu takip ederek uç noktalarda sergi salonlarına ulaşmaktadır. Uzun kenarlar boyunca (bir kenarı 8 metre, diğer kenarı 9 metre) öngerilmeli betonarme destek elemanları bulunmakta ve bu destek elemanları, yapının esas özelliği olan üçgen kesitlerden oluşturulmuş yay formulu hareketli ahşap kaburgaları desteklemektedir (Alexander, 2004).

Aks mesafesi 2,5 metre olan iki aks üzerinde bir tarafta on diğer tarafta dokuz adet olmak üzere toplamda 19 adet 14 metre uzunluğunda kaburğa bulunmaktadır.

Bu kaburgalar karşılıklı birbiri içerisine geçecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu sayede çatının açılıp kapanması esnasında kaburgalar birbirini engellememektedir. Çatı hareket sistemi hidrolik olup her bir kaburga ayrı ayrı ve sırayla hareket etmektedir (Alexander, 2004).



Şekil 3.92 Yay formu ve üçgen kesitli ahşap kaburgalar (Kuwait Pavilion Expo'92, 2011)


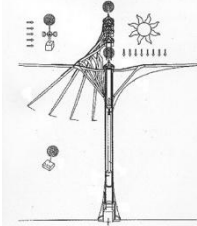



Şekil 3.93 Kaburgaların birbiri içerisine geçmiş hareketi (Kuwait Pavilion Expo'92, 2011)

### 3.32 Kutsal Peygamber Camisi Gölgelikleri (Medine, SUUDİ ARABİSTAN)

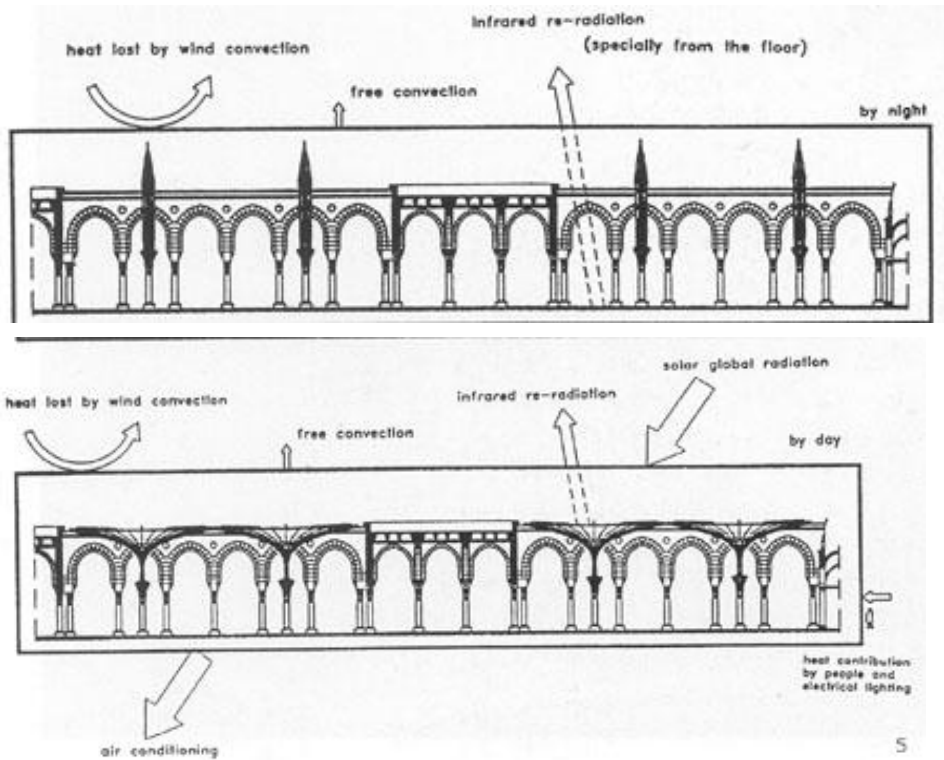
#### 3.32.1 Genel Özellikler

Tablo 3.32 Kutsal Peygamber Camisi Gölgelikleri genel özellikleri

Yapım Yeri	Medine, Suudi Arabistan
Yapım Yılı	1992
Örtülen Alan	296 m2 (3552 m2)
Mimari Tasarım	Bodo Rosch, Jürgen Bradatsch
Yapı Fonksiyonu	Gölgelik
Örtünün Geometrisi	Kare Geometri
Geçilen Açıklık	17.7 metre, 16.7 metre
Hareket Süresi	2 Dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PTFE Kaplı Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	 Hidrolik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.32.2 Tasarım Yaklaşımı

Kutsal camiye yapılan ziyaretlerde artı bir mekan gereksinimi duyulmasıyla birlikte her biri 37\*55 metre ölçülerinde olan iki adet açık avlunun camiye eklenmesine karar verilmiştir. Bunun paralelinde her iki avlu için de sıcak yaz günlerinde güneşten korunmak ve serinlik sağlamak amacıyla birkaç konseptte hareketli çatı tasarlanmıştır. Bu tasarımların içinden mimar Bado Rosch 'un taşıyıcı sistem merkezine doğru hareket özelliği gösteren, destek strüktürü hareketli örtü malzemesinde hareketli altı adet membran şemsiye tasarım yaklaşımı her iki avlu için de uygulanmıştır.



Şekil 3.94 Üst örtü tasarım konsepti (Vandenberg, 1996)

### 3.32.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Avluda gölge istendiği zaman şemsiye hareket sistemleri, avlu girişine kadar yarı şeffaf membranları aşamalı bir şekilde yayarak avluyu kaplamaktadır. Her bir şemsiye strüktür tamamen açıldığı zaman PTFE kaplı cam lifi membran malzeme maksimum 296 m<sup>2</sup> 'lik bir alan kaplamakta ve çapraz ölçüsü 24 metre olmaktadır.

40 adet ayrı membran yüzeyden oluşan şemsiyeler, açık konumdayken her bir strüktür arasında ki mesafe 80 cm 'dir. Gölgeleklerin altında altı adet silindir kolonların dışında bir şey bulunmaması cami fonksiyonelliğine katkı sağlamaktadır (Vandenberg, 1996).

Kolonlar, mermer kaplı çelikten yapılmış ve pirinçle cilalanmıştır. Ayrıca merkezde stabiliteyi sağlamak için, kolon içine yapay taşlar konulmuştur. Her bir kolonda bina klima sistemiyle birleşen dört adet soğuk hava üfleyen delik ve dört adet gece aydınlatma elemanı bulunmaktadır. Tüm bu elemanlar son olarak kolonun merkezinde birleştirilmiştir (Vandenberg, 1996).





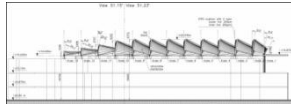
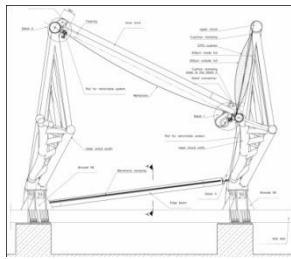


Şekil 3.95 Üst örtü hareket matrisi (Electronic\_Umbrellas\_Prophet\_s\_Mosque, 2012)

Membran malzemenin, strüktür merkezine toplanıp açılma ve yayma hareket sistemini sağlayan mekanizma tekerlek parmaklıkları olup yüksek dayanımlı güçlü çeliklerden oluşturulmuştur. Ayrıca bu şemsiyeler, otomatik bilgisayar kontrolüyle aktif olup hidrolik sistemle çeşitli iklimsel durumlara uyum sağlamaktadır (Vandenberg, 1996).

### 3.33 Athensheart Alışveriş Merkezi (Athens, YUNANİSTAN)

#### 3.33.1 Genel Özellikler

Tablo 3.33 Athensheart Alışveriş Merkezi Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Athens, Yunanistan
Yapım Yılı	1991
Örtülen Alan	780 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Conran and Partners
Yapı Fonksiyonu	Alışveriş Merkezi
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	13 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	ETFE Membran Kaplama
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Dik Yönde Hareket Özelliği  
Hareket Mekanizması	Vinçli Sistem 
Üst Örtü Görünüşü	 

### 3.33.2 Tasarım Yaklaşımı

Yunanistan ‘da insanların eğlenmek ve alışveriş etmek için açık alanları tercih etmesinden dolayı birçok alışveriş merkezi hareketli çatı sistemlerini tercih etmek zorunda kalmıştır. İşte bu alışveriş merkezlerinden biri olan Athensheart AVM de gün ışığını en verimli şekilde kullanabilmek için transparan membran çatı örtüsü tercih edilerek oluşturulan hareketli üst örtüsü ile ortası boş dikdörtgenel yüksek mimarisine değer katılmıştır. Hareketli üst örtüde tasarım yaklaşımı olarak, destek strüktürü sabit örtü malzemesinde hareketli sistemlerde taşıyıcı sistem ana aksına dik yönde hareket özelliği uygulanmıştır.

### 3.33.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

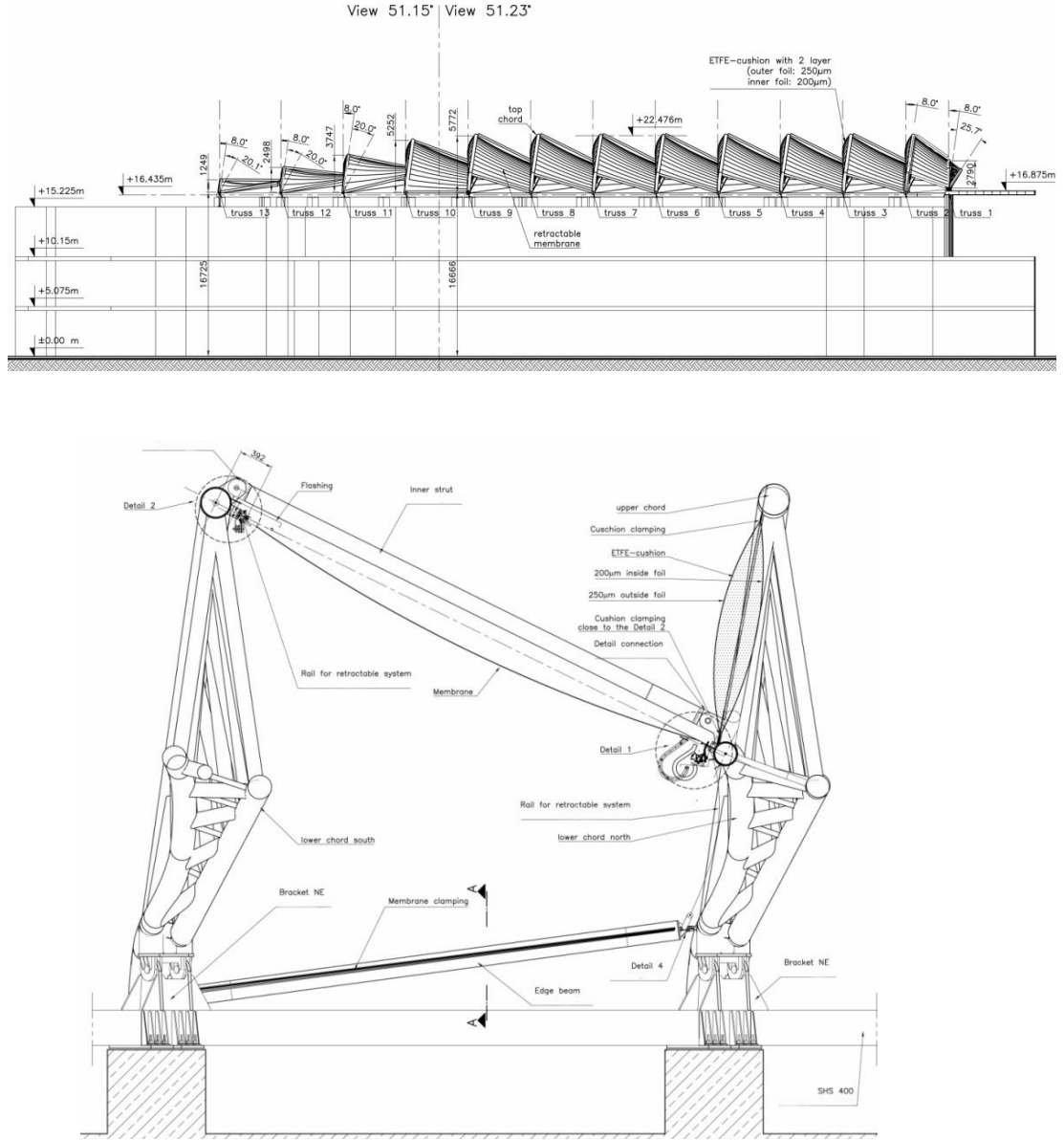
Hareketli çatıda binanın uzun kenarına dik ve kısa kenarına paralel olarak uzayan 50 metre uzunluğunda boru profillerden oluşan makaslar kullanılmıştır. Bu makaslar üzerine iki katmanlı olarak; birinci katmanı membrana kavisli üçgen şekiller verilerek kaplanmış ve ikinci katmanı ise plastik lifli fiber malzemelerden yapılmıştır. Ayrıca ikinci katman, yer eksenine yakın birinci katmana yaklaşık dik olarak aşağıdan yukarı yönlü olacak şekilde tasarlanmıştır (Tensinet, 2012).



Şekil 3.96 Hareketli çatıda boru profillerden oluşan makaslar (Athens Heart Shopping Mall, 2012)

Membran çatı örtüsü her 1.2 metrede bir bağlantı aparatlarına bağlanmış alüminyum kılavuz raylar üzerinde motorların çektiği halatlar ile hareket ederek açılıp kapanmaktadır. Söz konusu tasarımda makas ve raylar ise binanın taşıyıcı kolonlarına monte edilmiştir. Bunun yanı sıra binanın en uç doğu ile batısında ve

diğer kısımlarda ise deprem anında 20cm her yönde deplasman yapabilecek şekilde örtü boyunca destekler yerleştirilmiştir. Ayrıca çatının açılıp kapanması gereken durumlarda, çatı katında bulunan müşterilerin alışverişleri esnasında bu durumdan rahatsızlık duymamaları için çatı hareket mekanizmasında azami sessiz bir şekilde çalışan vinçli kablo çekme sistemi mekanik aksamı kullanılmıştır (Tensinet, 2012).



Şekil 3.97 Hareketli çatı strüktür kesiti ve hareket mekanizması (Athens Heart Shopping Mall, 2012)




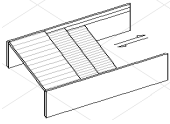
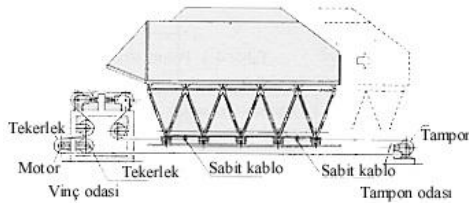



Şekil 3.98 Üst örtünün kullanımı ve destekleri (Athens Heart Shopping Mall, 2012)

### 3.34 Ariake Colosseum (Tokyo, JAPONYA)

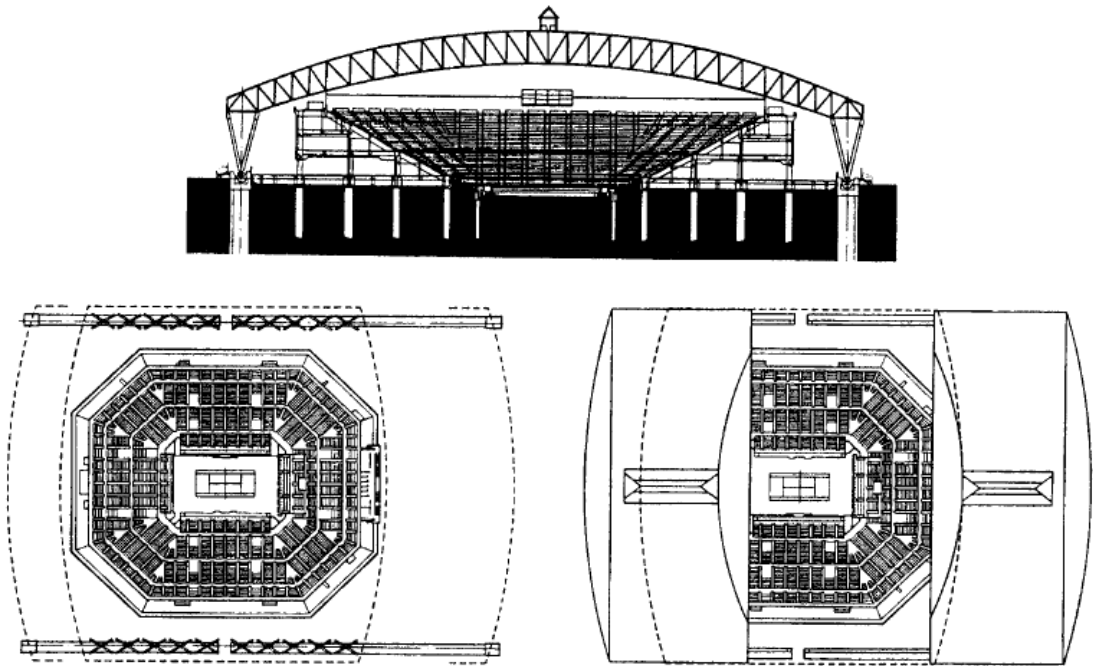
#### 3.34.1 Genel Özellikler

Tablo 3.34 Ariake Colosseum genel özellikleri

Yapım Yeri	Tokyo, Japonya
Yapım Yılı	1991
Örtülen Alan	24,814 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Kenchiku Mode Kenkyuji Co. Ltd.
Yapı Fonksiyonu	Çok Amaçlı Salon ve Tenis Kortu
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Hareket Süresi	17,5 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Çelik Plaklar
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem 
Hareket Mekanizması	Kablo Çekme Sistemi 
Üst Örtüden Görünüş	

### 3.34.2 Tasarım Yaklaşımı

Ariake Colosseum farklı spor dalları ve konser aktivitelere ev sahipliği yapmaktadır. Hava koşulları iyi olduğunda çatı açılabilen ve özellikle tenis maçlarında tenis toplarına fazla müdahale edebilecek tokyo körfez rüzgarları çıktığı zaman çatı kapatılabilmektedir. Çatı tasarım yaklaşımı olarak, paralel iki aks üzerinde karşılıklı kayarak hareket eden basit dikdörtgen geometriye sahip çelik panel tasarımı söz konusudur.



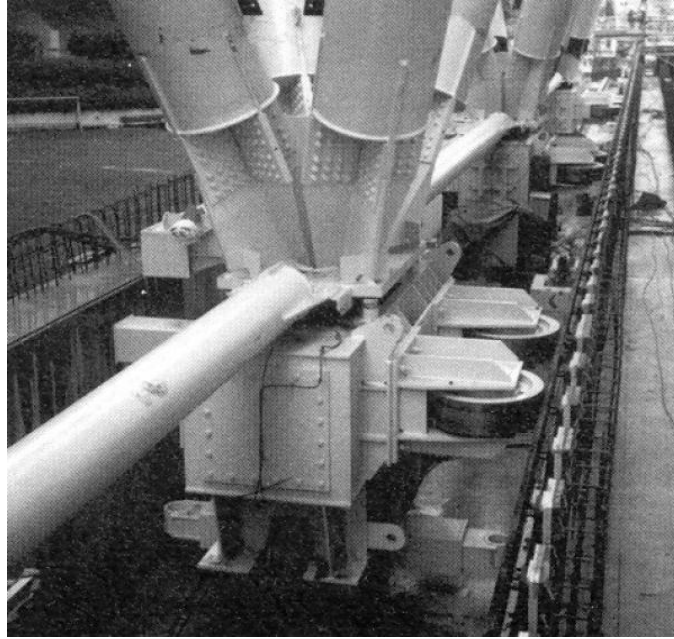
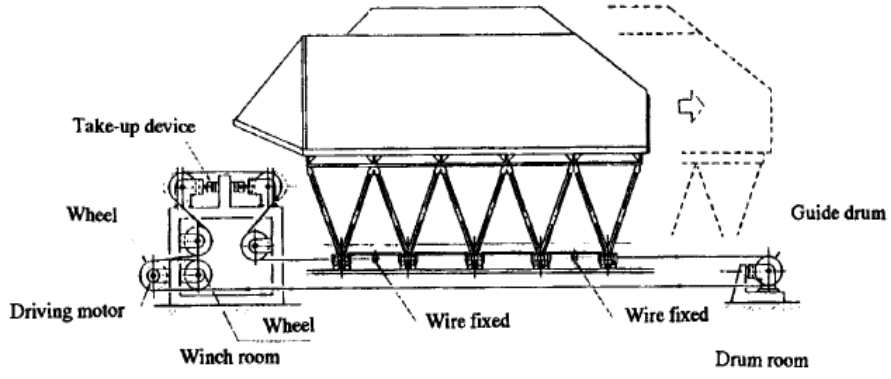
Şekil 3.99 Ariake Colosseum hareketli çatı konsepti (Valcarcel, 2011)

### 3.34.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Çatı iki kavisli çelik çerçeve panelden oluşmuştur. Bu taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi kayar hareket özelliğine sahip tasarımın, diğer kayar hareket özelliğine sahip çatı yapılarından farkı; çatı hareket mekanizmasının zemin seviyesinde yer alması ve çatı yapısının yapı yapılarından tamamen bağımsız olmasıdır. Çelik paneller, birbirine paralel iki ray üzerinde kablo ile çekme yöntemi kullanılarak hareket ettirilmektedir (Ariake Colosseum, 2011).



Şekil 3.100 Yapı strüktüründen tamamen bağımsız çatı strüktürü (Valcarcel, 2011)

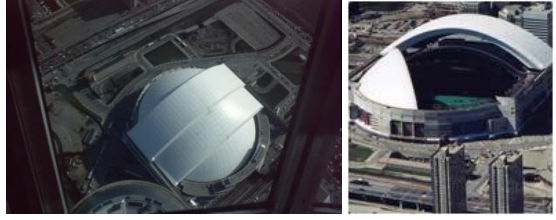


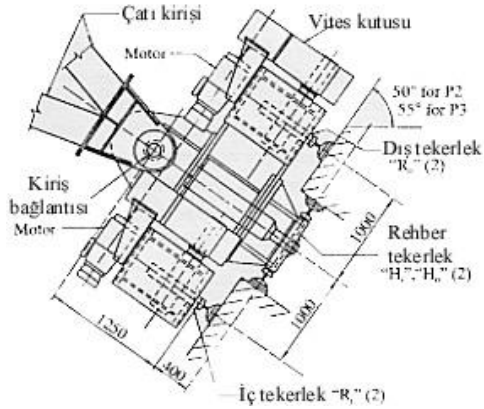
Şekil 3.101 Ariake Colosseum hareket mekanizması (Valcarcel, 2011)

### 3.35 Toronto Sky Dome (Toronto, KANADA)

#### 3.35.1 Genel Özellikler

Tablo 3.35 Toronto Sky Dome genel özellikleri

Yapım Yeri	Toronto, Kanada
Yapım Yılı	1989
Örtülen Alan	24,300 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Rod Robbie
Yapı Fonksiyonu	Çok Amaçlı Stadyum
Örtünün Geometrisi	Dairesel ve Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	180 metre
Yapı Yüksekliği	53 metre
Hareket Süresi	20 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Çelik Çerçeve Panel, PVC Kaplı Membran
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar ve Döner Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem
Üst Örtüden Görünüş	



### 3.35.2 Tasarım Yaklaşımı

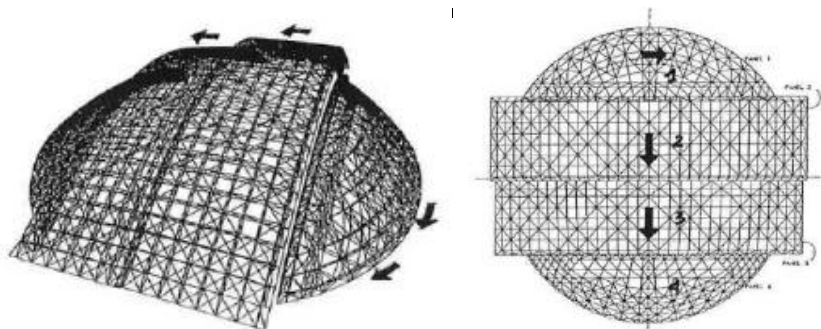
Toronto Sky Dome, 1989 yılında Toronto 'da çok amaçlı stadyum olarak inşa edilmiştir ve dünyanın ilk çok amaçlı hareketli çelik çatıya sahip stadyumudur. Çatıda hareket tasarım yaklaşımı olarak, taşıyıcı kurguda hareketli hem kayar hem de döner hareket özelliğine sahip hareket sistemi uygulanmıştır.



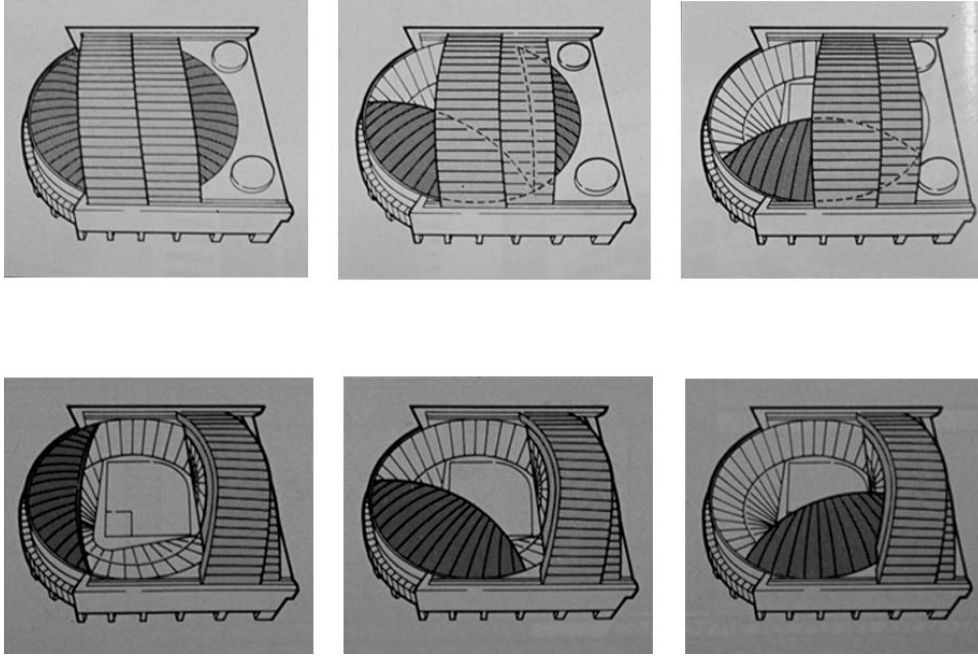
Şekil 3.102 Toronto Sky Dome hareketli çatısı (Rogers Centre, 2011)

### 3.35.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Parabolik yay şekline sahip hareketli üç parçadan ve sabit bir parçadan oluşan çatının; sol tarafta bulunan en küçük boyuttaki parçası sabit, orta kısımda bulunan en büyük iki parçası ileri geri hareket edebilen ve sağ taraftaki orta büyüklükteki parçası ise stadyumun taşıyıcı kirişleri üzerinde  $180^\circ$  dönerek hareket edebilmektedir. Bu paneller strüktür özellik olarak; kenarda bulunanları çeyrek kubbe, ortadakiler ise parabolik kemer şeklindedir (Bradford, 1990).

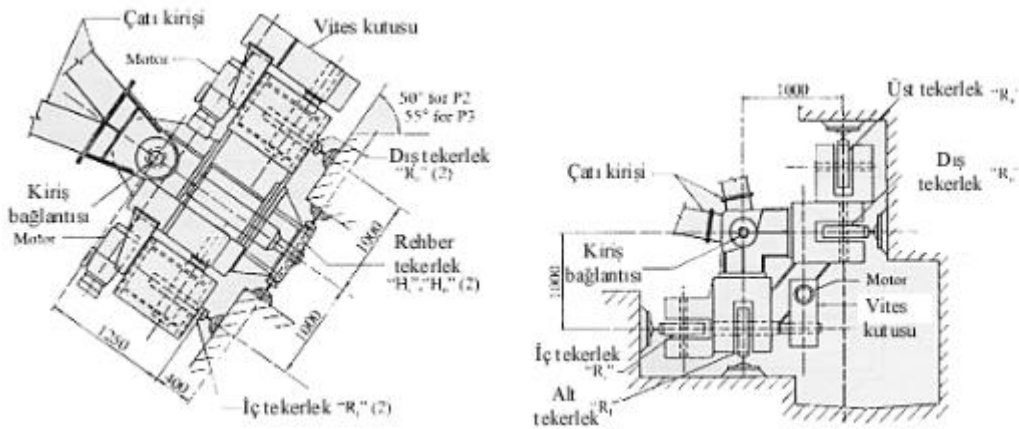


Şekil 3.103 Hareketli çeyrek kubbe ile hareketli parabolik kemerler ve hareket yönleri (Valcarcel, 2011)



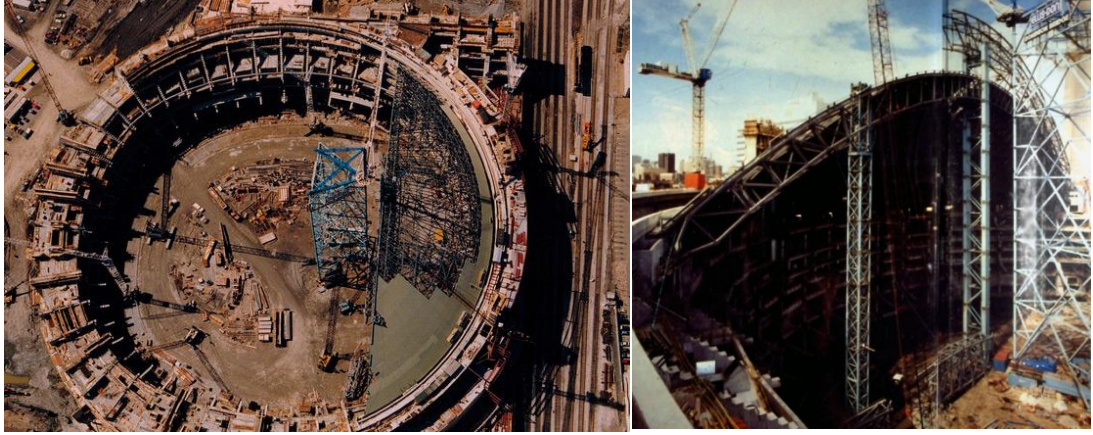
Şekil 3.104 Toronto Sky Dome hareketli çatısı hareket matrisi

Çatının açılma mekanizması ise; sağ tarafta bulunan orta büyüklükteki parçanın stadyumun elipsel kısa kenar şekli gereği kılavuz raylar üzerinde tekerlekli sistem ile saat yönünde dönerek uzun eksende hareket etmekte sol taraftaki küçük parçanın etrafını dolaşarak üzerinde durmaktadır. Orta bölümde bulunan ve boyutları en büyük parçalar ise yine kılavuz raylar üzerinde yeterli tekerlek aderansı olmamasından dolayı dişli sistem ile sola doğru hareket ederek üst üste bulunan diğer iki parçanın en üstüne gelerek çatının açılma mekanizması tamamlanmaktadır (Bradford, 1990).

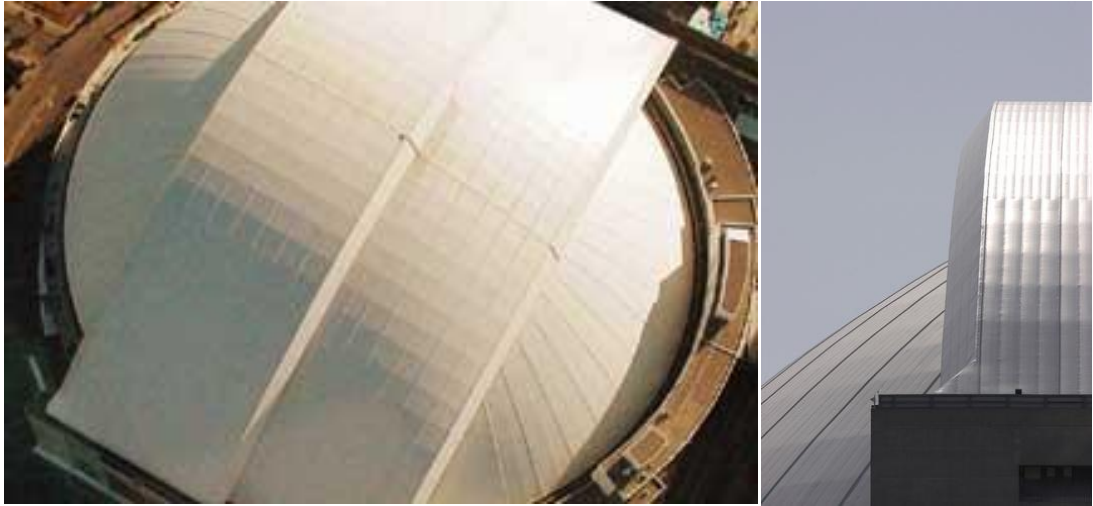


Şekil 3.105 Tekerlekli ve dişli sistem hareket mekanizması (Valcarcel, 2011)

Çelik kılavuz raylar üzerinde hareket eden parabolik yay şekilli makaslardan oluşturulan çatı parçalarının örtüleri; üst tabakaları 75mm kalınlığında fiberglasla, alt tabakaları ise 38mm kalınlığında naylonla güçlendirilmiş mikrolitglas malzemelerle kaplanmış polyester beyaz PVC membrandan oluşturulmuştur ve  $3.6\text{Kn/m}^2$  rüzgar yükü, kar yükü gibi dış etkenlere dayanıklı olacak şekilde tasarlanmıştır (Bradford, 1990).



Şekil 3.106 Toronto Sky Dome hareketli çatısı hareketli panellerin inşası (Topping, 2011)



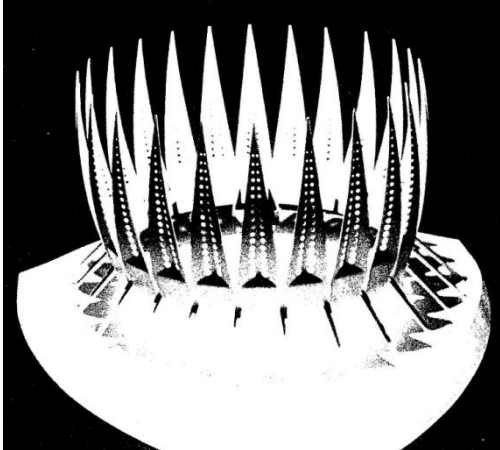
Şekil 3.107 Toronto Sky Dome hareketli çatı kaplaması (Rogers Centre, 2011)



### 3.36 Yüzen Pavyon (Lucerne Gölü, İSPANYA)

#### 3.36.1 Genel Özellikler

Tablo 3.36 Yüzen Pavyon genel özellikleri

Yapım Yeri	Lucerne Gölü, İspanya
Yapım Yılı	1989
Mimari Tasarım	Santiago Calatrava
Yapı Fonksiyonu	Sergi Salonu
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Taşıyıcı Sistem	Betonarme
Kaplama Malzemesi	Betonarme Kabuk Eleman
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Açılır – Kapanır Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Hidrolik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

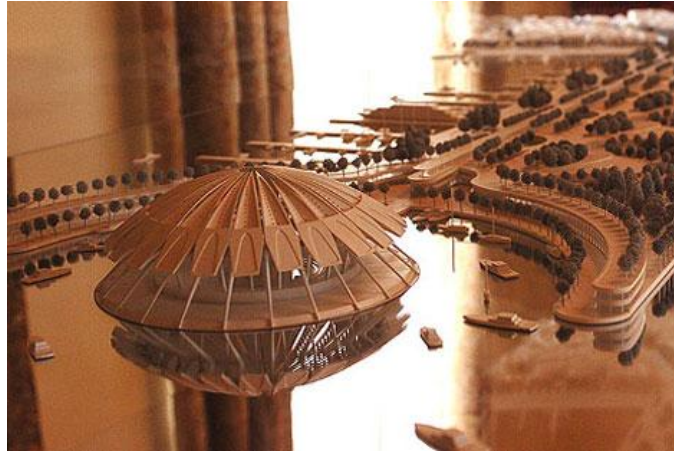
#### 3.36.2 Tasarım Yaklaşımı

Santiago Calatrava 'nın hareketli çatı teması İspanya 'daki Lucerne Gölü üstünde yer alan CH\_91 Pavyonu (Yüzen Pavyon) için daha fazla araştırılmıştır. Çünkü bu projenin gölün üstünde inşa edilmesi ve üst örtü hareketinin yanı sıra pavyonun su üstünde hareketi de söz konusudur. Ayrıca Santiago Calatrava 'nın pavyonun mimari formunu belirlemede, bir laboratuarda bu tür yapıların hareket mekanizması ve

elemanlarının geometrilerini araştırarak hizmet etmesi vesile olmuştur (Alexander, 2004).

### 3.36.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Bu tasarım betonun kullanımıyla ilgili olarak birçok deneyden geçmiştir. Bu pavyon bir oditoryum, sergi salonu ve göl kenarındaki küçük toplulukları canlandırmak için diğer faaliyetleri içermektedir. Pavyonun çatısı 24 adet seyyar, beton malzemeden yapılmış çiçek biçimindeki elemanların radyal bir desende düzenlenmesiyle oluşmaktadır. Bu betonarme kabuk elemanlar radyal desende tıpkı bir çiçek gibi açılıp kapanabilmektedir. Ayrıca Lucerne Gölü'nün kıyısındaki herhangi bir yer için hareket edebilen betonarme kabuktan oluşan bir sal niteliğindedir (Alexander, 2004).



Şekil 3.108 Yüzen Pavyon üst örtüsü hareket matrisi  
(Calatrava: Case Update, 2011)

### 3.37 Zaragoza Arena (Zaragoza, İSPANYA)

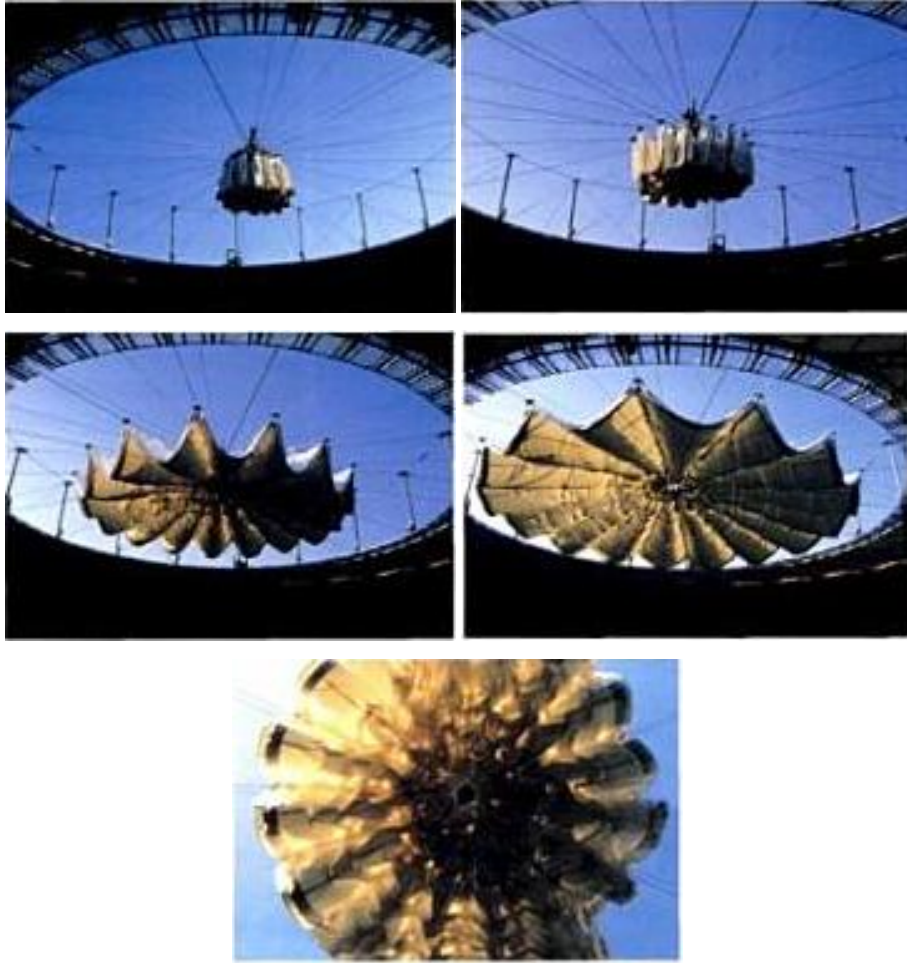
#### 3.37.1 Genel Özellikler

Tablo 3.37 Zaragoza Arena Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Zaragoza, İspanya
Yapım Yılı	1989
Örtülen Alan	1000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Schlaich Bergerman
Yapı Fonksiyonu	Boğa Güreşi ve Çok Amaçlı Arena
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Geçilen Açıklık	36 metre
Yapı Yüksekliği	15 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik ve Kablo Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PVC Kaplı Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	 Vinçli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.37.2 Tasarım Yaklaşımı

Zaragoza Arena yılda sadece birkaç gün yaz aylarında boğa güreşi için kullanılmaktadır. 15 bin kişilik oturma kapasitesine sahip olan bu arenanın hava şartlarına bağlı olmadan sürekli kullanılabilmesi için arenaya bir hareketli çatı tasarlanmıştır. Tasarım yaklaşımı olarak arenanın merkezinde, yarı geçirgen, hafif ve geniş açıklık geçebilen bir hareketli çatı uygulanmıştır.

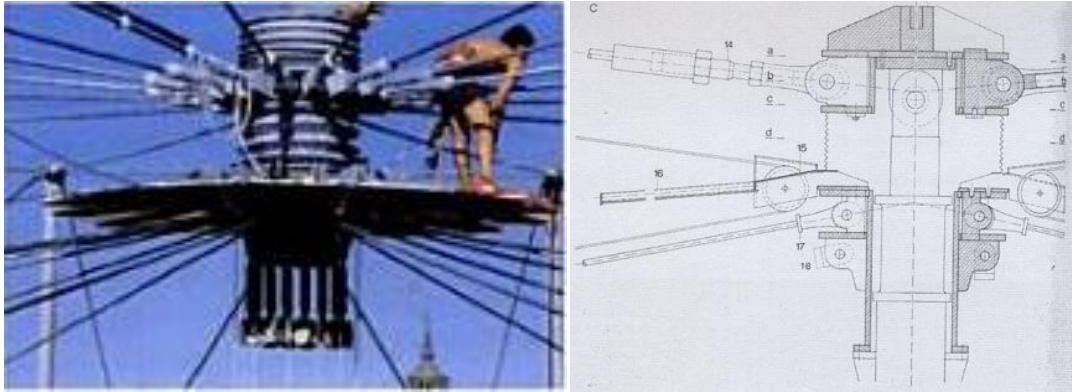


Şekil 3.109 Üst örtünün hareket diyagramları (Holgate, 1997)

### 3.37.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Merkezi olarak açılıp kapanabilen bu çatı, gerilebilen yarı geçirgen membran malzeme ile kaplanmıştır. Tüm yapı, 88 metre çapta dairesel alan kaplamakta ve bu

dairesele alana hiç kolon düşmemektedir. Strüktür yükünü taşmak için bir çeşit yassı ark tasarlanmıştır. Çarkın poyrası birbiri üstünde dikey koyulmuş ve basınç çubuklarıyla birleştirilmiş, 36 metre çapında iki adet çember kablo ile biçimlendirilmiştir. Çatının merkezi hareketini sağlamak için bu yapısal iki çember, destek strüktürler sayesinde çatı yükünü dengelemektedir. İ ark merkezi bir poyra ve düğünden oluşmaktadır. Dıştaki basınç çemberinden ayrı tüm parçalar, normal yükler için esas elemandır. Tüm bu biçimlendirmeler, çatı yükünü minimum seviyeye indirmek içindir (Bergermann, 1994).



şekil 3.110 st örtünün öngerme sistemleri (Holgate, 1997)

atı hareketi, elektrik motorlarıyla harekete geçen 16 adet yardımcı elemanla sağlanmaktadır. Ayrıca merkezi bilgisayarla koordine edilebilen bir sistem tarafından çatı hareketi kontrol edilebilmektedir. Çatının merkezindeki elemanlar, çatı kapalı konumdayken gereksinim duyulan stabiliteyi sağlamak için gerilimli olmak zorundadır. Bu süreç, merkezi dğndeki millerin elektrik sistemle hareket ettirilmesiyle sağlanabilmektedir (Bergermann, 1994).

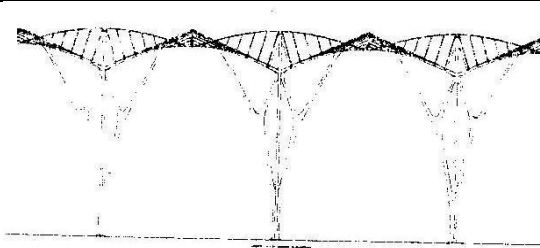


şekil 3.111 st örtünün hareket ettirilmesi (Walter, 2006)

### 3.38 Bauschanzli Restoran (Zürih, İSVİÇRE)

#### 3.38.1 Genel Özellikler

Tablo 3.38 Bauschanzli Restoran genel özellikleri

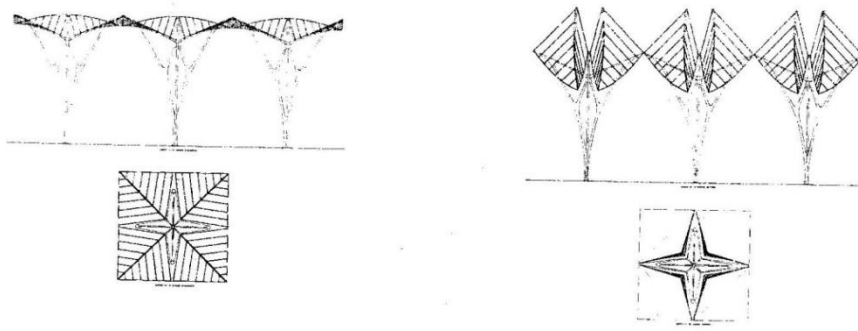
Yapım Yeri	Zürih, İsviçre
Yapım Yılı	1988
Mimari Tasarım	Santiago Calatrava
Yapı Fonksiyonu	Gölgelik
Örtünün Geometrisi	Kare Geometri
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Cam Malzeme
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Üst Örtü Görünüşü	

#### 3.38.2 Tasarım Yaklaşımı

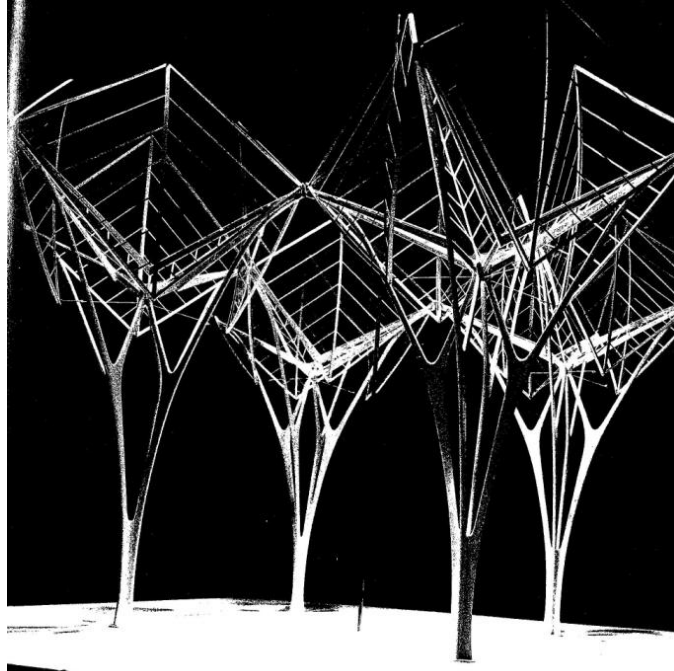
Santiago Calatrava, Zürich 'deki bir açık hava restorandı için taşıyıcı kurguda hareketli, çerçeve tipi katlanma hareket özelliğine sahip bir hareketli çatı sistemi önerisi sunmuştur. Bunu üzerinde restaurant için katlanabilen hareket özelliğine sahip hareketli strüktür mekanizması, bilimsel incelemelerin analitik araştırmalarından kaynaklı çizilirken doğal bir prototipten benzerlikle ağaç gibi biçimler olarak belirlenmiştir. Bu benzerlikle, bir adada bulunan yüksek ve yeşil ağaçlar tasarım yaklaşımı oluşturulmuştur (Alexander, 2004).

### 3.38.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Calatrava'nın katlanabilen çatı strüktürü, cam ve çelik malzemelerin kullanımıyla çözülmüş 9 adet şemsiye konsepti elemanların birbirine bağlanmasından ibarettir. Sistemdeki her bir eleman 12 m yüksekliğinde olup sistem eşit olarak çaprazlama dört parçaya ayrılmıştır. Her bir parçaya cilalanmış cam geçirilmiş ve hareket fonksiyonu böylece homojen dağıtılmıştır. Sistemdeki merkezi menteşenin yukarıya doğru hareketi esnasında diğer sekiz kenar bir yıldız biçimini tanımlamaktadır. Katlanma hareketi olmadığı zaman ise eğimli yüzeyler, devamlı bir çatıyı oluşturmaktadır (Alexander, 2004).



Şekil 3.112 Üst örtü strüktür konsepti (Alexander, 2004)

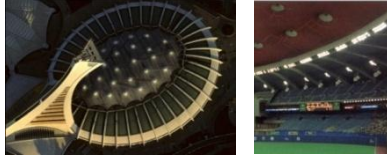
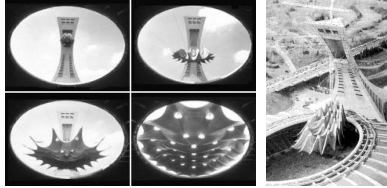



Şekil 3.113 Üst örtü strüktür çözümü (Alexander, 2004)

### 3.39 Montreal Olimpiyat Stadı (Montreal, KANADA)

#### 3.39.1 Genel Özellikler

Tablo 3.39 Montreal Olimpiyat Stadı Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Montreal, Kanada
Yapım Yılı	1987
Örtülen Alan	18,500 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Roger Taillibert
Yapı Fonksiyonu	Stadyum
Örtünün Geometrisi	Elipsoid Geometri
Geçilen Açıklık	120 metre
Kule Yüksekliği ve Eğimi	168 metre, 45 derece
Hareket Süresi	Yaklaşık 45 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik ve Kablo Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Kevlar Membranı
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	 Vinçli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	



### 3.39.2 Tasarım Yaklaşımı

1976 yılında düzenlenen olimpiyat oyunlarının Montreal 'de yapılması kararı üzerine inşa edilen stadyumun hareketli çatısı çözülemeyen birtakım strüktürel sorunlar nedeniyle 1987 'de inşa edilmiştir. Tasarım yaklaşımı olarak örtü malzemesinde hareketli bu çatı, membran örtüyü taşıyan çelik kulenin eğik konumundan ötürü, dünyanın ilk en büyük eğik strüktürüne sahip projesidir. Öncelikle örtü malzemesinde hareketli olarak tasarlanan bu çatı; giderilemeyen birtakım nedenlerden dolayı bu stadyuma şu an projesi tamamlanmış, tüm testler yapılmış olan taşıyıcı kurguda hareketli bir çatı projesi uygulanacaktır.

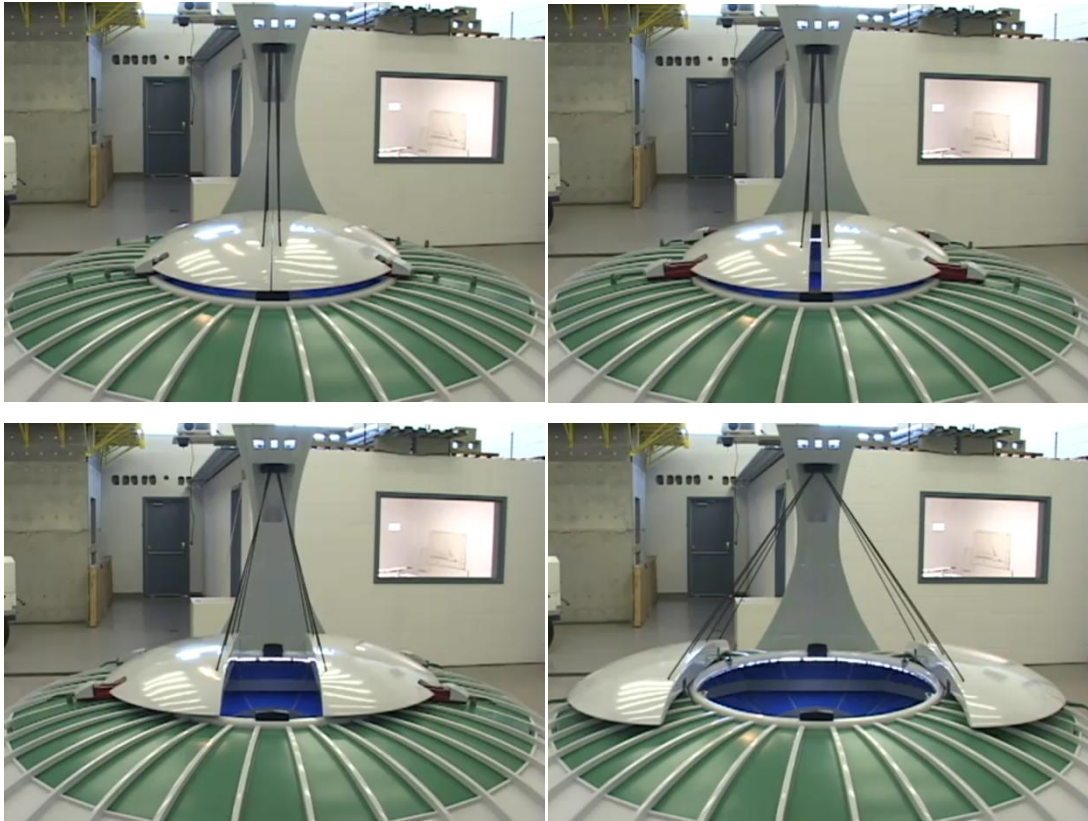
### 3.39.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Montreal Olimpiyat Stadında 1987 'den bu yana kullanılan örtü malzemesinde hareketli çatı sisteminde, membran malzeme belirli noktalarından çelik kablolarla asılmıştır. Bu çelik kablolar ile membran malzemenin kulenin tepe noktasına doğru toplanması sağlanmıştır. Fakat birçok mekanik sorundan dolayı membran malzemede yırtılmalar oluşmuştur ve bu da üst örtü bakım maliyetinin artmasına neden olmuştur. Bu sebeplerle başarısızlığa uğrayan bu sistem, şu an taşıyıcı kurguda hareketli bir sistem ile yenilenme aşamasındadır.



Şekil 3.114 Montreal Olimpiyat Stadı örtü malzemesinde hareketli çatısı

Taşıyıcı kurguda hareketli üst örtü projesi, yer çekimi ve potansiyel enerjiden faydalanarak tasarlanmış bir sistemden oluşmaktadır. Bu sistemde, ortadan ikiye bölünmüş disk şeklindeki çatı; depolanmış basınçlı hava ve yer çekiminin yardımıyla hareket etmektedir. Stadyumun hemen yanı başında bulunan kuleden sarkan çelik halatların bir uçları iki parçalı çatıya ayrı ayrı bağlıyken diğer uçları kulede asılı bulunan ve aşağı yukarı hareket edebilen ağırlığa bağlanmıştır. 100PSI basınca sahip sistem, basınçlı hava yardımıyla kılavuzlar üzerinde bulunan ortadan ikiye bölünmüş çatıyı sağa ve sola hareket ettirerek açmakta ve halatlarla kulede bulunan ağırlığı da yukarı doğru taşımaktadır. Çatı tamamen açıldıktan sonra kuledeki ağırlık kilitlenerek kapanma için gereken potansiyel enerji depolanmaktadır. Kapanma hareketi ise çelik halatlarla çatıya bağlı ağırlığın yer çekimi yardımı ile kontrollü bir şekilde aşağıya doğru hareket ettirilmesiyle sağlanmıştır. Böylece diğer hareketli çatı sistemlerindeki gibi yüksek elektrik enerjisi gereksinimi kalmamıştır (Dessau, 2010).



Şekil 3.115 Montreal Olimpiyat Stadi taşıyıcı kurguda hareketli çatısı (Dessau, 2010)

### 3.40 Milwaukee Sanat Müzesi (Milwaukee, Wisconsin, UNITED STATES)

#### 3.40.1 Genel Özellikler

Tablo 3.40 Milwaukee Sanat Müzesi genel özellikleri

Yapım Yeri	Milwaukee, Wisconsin, United States
Yapım Yılı	1982
Örtülen Alan	960 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Santiago Calatrava
Yapı Fonksiyonu	Müze
Örtünün Geometrisi	Serbest Biçimli Geometri
Geçilen Açıklık	16-64 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Çelik Konstrüksiyon
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Açılır - Kapanır Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Hidrolik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.40.2 Tasarım Yaklaşımı

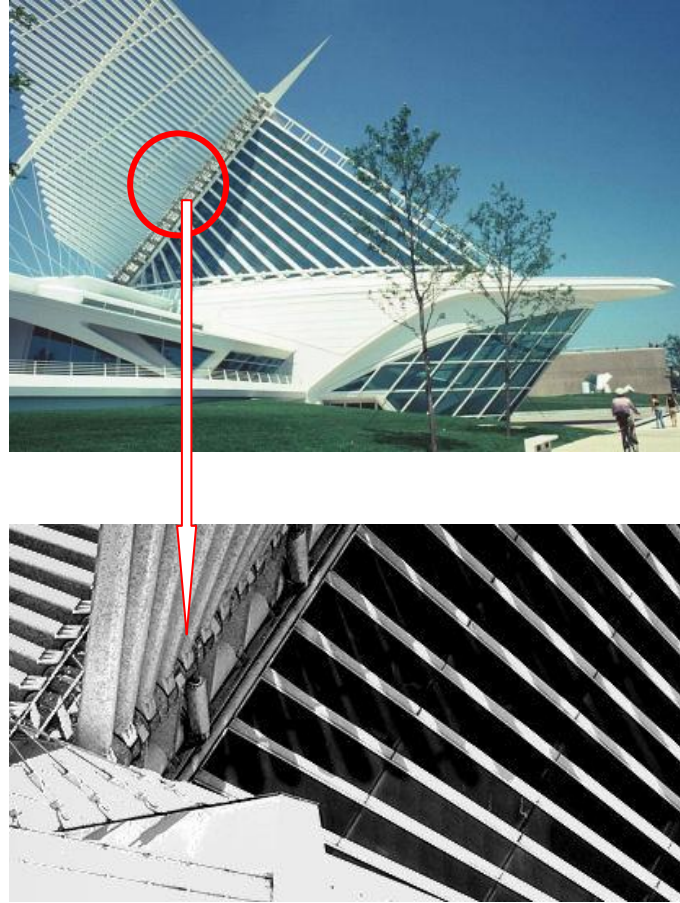
Calatrava'nın Milwaukee sanat müzesi için belirlediği tasarım yaklaşımı, imaj ve karşı tarafa verilmek istenen duygunun herhangi bir zamanda sürekli değişebileceği düşüncesidir. Bu tasarım konseptiyle formlanan Milwaukee sanat müzesi çağının en zengin ve kompleks projesi olmuştur. Tüm ayrıntılar düşünülmüş ve projeye incelikle kombine edilmiştir.



Şekil 3.116 Milwaukee sanat müzesi hareket matrisi  
(Calatrava, 2011)

### 3.40.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Calatrava için bu yapıda en önemli kriter strüktürdür ve strüktürde dev bir kanat hissi uyandırmak istemiştir. Bu düşünce doğrultusunda parça elemanlar kullanarak bir bütün içerisinde bireysel hareket edebilen bir kinetik strüktür oluşturmuştur. Kanatları oluşturan bu parça elemanlar çelik levhalardan üretilmiş, kaynak yaparak omurgaya birleştirilmiş ve iç kısımda katılaştırılmıştır.



Şekil 3.117 Yüzgeçlerin birleştirildiği omurga ve detayı  
(Calatrava, 2011)

Kanatların her biri 36 adet yüzgeçten oluşmaktadır ve bu yüzgeçlerin uzunlukları 8 ile 32 metre arasında değişmektedir. Her bir yüzgecin omurgada karşılaşmasıyla oluşan açılar birbirinden farklıdır ve böylelikle çatı kapalı biçimdeyken oluşan form konik bir biçimle kuralcı bir görünüş oluşturmaktadır. Çatı açık konumdayken en uzun yüzgeç, zemin planına paralel kalmakta ve dolayısıyla kanatlar yarı paraboloid bir biçim almaktadır. Bu mekanik kanatlar, yaklaşık 115 ton ağırlığında olup sergi ihtiyaçlarına göre manuel kontrol edilmektedir. Fakat; kötü hava şartları boyunca özellikle rüzgar hızı saatte 40 mil üstünde olduğu zaman, bir bilgisayar sistemi devreye girmekte ve otomatik olarak rüzgar ölçen bir mekanizma tarafından kontrol edilmektedir (Alexander, 2004).



Şekil 3.118 Kanatların açık ve kapalı görünüşleri (Calatrava, 2011)


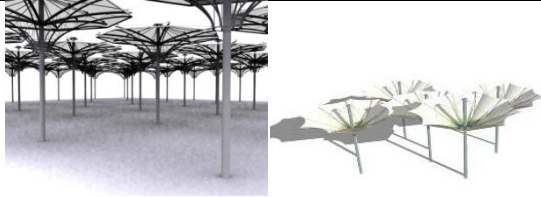



Şekil 3.119 Kanatların hareket diskleri (Valcarcel, 2011)

### 3.41 Ulusal Bahçe Sergisi Gölgelekleri (Köln, ALMANYA)

#### 3.41.1 Genel Özellikler

Tablo 3.41 Ulusal Bahçe Sergisi Gölgelekleri genel özellikleri

Yapım Yeri	Köln, Almanya
Yapım Yılı	1971
Örtülen Alan	Gölgelek Başına 200 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Frei Otto
Yapı Fonksiyonu	Sergi Alanı
Örtünün Geometrisi	Dokuzgen Geometri
Geçilen Açıklık	17,4 metre
Pilon Yüksekliği	Yaklaşık 12 metre
Hareket Süresi	2,5 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PVC Kaplı Polyester Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Hareketli Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	
Üst Örtü Görünüşü	

### ***3.41.2 Tasarım Yaklaşımı***

Köln ‘de Frei Otto tarafından Federal Bahçe Sergisi için tasarlanan gölgelikler şemsiye tipi strüktürlerin ilk örnekleridir. Yaklaşık 800 kişilik oturma alanını ve bir dans pistini örtecek biçimde tasarlanan şemsiyelerin her biri 200 m<sup>2</sup> alana sahiptir (Güçyeter, 2004).

### ***3.41.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri***



Dokuzgen geometriden oluşan gölgeliklerde ana taşıyıcı merkezdeki pılondur ve galvaniz kaplı çelik malzemedен yapılmıştır. Pılondan ışınal yayılan kaburgalar üzerinde belirli noktalardan PVC kaplı membran malzeme asılmıştır. Kaburgaların pilon üzerinde hareket etmesiyle birlikte membran malzeme yayılmakta ve üst örtü açılmaktadır. Kaburgaların hareketini sağlayan hareket mekanizması ise pilonun içinde bulunmaktadır. Pilonun alt kısmında bulunan motor sayesinde sistem harekete geçmekte ve üst örtü açılıp kapanmaktadır.



### 3.42 Mush Balloon (Osaka, JAPONYA)

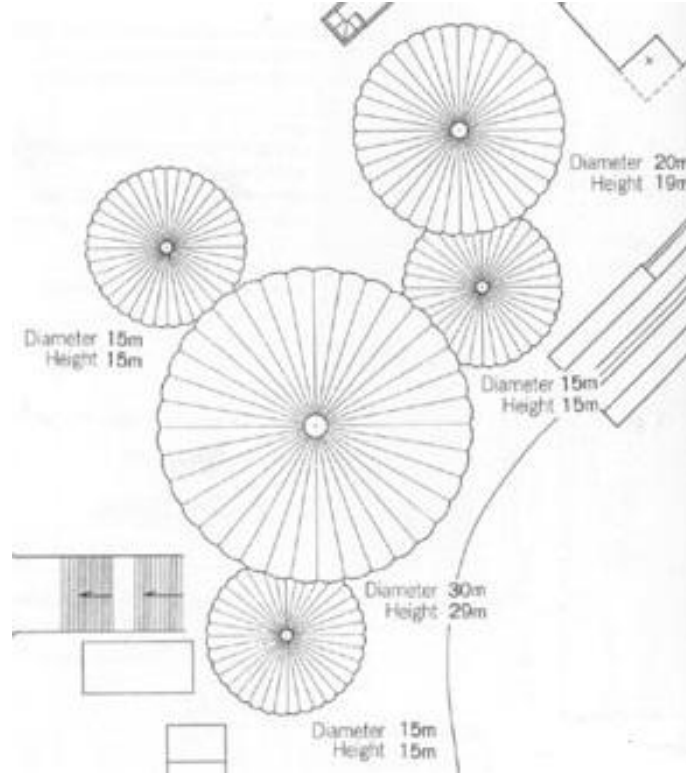
#### 3.42.1 Genel Özellikler

Tablo 3.42 Mush Balloon genel özellikleri

Yapım Yeri	Osaka, Japonya
Yapım Yılı	1970
Örtülen Alan	700 m <sup>2</sup> , 310 m <sup>2</sup> , 180 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	T. Oki & Associates
Yapı Fonksiyonu	Sergi Alanı
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Geçilen Açıklık	30 metre, 20 metre, 15 metre
Hareket Süresi	15 dakika, 10 dakika, 8 dakika
Taşıyıcı Sistem	Hareketli Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	PVC Kaplı Sentetik Membran
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Açılır - Kapanır Hareketli Sistem (Pinömatik Gerilmeli)
Hareket Mekanizması	Pinömatik Sistem
Üst Örtü Görünüşü	
	

### 3.42.2 Tasarım Yaklaşımı

Mush Balloon, Japonya 'nın Osaka kentinde sergi alanı gölgelikleri olarak tasarlanmıştır. Tasarım yaklaşımı olarak, farklı ölçülerde 5 adet taşıyıcı kurguda hareketli çerçeve tipi açılır - kapanır hareketli sistem benimsenmiştir ve hareket mekanizması olarak pinömatik gerilmeli sistem uygulanmıştır.

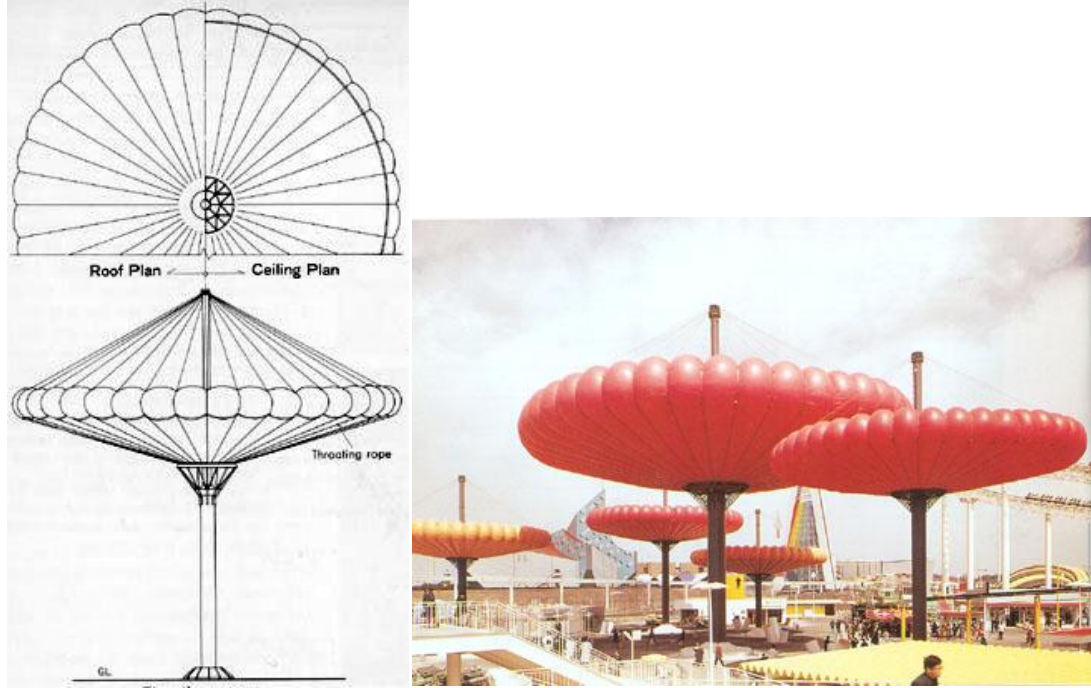


Şekil 3.120 Mush Balloon tasarım konsepti [Expo 1970 (Osaka): Mush-balloon, 2011]

### 3.42.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Ters çevrilmiş koni biçimindeki balon, merkezdeki destek strüktürün tepe noktasından uzanan 45 tane kablo tarafından asılmaktadır. Balon gölgelik biri altta diğeri üstte olacak şekilde membrandan yapılmış, sistem içerisindeki teller tarafından kuvvetlendirilmiş ve böylelikle hava geçirmeyen bir katman oluşturulmuştur. Merkezi destek strüktüründen bu membran elemanlar yayılınca teller tarafından tekrarlanmış silindir yüzey oluşturulmuştur ve bu doğrultuda balon şişirilince dışarı

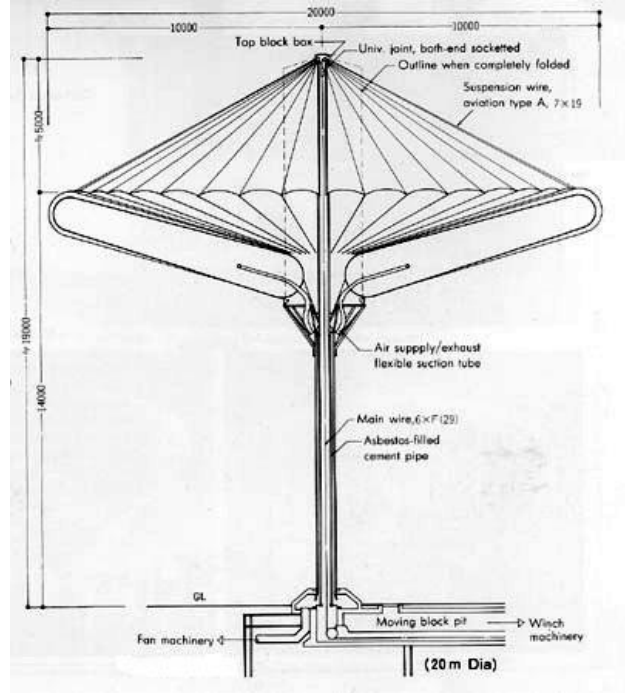
doğru uzatılmış basık bir etki oluşmaktadış. Ayrıca bu durum süspansiyon kablolar için çok iyi bir gerilim sağlamaktadır (Ishii, 1990).



şekil 3.121 Mush Balloon strüktür konsepti [Expo 1970 (Osaka): Mush-balloon, 2011]

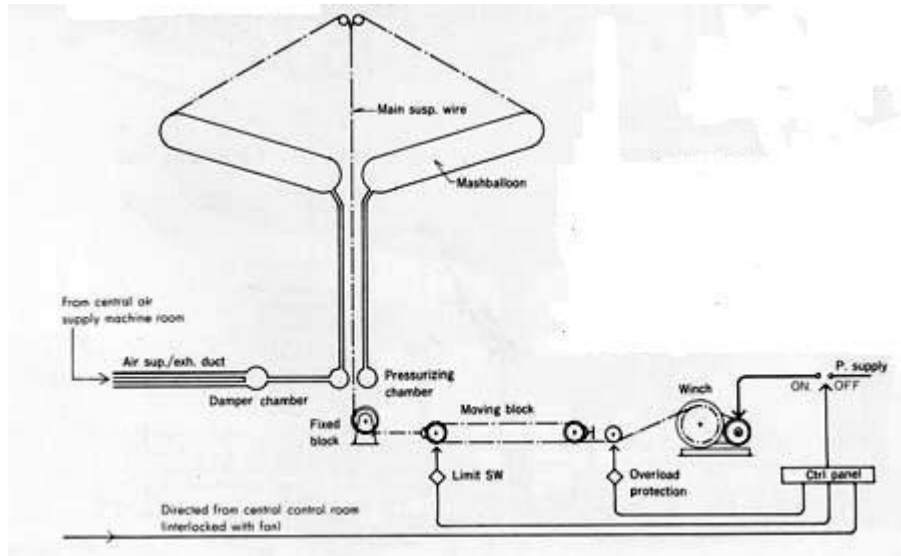
Bu tasarım sistem açılma durumunda 15 m/dk ve kapanma durumunda 60 m/dk süratli rüzgar gücüne direnebilmektedir. Balonun iç basıncı sistem açık durumundayken 150 mm basınç ve açılıp-kapanma hareketi boyunca ise 100 ile 500 mm basınç arasındadır.

Sistem hareketi esnasında balonun genişleme gücü ile kabloların bu gücü engellemesi arasındaki oluşacak dengesizlik kaçınılmazdır ve bu durum balonun rijitliğini olumsuz etkileyecektir. Bu durumda balonlar, rüzgar yüklerini yatay veya düşey kaldırma durumunda daha hassas olacaktır. Balonlarda en uygun hareket kontrol sistemi geriye hava üfleme veya havayı sistem dışına çıkarmak ile devamlı ayarlanmış basınçtır. Bu doğrultuda balon rüzgara karşı direnebilecek ve sistem açılıp kapanma hareketi boyunca süspansiyon kablolarında emniyetli basınç oluşacaktır (Ishii, 1990).



Şekil 3.122 Mush Balloon strüktür kesiti [Expo 1970 (Osaka): Mush-balloon, 2011]

Balonda iki hareket sistemi kullanılmaktadır. Otomatik kontrol edilebilen hava basıncı ve havalandırma sistemiyle gerilim oluşturulan sistemdir. Her iki bağımsız sistem, merkezi kontrol birimi ve merkezi bilgisayar yazılımı tarafından uyarılmaktadır (Ishii, 1990).

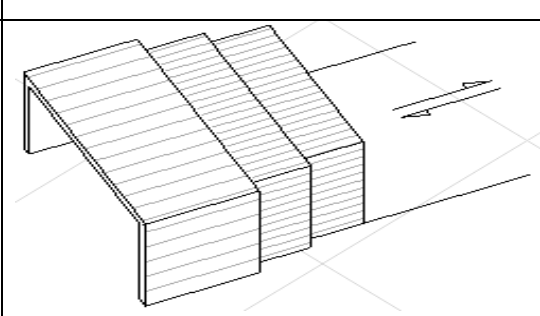


Şekil 3.123 Mush Balloon hareket mekanizması [Expo 1970 (Osaka): Mush-balloon, 2011]

### 3.43 Magrodome Yüzme Havuzu (Saar, ALMANYA)

#### 3.43.1 Genel Özellikler

Tablo 3.43 Magrodome Yüzme Havuzu genel özellikleri

Yapım Yeri	Saar, Almanya
Yapım Yılı	1970
Örtülen Alan	1500 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Büro Zimmer
Yapı Fonksiyonu	Spor Salonu
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	34,14 metre
Hareket Süresi	15 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Galvanizli Sac Kaplama
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Kayar Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Dişli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

#### 3.43.2 Tasarım Yaklaşımı

Magrodome yüzme havuzu 1970 yılında Mimar Büro Zimmer tarafından tasarlanmıştır. Bu tasarımda kayma hareket özelliğine sahip çerçeve panellerin birbiri içine geçerek toplanabilmesiyle oluşan hareket konsepti uygulanmıştır. 3 adet çerçevenin kaymasıyla oluşan sistemde çerçeve strüktürlerin aralarına destek kirişleri atılmıştır.

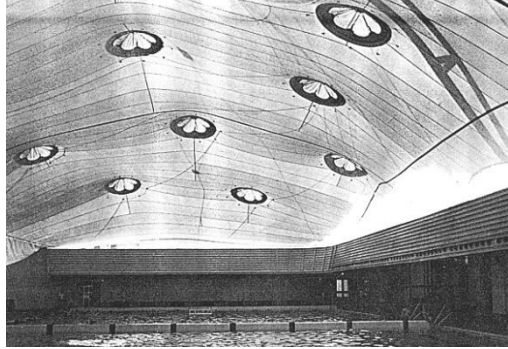
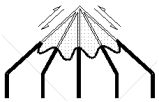
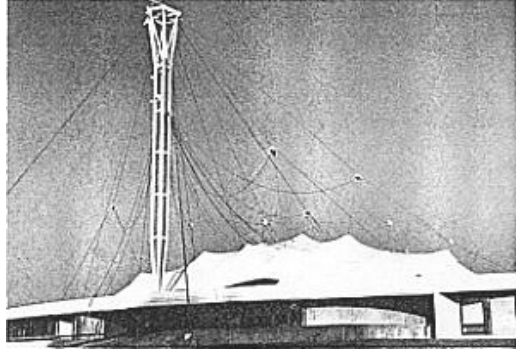
### ***3.43.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri***

Magrodome yüzme havuzu üst örtüsü hareketi, hareket mekanizmasındaki motor sisteminin devreye girmesiyle gerçekleşmektedir. Üst örtü uzun aksı boyunca çerçeve strüktürlere kılavuz olacak şekilde zemine zincir sistem yerleştirilmiştir. Hareket mekanizmasındaki motor sisteminin zincir sistemleri harekete geçirmesiyle küçük ve orta boyuttaki çerçeve paneller büyük panelin altına doğru kaymaya başlamaktadır. Paneller büyük panelin altında toplandıktan sonra bu üç panel birlikte havuzun uç noktasına doğru kaymakta ve böylelikle havuzun çatısı tamamen açılmaktadır (Güçyeter, 2004).

### 3.44 Lyon, Fransa'daki Bir Yüzme Havuzunun Çatısı (Lyon, FRANSA)

#### 3.44.1 Genel Özellikler

Tablo 3.44 Lyon, Fransa'daki Bir Yüzme Havuzunun Çatısı genel özellikleri

Yapım Yeri	Lyon, Fransa
Yapım Yılı	1970
Örtülen Alan	2046 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Frei Otto
Yapı Fonksiyonu	Yüzme Havuzu
Örtünün Geometrisi	Dikdörtgen Geometri
Geçilen Açıklık	33 metre
Pilon Yüksekliği	Yaklaşık 24 metre
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Yarı Saydam Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği 	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	Vinçli Sistem
Üst Örtüden Görünüş	

### ***3.44.2 Tasarım Yaklaşımı***

Lyon, Fransa'daki bir yüzme havuzunun çatısı, örtü malzemesinde hareketli destek strüktürü sabit hareket özelliğine sahip tasarım yaklaşımı ile oluşturulmuştur. Bu yüzme havuzunda membran malzeme kullanılarak ekonomiklik, üst örtüde hafiflik ve yarı saydamlık elde edilmiştir.

### ***3.44.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri***

Bu tasarımda ana taşıyıcı sabit bir pilonudur. Bu pilyondan ışınal olarak serbest aksta yayılan kablolar bulunmakta ve kablolar üzerinde membran malzeme belirli noktalardan asılarak taşınmaktadır. Kabloların zeminde bulunan vinçli sistem ile harekete geçirilmesiyle birlikte membran malzeme pilyonun üst kısmına doğru toplanmakta ve böylelikle üst örtü açılmaktadır. Yine aynı şekilde vinçli sistem sayesinde kablolar üzerinde bulunan membran malzeme aşağı doğru salınmakta ve böylece üst örtü kapanmaktadır.



### 3.45 Bad Hersfeld Açık Hava Tiyatrosu (Bad Hersfeld, ALMANYA)

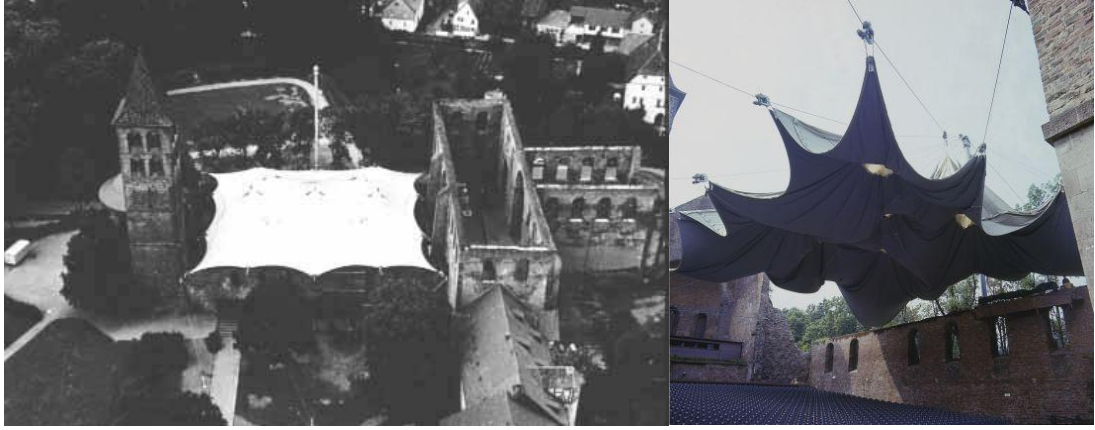
#### 3.45.1 Genel Özellikler

Tablo 3.45 Bad Hersfeld Açık Hava Tiyatrosu Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Bad Hersfeld, Almanya
Yapım Yılı	1968
Örtülen Alan	1315 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Frei Otto
Yapı Fonksiyonu	Açık Hava Tiyatrosu
Örtünün Geometrisi	Yarım Küre Formunda Geometri
Geçilen Açıklık	37 metre
Pilon Yüksekliği	32 metre
Hareket Süresi	4 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Sentetik Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	Vinçli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.45.2 Tasarım Yaklaşımı

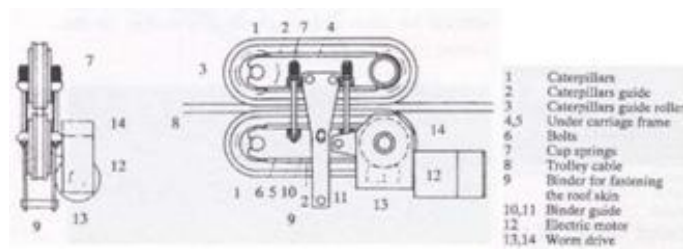
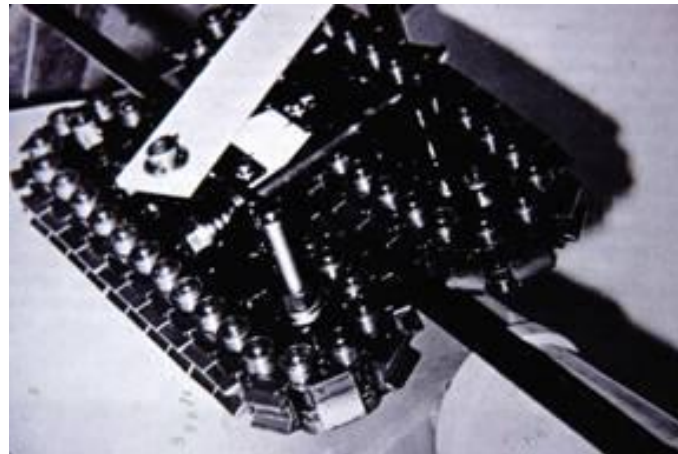
Almanya'nın Bad Hersfeld şehrinde gerçekleştirilen yaz festivallerini açık hava gösterileri şeklinde yapabilmek için Frei Otto ve ekibi tarafından tarihi yapıyı ve mekansal alanı zedelemeyecek ve de gösteri esnasında oluşabilecek olumsuz hava koşullarında tiyatro yapısının etkilenmesine olanak vermeyecek şekilde bir tasarım yaklaşımı sunulmuştur.



Şekil 3.124 Bad Hersfeld Açık Hava Tiyatrosu üst örtü konsepti (Tensile Structures, 2011)

### 3.45.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Bad Hersfeld açık hava tiyatrosu üst örtüsü; strüktürel olarak bir pilon, membranı taşıyan ve toplanma hareketini sağlayan ışınsal kablolar ve de PVC kaplı membran malzemeden oluşmuştur. Esas destek strüktürü olan pilon tiyatro mekanı dışında sabitlenmiş ve bu pilona gerilmiş öne doğru 14 adet kablo ile arkaya doğru 2 adet kablo tarafından üst örtü taşınmakta ve hareketini gerçekleştirmektedir. Bu kablolar üzerinde içeriden ve dışarıdan belirli noktalarda asılmış olan membran örtü, elektrikli motorların bu ışınsal kabloları çekmesiyle birlikte harekete geçmektedir. Bu kablolar makara ve vinçlerle desteklenmektedir. Pilon merkez kabul edilen sistemde tüm hareket pilona doğru gerçekleşmektedir (Güçyeter, 2004; Tensile Structures, 2011).





Şekil 3.125 Üst örtü hareket mekanizması (Walter 2006 ve Tensile Structures, 2011)

### 3.46 Boulevard Carnot Yüzme Havuzu (Paris, FRANSA)

#### 3.46.1 Genel Özellikler

Tablo 3.46 Boulevard Carnot Yüzme Havuzu Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Paris, Fransa
Yapım Yılı	1967
Örtülen Alan	1800 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Roger Taillibert
Yapı Fonksiyonu	Spor Salonu
Örtünün Geometrisi	Elipsoid Geometri
Geçilen Açıklık	32 metre
Pilon Yüksekliği	16 metre
Hareket Süresi	12 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Sentetik Membran
Malzeme Kullanım Detayı	
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	Vinçli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

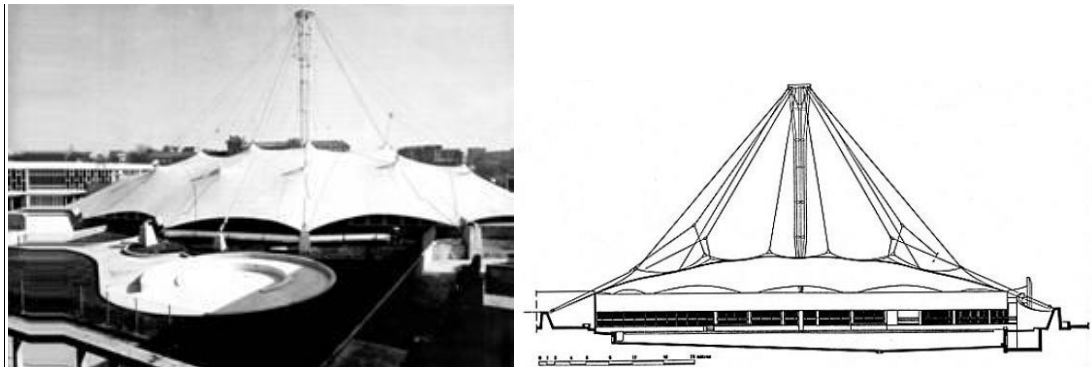
### 3.46.2 Tasarım Yaklaşımı

Paris'te bulunan Carnot yüzme havuzu, örtü malzemesinde hareketli destek strüktürü sabit merkezi hareket özelliğine sahip 17,000 kişi tarafından kullanılabilir bir plan kapasitesi ile çözülmüş ilk büyük ölçekli projedir.

Olumsuz hava şartlarından etkilenmemek, havuzun kullanım süresini uzatmak için ve tüm bunlar sağlanırken de basit bir sistem gerektirmesinden dolayı örtü malzemesinde hareketli merkezi hareket özelliğine sahip tasarım yaklaşımı benimsenmiştir. Hareketli üst örtü birkaç dakika içerisinde kapanabilmektedir ve böylece yüzme havuzu her an kullanılabilir (Swimming-pool: Experimental Swimming-pools – 1970-1971, 2011).

### 3.46.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Havuzun merkezinin dışa kaldırılmasıyla referans alınan noktaya çelik pilon inşa edilmiştir. Işınsal kablolarla desteklenmiş bu pilonun tepe noktasından başlayan çekme kabloları membran örtü malzemesini taşıyarak zemine inmektedir. Çekme kablolarında belirli noktalardan asılan membran örtü, sabitlenmiş pilonun zemininde bulunan vinçler tarafından 6 adet makara sisteminin çekilmesiyle hareket etmektedir. Ve bu hareket mekanik kontrol ile sağlanmaktadır (Swimming-pool: Experimental Swimming-pools – 1970-1971, 2011).



Şekil 3.126 Boulevard Carnot Yüzme Havuzu üst örtüsü (Swimming-pool: Experimental Swimming-pools – 1970-1971, 2011)



Şekil 3.127 Üst örtü askı noktaları ve hareket kabloları (Swimming-pool: Experimental Swimming-pools – 1970-1971, 2011)



Şekil 3.128 Üst örtü hareket makaraları (Swimming-pool: Experimental Swimming-pools – 1970-1971, 2011)

### 3.47 Palm Beach Açık Hava Tiyatrosu (Cannes, FRANSA)

#### 3.47.1 Genel Özellikler

Tablo 3.47 Palm Beach Açık Hava Tiyatrosu Üst Örtüsü genel özellikleri

Yapım Yeri	Cannes, Fransa
Yapım Yılı	1965
Örtülen Alan	800 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Roger Taillibert
Yapı Fonksiyonu	Çok Amaçlı Açık Mekan
Örtünün Geometrisi	Serbest Biçimli Geometri
Geçilen Açıklık	34,5 metre
Pilon Yüksekliği	15 metre
Hareket Süresi	12 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Sentetik Membran
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistem, Taşıyıcı Sistem Merkezine Doğru Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	Vinçli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

#### 3.47.2 Tasarım Yaklaşımı

Palm Beach açık hava tiyatrosu üst örtü strüktürü, dışarıdan ve eğik bir pilon ile uygulanan ilk hareketli membran strüktürdür. Işıklar kablolarla asılmış membran örtünün yine bu kablolarla pilonun tepe noktasına taşınarak hareketi söz konusudur.

### 3.47.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Güçyeter (2004), Palm Beach açık hava tiyatrosu üst örtü hareket mekanizmasını; “Membran üst örtü 8 adet kenar makarası, 8 adet orta makara ile 16 noktadan asılmıştır. Her makara kendine ait bir hareket kablosuna sahiptir. Hareketi sağlayan ana vinç sistemlerinden iki adet bulunmaktadır. Biri kenar makaraları için, diğeri orta makaralar için olan bu vinçlerin her birinde sekizer adet kablo yuvası bulunmaktadır. Tepe noktasında pilyondan asılmış olarak duran konik elemanın kendine ait bir makara sistemi ve hareket kablosu bulunmaktadır. Ana hareket mekanizmaları pilyonun ayaklarında bulunmaktadır ve bu 3 adet sabit motor ile otomatik olarak kontrol edilmektedir” şeklinde tanımlıyor (s. 33-34).




Şekil 3.129 Üst örtü hareket matrisi (Swimming-pool: Experimental Swimming-pools – 1970-1971, 2011)



### 3.48 Pittsburg Kent Oditoryumu (Pittsburg, ABD)

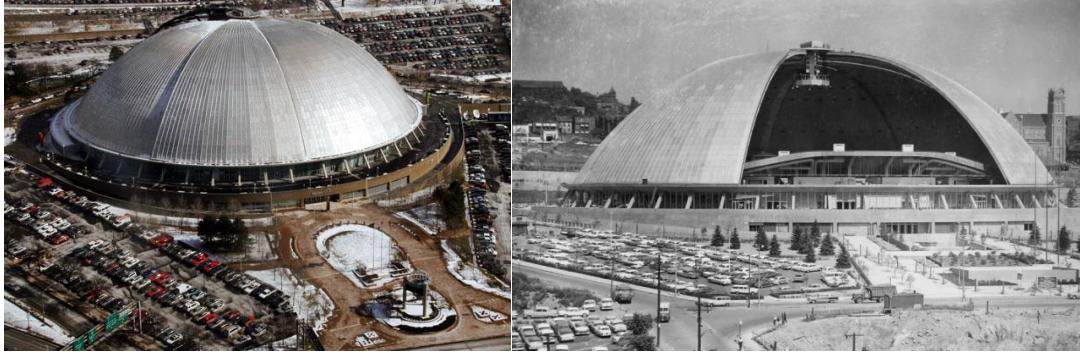
#### 3.48.1 Genel Özellikler

Tablo 3.48 Pittsburg Kent Oditoryumu genel özellikleri

Yapım Yeri	Pittsburg, ABD
Yapım Yılı	1961
Örtülen Alan	12500 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Mitchell & Ritchey
Yapı Fonksiyonu	Çok Amaçlı Salon
Örtünün Geometrisi	Dairesel Geometri
Geçilen Açıklık	127,2 metre
Hareket Süresi	2,5 dakika
Taşıyıcı Sistem	Çelik Konstrüksiyon
Kaplama Malzemesi	Paslanmaz Çelik Kaplama
Hareket Özelliği	Taşıyıcı Kurguda Hareketli, Çerçeve Tipi Döner Hareketli Sistem
Hareket Mekanizması	Tekerlekli ve Dişli Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

### 3.48.2 Tasarım Yaklaşımı

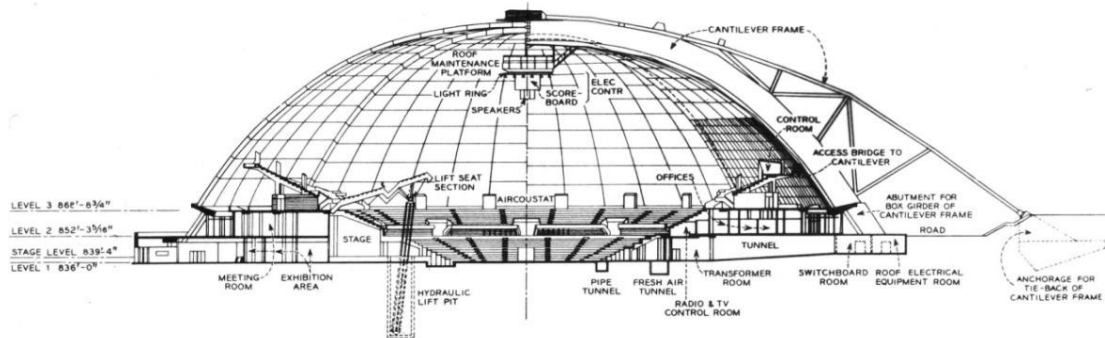
Kent oditoryumu olarak tasarlanan Pittsburg Civic Arenanın en büyük özelliği motorize edilmiş 127 metre çapında 45 metre yüksekliğinde ve 300 ton ağırlığındaki hareketli çatıdır. Dairesel plan düzlemindeki üst örtünün 8 parçaya bölünmesiyle elde edilen panellerden 6 tanesinin bir merkez etrafında ve dairesel dış sınırlar üzerinde döndürülmesiyle oluşan hareketli çatı tasarım yaklaşımı uygulanmıştır.



Şekil 3.130 Pittsburg Civic Arena üst örtü konsepti (Valcarcel, 2011)

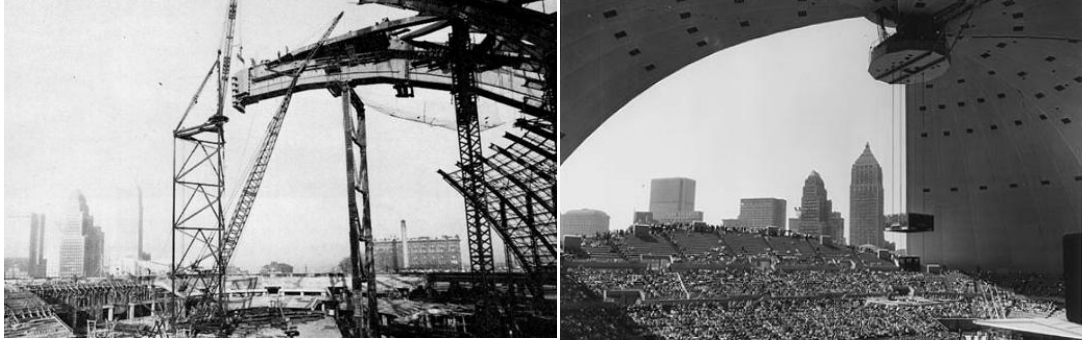
### 3.48.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Kubbenin zorlu bir tasarımı olmasına rağmen; hiçbir iç destek olmaksızın 2 dakikalık bir süreçte hareketini gerçekleştirmektedir. Hareketli kubbe için destek kolunun tamamlanmasıyla çelik konstrüksiyon inşasına başlanmıştır. Oditoryumun merkezinde bu çelik strüktür için 45 ton ağırlığında bir ağızlık inşa edilmiştir (Flashback: Pride of 1960, 2010).



Şekil 3.131 Pittsburg Civic Arena strüktür kesiti (A Civic Renewal, 2007)

Destek kolunun en ağır kısımlarından biri olan son bölüm (tepe noktası), paslanmaz çelik kubbenin 6 adet kayma hareketlerinin her biri için eksen iğneleri içermektedir. Kayma hareketleri bu iğnelerin üstünde menteşelenmiş olacak ve düşey iğneler üstünde eksenlenecektir.



Şekil 3.132 Pittsburg Civic Arena tepe noktası ve ağızlık (A Civic Renewal, 2007)

Konsol kol yaklaşık 1450 ton strüktürel çelik içermektedir ve bu kol eğimli kutu kirişten oluşmaktadır. Bu kiriş oditoryum merkezi için çelikle güçlendirilmiş büyük bir beton payandadan 83 metre uzatılmış ve en yüksek noktanın ucu için payandanın tepesi 45 metre yükseltilmiştir (Flashback: Pride of 1960, 2010).



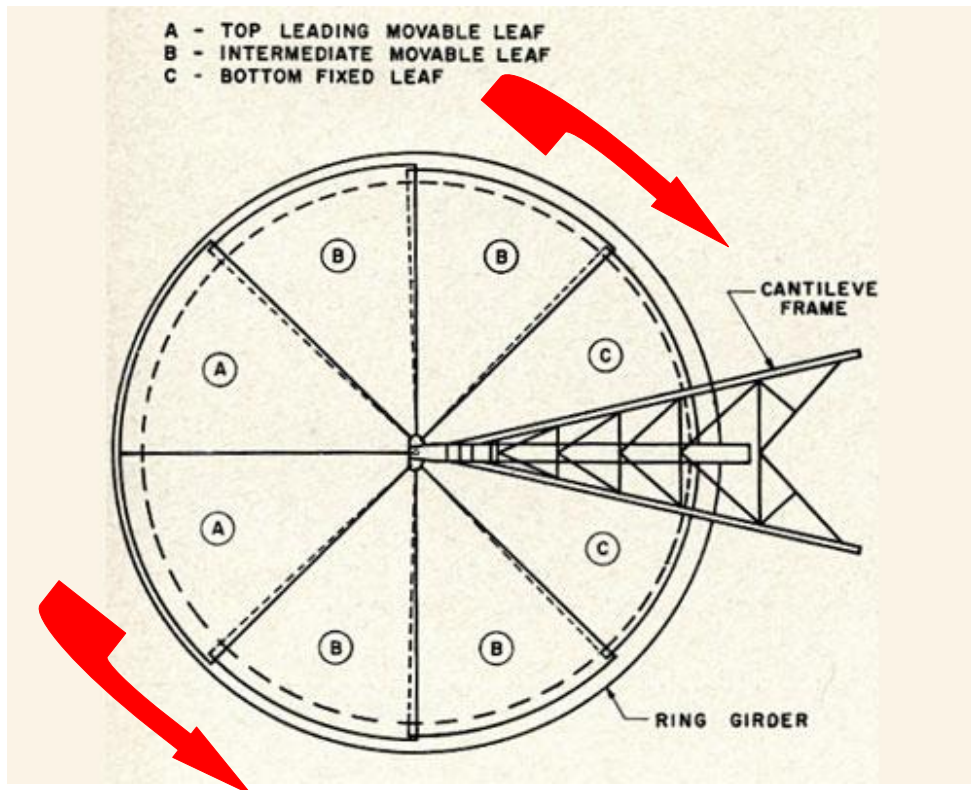
Şekil 3.133 Pittsburg Civic Arena konsol kol ve birleşimi (A Civic Renewal, 2007)

Kubbe çelik bir kaburgadan inşa edilmiş ve INCO Nickel Co. paslanmaz çelik ile kaplanmıştır. Kubbe 45 derece açıyla eğilmiş 8 parçaya bölünmüş ve 6 tane parçası eş merkezli, yük yönünde eğime sahip birbirine bitişik 3 adet halka biçimindeki raylar üstünde tekerleklerle merkez etrafında döndürülerek iki sabit dilimin üstüne gelmesiyle hareketini tamamlamaktadır. Her bir parça hareket gücünü, kubbenin tepe

noktasında asılı durumda olan güç merkezindeki 5 adet motordan almaktadır (Mellon Arena, 2010).



Şekil 3.134 Pittsburgh Civic Arena çelik kaplama işçiliği (A Civic Renewal, 2007)



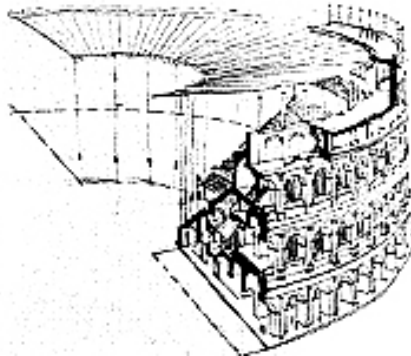
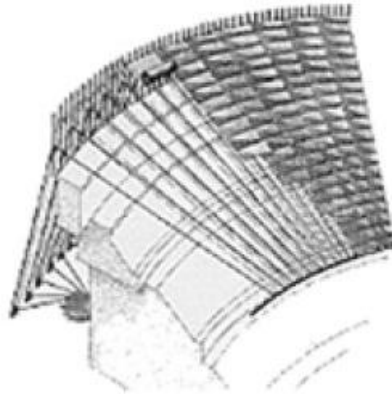
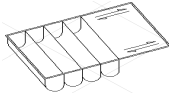
Şekil 3.135 Pittsburgh Civic Arena hareketli panellerin hareket konsepti (A Civic Renewal, 2007)

### 3.49 Colosseum (ROMA)

#### 3.49.1 Genel Özellikler

Tablo 3.49 Colosseum genel özellikleri

Yapım Yeri	Roma
Yapım Yılı	M.S. 82
Örtülen Alan	23000 m <sup>2</sup>
Mimari Tasarım	Vespasian, Domitian
Yapı Fonksiyonu	Gösteri Arenası
Örtünün Geometrisi	Elips Geometri
Geçilen Açıklık	103 metre
Taşıyıcı Sistem	Kendir Otundan İpler ve Demir Çubuklar
Kaplama Malzemesi	Velarium (Bir Çeşit Membran)
Hareket Özelliği	Destek Strüktürü Sabit Örtü Malzemesinde Hareketli Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Ana Aksına Paralel Yönde Hareket Özelliği
Hareket Mekanizması	İlkel Makara Sistem
Üst Örtü Görünüşü	

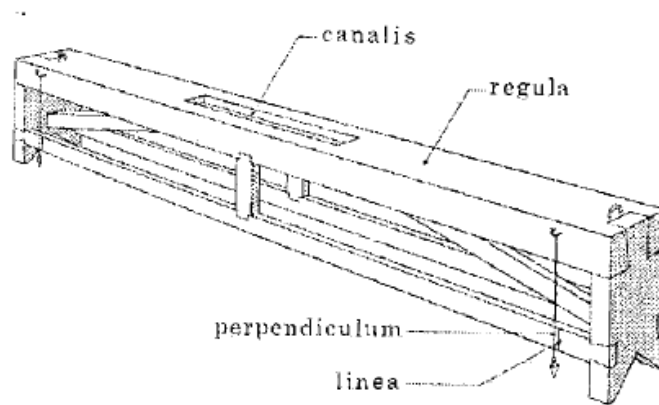


### 3.49.2 Tasarım Yaklaşımı

Batılı mimarların tarihteki tekstil malzemesi ile ilgili deneyimleri ilk olarak Roma Colosseum 'dan gelmektedir. MS 70-82 yılları arasında inşa edilen bu yapı 50 bin kişi kapasitesine sahip olup gösteri arenası olarak tasarlanmıştır. Uzun aks boyunca 188 metre ve kısa aks boyunca 156 metre uzunluğa sahip bu arena elips geometriye sahip bir yapıdır.

### 3.49.3 Taşıyıcı Sistem Özellikleri

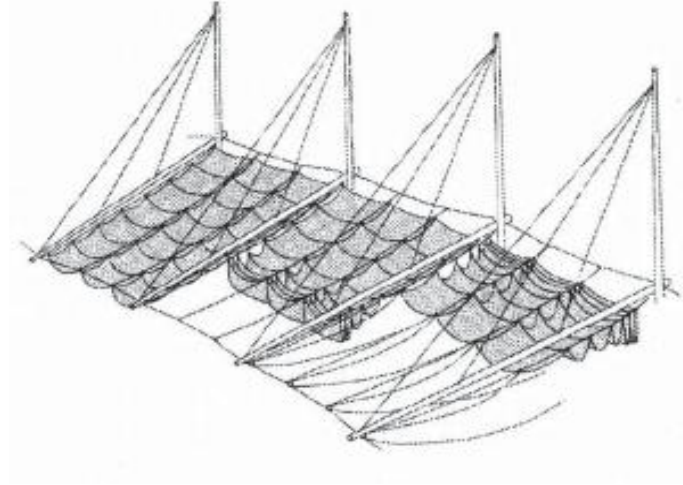
Colosseum 'un fonksiyonlarından dolayı yaratıcı bir strüktür çeşitliliğine ihtiyaç duyulmuştur ve bu sebeple 'vela' adı verilen bir tekstil malzemesini hareketli bir sistem içerisinde çözerek güneşten korunmak planlanmıştır. Bir çeşit membran malzeme olan velanın strüktürü, teknik içerikleri çok iyi bilen denizciler tarafından inşa edilmiştir. Düşey gemi direklerinin destek strüktürü ile yatay gemi direklerinden asılmış ve tıpkı gemi yelkenleri gibi iple asılarak desteklenmiştir. Eklemler ve bir makara sistemden oluşan strüktürdeki çıkma destekleri, 240 adet ahşap kirişi desteklemektedir. Bu ahşap kirişlerdeki gerilimi korumak için uygun noktalardan tente takılmıştır. Bu tente, bir kablo ağın üzerinde serilmiş ve gergili ipler tarafından çekilerek basitçe hareket ettirilmektedir (Mezher, 2003).



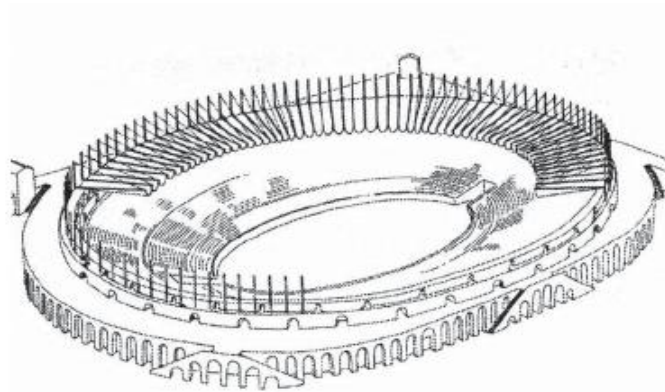
Şekil 3.136 Colosseum hareketli çatı strüktürü ahşap kirişi (Mezher, 2003)



Şekil 3.137 Colosseum hareketli çatı için çıkma destekleri (Mezher, 2003)



Şekil 3.138 Colosseum hareketli üst örtüsü hareket aşaması (Kuusisto, 2010)



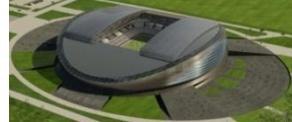






Şekil 3.139 Colosseum hareketli üst örtü strüktürü (Kuusisto,2010)

## BÖLÜM DÖRT

### HAREKETLİ ÇATI STRÜKTÜRLERİNİN ANALİZİ

Tablo 4.1 İrdelenen Örnekler

NO	YIL	HAREKET TİPİ (Bkz. Tablo 2.20 ve 2.21)	YAPI ADI YAPI YERİ	ÜST ÖRTÜ GÖRÜNÜŞÜ
1	2012	XXII	Jets Stadyumu Manhattan, New York, ABD	
2	2011	XXII	Türk Telekom Arena İstanbul, TÜRKİYE	
3	2009	XXII	Astana Stadı Astana, KAZAKİSTAN	
4	2009	XX	Marlins Stadyumu Miami, Florida, UNITED STATES	
5	2009	XXIV	Wimbledon Merkez Kortu Londra, UK	
6	2008	XXV	ELT Tenerife Tenerife, İSPANYA	
7	2008	XXII	Lucas Oil Stadı Indianapolis, INDIANA	



Tablo 4.1 Devamı

8	2007	XXII	Cowboys Stadi Dallas, A.B.D.	
9	2005	III	Commerzbank Arena Frankfurt, ALMANYA	
10	2003	XXVIII	Starlight Tiyatrosu Rockford, Illinois, U.S.	
11	2003	XXII	Landschaftspark Duisburg, ALMANYA	
12	2003	XXVI	Qi Zhong Stadyumu Shanghai, ÇİN	
13	2003	XXII	Cardinals Stadyumu Glendale, Arizona, ABD	
14	2002	XXIV	Reliant Stadyumu Houston, Texas, USA	
15	2002	XXV	Miller Park Stadyumu Milwaukke, A.B.D.	

Tablo 4.1 Devamı

16	2001	I	Toyota Stadyumu Toyota, JAPONYA	
17	2001	XX	Oita Stadyumu Oita, JAPONYA	
18	2000	XX	Minute Maid Park Houston, Texas, US	
19	2000	XXI	Pusan Dome Pusan, KORE	
20	1999	XX	San Sebastian Çok Amaçlı Merkez San Sebastian, İSPANYA	
21	1999	XXII	Cardiff Millennium Stadyumu Cardiff, BİRLEŞİK KRALLIK	
22	1998	XXIV	Acil Hizmetler Merkezi ve Pfalzkeller Galeri (Sankt Gallen, İSVİÇRE)	
23	1998	XX	Bank One Ball Park Phoenix, Arizona, ABD	
24	1997	VI	Rothenbaum Merkez Kortu Hamburg, ALMANYA	


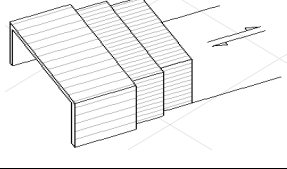
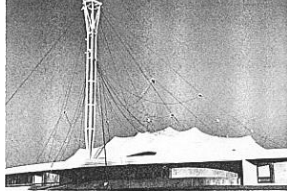




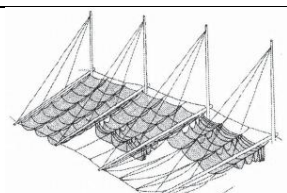
Tablo 4.1 Devamı

25	1997	XXIII	Komatsu Dome Miyazaki, JAPONYA	
26	1996	XXII	Amsterdam Arena Amsterdam, HOLLANDA	
27	1995	XX	Safeco Field Seattle, Washington, ABD	
28	1994	XVI	Wasseraifingen Sarayı Avlusundaki Şemsiyeler (Wasseraifingen, ALMANYA)	
29	1993	XX	Ocean Dome Miyazaki, JAPONYA	
30	1993	XXV	Fukuoka Dome Fukuoka, JAPONYA	
31	1992	XXVII	Kuveyt Pavyonu Seville, İSPANYA	
32	1992	XVI	Kutsal Peygamber Camisi Gölgelikleri Medine, SUUDİ ARABİSTAN	

Tablo 4.1 Devamı

33	1991	I	Athensheart Alışveriş Merkezi Athens, YUNANİSTAN	
34	1991	XXII	Ariake Colosseum Tokyo, JAPONYA	
35	1989	XX XXV	Toronto Sky Dome Toronto, KANADA	
36	1989	XXVII	Yüzen Pavyon Lucerne Gölü, İSPANYA	
37	1989	III	Zaragoza Arena Zaragoza, İSPANYA	
38	1988	XVI	Bauschanzli Restoran Zürich, İSVİÇRE	
39	1987	V	Montreal Olimpiyat Stadı Montreal, KANADA	
40	1982	XXIX	Milwaukee Sanat Müzesi Milwaukee, Wisconsin, US	
41	1971	XVI	Ulusal Bahçe Sergisi Gölgelikleri Köln, ALMANYA	

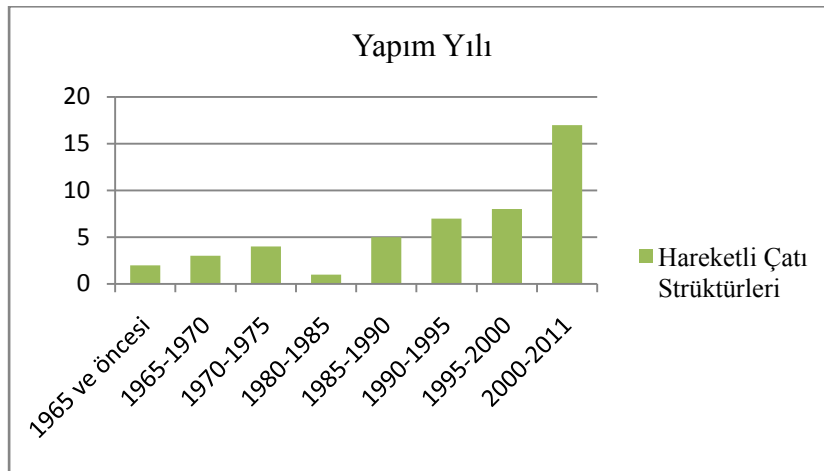
Tablo 4.1 Devamı

42	1970	XXVII	Mush Balloon Osaka, JAPONYA	
43	1970	XXIII	Magrodome Yüzme Havuzu Saar, ALMANYA	
44	1970	V	Lyon, Fransa'daki Bir Yüzme Havuzunun Çatısı Lyon, FRANSA	
45	1968	V	Bad Hersfeld Açık Hava Tiyatrosu Bad Hersfeld, ALMANYA	
46	1967	V	Boulevard Carnot Yüzme Havuzu Paris, FRANSA	
47	1965	V	Palm Beach Açık Hava Tiyatrosu Cannes, FRANSA	
48	1961	XXV	Pittsburg Kent Oditoryumu Pittsburg, ABD	
49	M.S. 82	I	Colosseum ROMA	

#### 4.1 Örneklerin İrdelenmesi

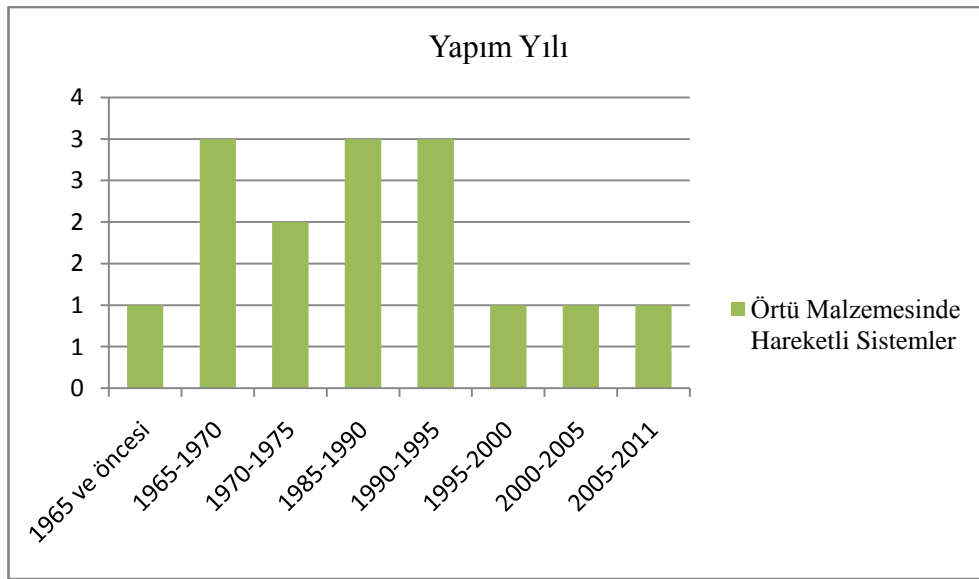
Bu bölüme kadar çalışmanın amaç, kapsam, yöntem paralelinde Türkçe ve yabancı literatürlerden, internetten vs. yapılan kaynak taraması sonucu elde edilen hareketli çatı strüktür örnekleri incelenmiş ve birçok örnek ana hatları esas alınarak detaylı bir şekilde bilgi verilmiştir. Örneklerin irdelenmesi bölümünde ise, incelenen örneklerden elde edilen bilgiler daha kapsamlı ve karşılaştırmalı olarak grafiklendirilmiştir. Bu bölüm, tüm araştırmalar neticesinde elde edilen örnekler arasından seçilmiş ve üçüncü bölümde tüm yapısal özellikleriyle birlikte detaylandırılarak irdelenen 49 adet çeşitli yapı örneği için geçerlidir. İrdelenen örneklerde yapısal özelliklerin mümkün olduğunca farklı olmasına özen gösterildiği için bu bölüm, hareketli çatıların yapısal özellikleri üzerine genel eğilimleri belirlemek amacıyla oluşturulmuştur.

Yapım yılı: Endüstrileşme ve bilgisayar kullanımının gelişimiyle mühendislik ve mimarlık alanındaki yenilikçi arayışların artması ve günümüze yaklaşıldıkça teknolojinin gelişimiyle birlikte yeni yapı malzemelerinin ortaya çıkması ve bu malzemelerin yenilikçi anlayışa cevap vermesi sonucu hareketli çatı strüktürlerinin kullanımı artmıştır. 1980'lerde biraz duraksayan hareketli çatılar, günümüzde en büyük paya sahip olan yapım sistemleridir (Şekil 4.1). Örneklerin yapım yılı açısından irdelenmesi grafiğinde taşıyıcı kurguda ve örtü malzemesinde hareketli irdelenen (1 - 49 No.'lu 49 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



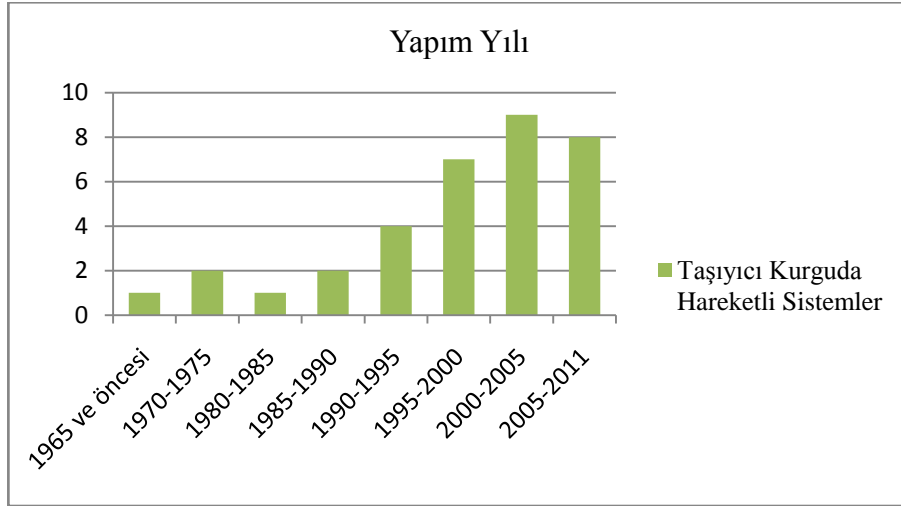
Şekil 4.1 Örneklerin yapım yılı açısından irdelenmesi

Şekil 4.2 ve 4.3 karşılaştırılırsa 1970 ve öncesi daha küçük ölçekli hareketli çatılar yapıldığı için bu zaman aralığında daha büyük ölçekli projelerde tercih edilen taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin yapımı azalmış ve örtü malzemesinde hareketli sistemler ön plana çıkmıştır. Bunun nedeni; hareketli üst örtünün yapıyla birleşmesinin en basit yolunun esnek ve hafif malzeme kullanımı olduğu düşüncesidir. Şekil 4.2 'de örtü malzemesinde hareketli irdelenen (9, 16, 24, 28, 32, 33, 37-39, 41, 44-47, 49 No.'lu 14 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



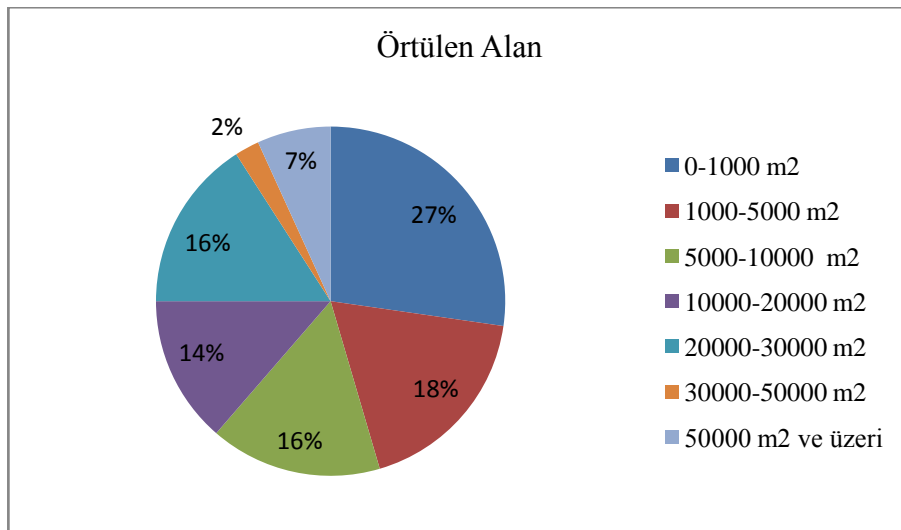
Şekil 4.2 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre yapım yılı açısından irdelenmesi

Şekil 4.1 'de bahsedildiği gibi 1980 'lerde her iki hareketli çatı sisteminin de yapımı duraksamıştır. Fakat gittikçe gelişen teknoloji ve çeşitlenen malzeme ürünleri sayesinde günümüzde özellikle spor yapıları ve çok amaçlı mekanların üst örtülerinde büyük ölçekli hareketli çatılar yapılmaktadır. 1990 'dan bu yana taşıyıcı kurguda hareketli çatı strüktürlerinin kullanımı artmıştır. Bunun nedeni; örtü malzemesinin hareketler esnasında deformasyonunu engellemek, çevresel ve iklimsel dış etkenlere karşı detay çözümleri gerekmeksizin yüksek dayanım sağlamak ve yapı ömrü boyunca bakım maliyetlerini azaltmaktır. Şekil 4.3 'de taşıyıcı kurguda hareketli irdelenen (1-8, 10-15, 17-23, 25-27, 29-31, 34-36, 40, 42, 43, 48 No.'lu 34 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



Şekil 4.3 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareket sistemlerine göre yapım yılı açısından irdelenmesi

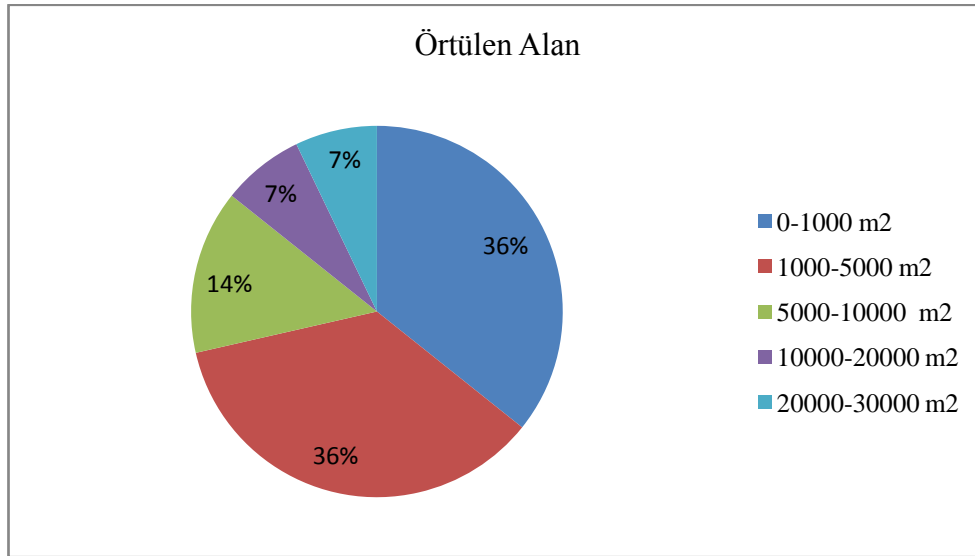
Örtülen alan: Hareketli çatı strüktürlerinin kullanımı örtülen alan metrekaresi daha az olan projelerde fazlayken, bölüm üçteki örneklerin kronolojik sıralamasına bakılırsa 30000 metrekare ve üzeri alanların hareketli sistemlerle örtülmesi günümüze yakın tarihlerde gerçekleşmiştir. Örneğin Cowboys Stadı 2007 'de yapılmıştır ve 105000 metrekare alan örtmektedir. Daha önceleri hareketli çatı strüktürleri küçük ölçekli projelerde yer alırken, günümüzde oldukça fazla geniş alanı örtebilmektedir. Örneklerin örtülen alan açısından irdelenmesi grafiğinde taşıyıcı kurguda ve örtü malzemesinde hareketli irdelenen (1-14, 16-21, 23-35, 37, 39-49 No.'lu 45 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



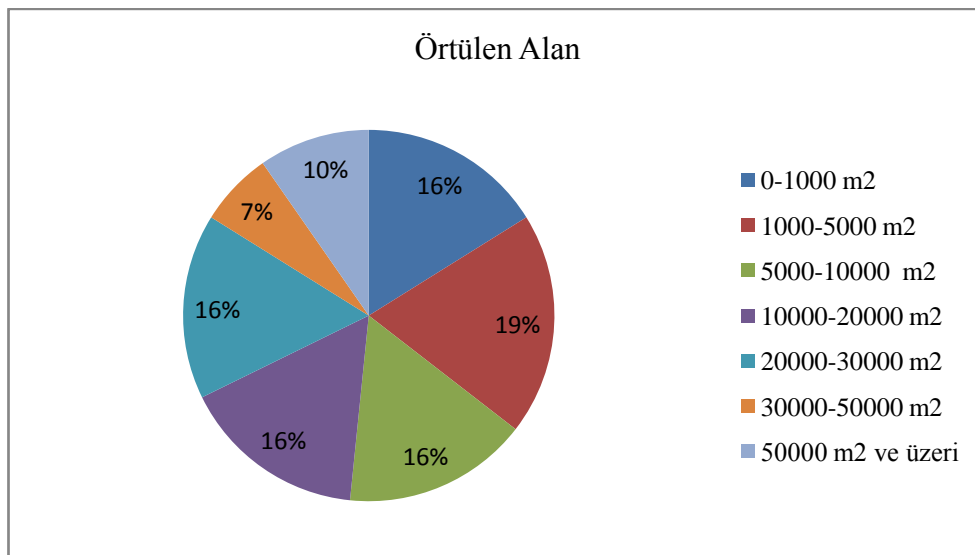
Şekil 4.4 Örneklerin örtülen alan açısından irdelenmesi



Örtü malzemesinde hareketli sistemler havuz, sergi mekanı, toplanma alanı üst örtüsü gibi küçük ölçekli projelerde hareket özelliğiyle kolay bağdaşması, rasyonel ve ekonomik çözümler sunması nedeniyle oldukça fazla kullanılmaktadır. 5000 metrekareye kadar en etkin kullanıma sahiptir. Şekil 4.5 'de örtü malzemesinde hareketli irdelenen (9, 16, 24, 28, 32, 33, 37, 39, 41, 44-47, 49 No.'lu 14 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



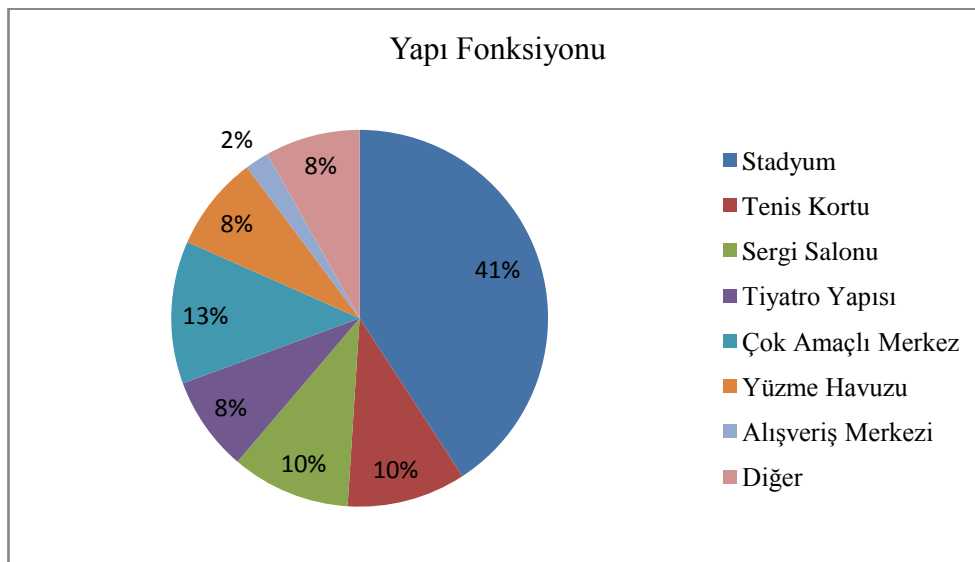
Şekil 4.5 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre örtülen alan açısından irdelenmesi



Şekil 4.6 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre örtülen alan açısından irdelenmesi

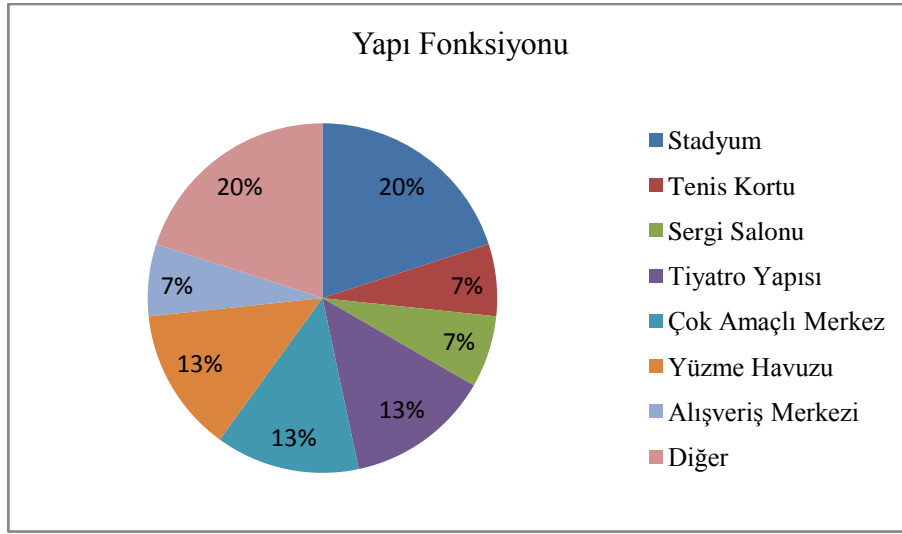
Taşıyıcı kurguda hareketli strüktürler büyük ve küçük ölçekli tüm projelerde daima kullanılabilirlikte iken, geniş alanlar için gelişen yapı teknolojileriyle önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü sistemin ve sisteme uygun olarak kullanılan malzemelerin özelliği doğrultusunda örtülen alanın m<sup>2</sup>'si belirlenmektedir. Ayrıca bu sistemde modüler birimlerin kullanımı ve detay çözümlerinin net olması geniş alanların örtülmesinde büyük olanak sağlamıştır. Şekil 4.6 'da taşıyıcı kurguda hareketli irdelenen (1-8, 10-14, 17-21, 23, 25, 29-31, 34, 35, 40, 42, 43, 48 No.'lu 39 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

Yapı fonksiyonu: Günümüzde gelişmekte olan malzeme ve yeni yapı teknolojileri, hareketli çatı strüktürleri uygulamasının artmasını sağlamıştır. Özellikle büyük ölçekli spor yapıları ve çok amaçlı mekanlarda karşımıza çıkan hareketli çatı strüktürleri, hareketli yapı ile bütünleştirilerek mimaride esneklik kavramı içinde yerlerini almışlardır. Bu iki yapı fonksiyonundan sonra sergi salonu üst örtülerinde hareketli strüktürlerin kullanımı geniş yer tutmaktadır. İrdelenen örneklere bakılırsa yüzme havuzu, alışveriş merkezleri, tenis kortları ve tiyatro yapılarında bu strüktürlerin kullanımı yaygındır. Örneklerin yapı fonksiyonu açısından irdelenmesi grafiğinde taşıyıcı kurguda ve örtü malzemesinde hareketli irdelenen (1-49 No.'lu 49 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

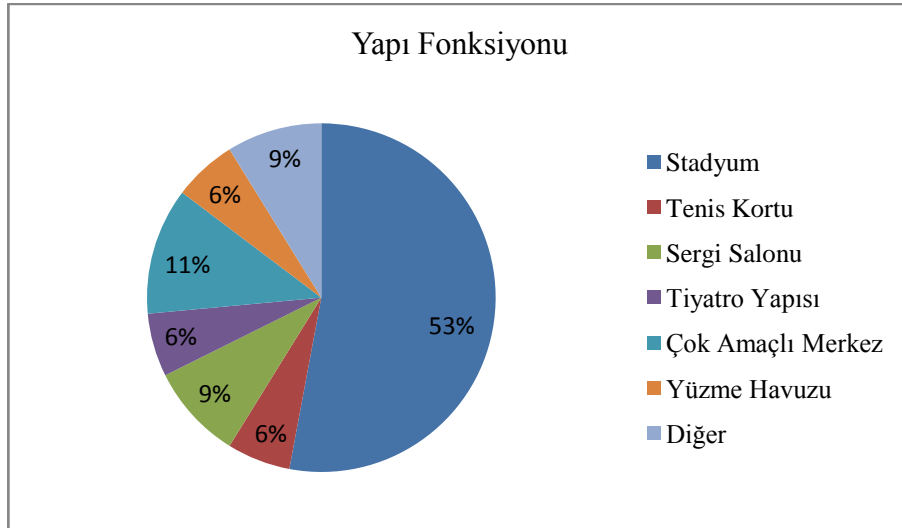


Şekil 4.7 Örneklerin yapı fonksiyonu açısından irdelenmesi

Küçük ölçekli spor yapılarında üst örtünün iç mekandaki ısı, ışık ve atmosferi kontrol edebilecek geçirgenliğe sahip olması gerekmektedir. Özellikle bu tip spor yapıları, alışveriş merkezleri, gölgelikler ve sergi yapıları için üst örtü olarak günümüzde artık her alanda kullanılabilen örtü malzemesinde hareketli sistemler kullanılmıştır. Örneklerin yapı fonksiyonu açısından irdelenmesi grafiğinde (Şekil 4.8) örtü malzemesinde hareketli irdelenen (9, 16, 24, 28, 32, 33, 37-39, 41, 44-47, 49 No.'lu 15 adet örnek) ele alınmıştır.



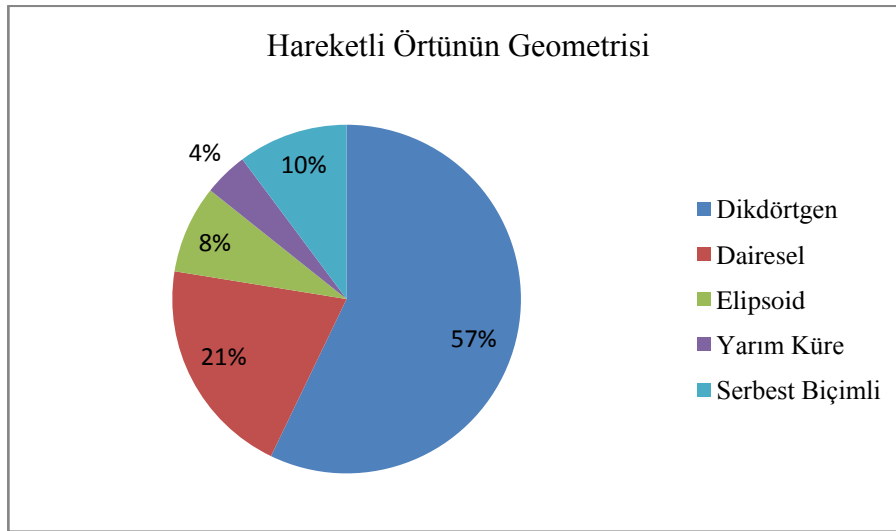
Şekil 4.8 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre yapı fonksiyonu açısından irdelenmesi



Şekil 4.9 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre yapı fonksiyonu açısından irdelenmesi

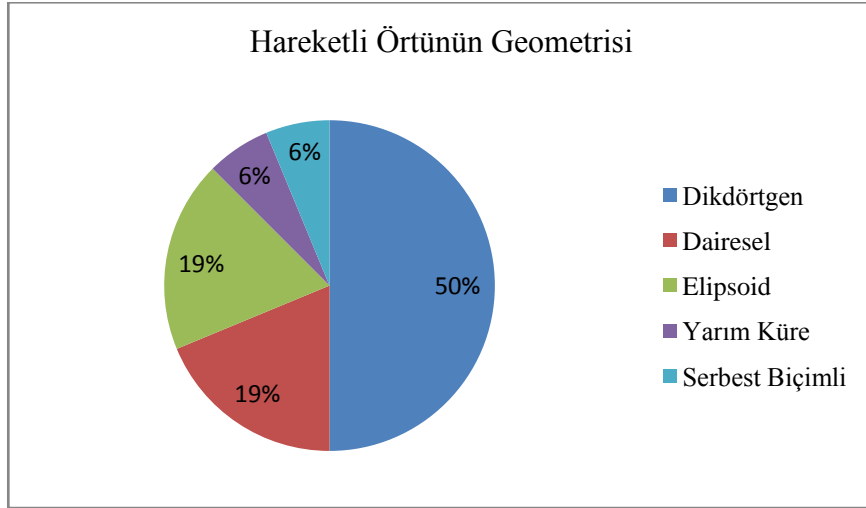
Olimpiyat, turnuva gibi aktivitelerin daha modern şartlarda düzenlenebilmesi için büyük ölçekli stadyum projeleri uygulanmıştır. Bu projeler kullanım süreleri boyunca yenilenmeye uygun nitelikte olmalıdır. Nitekim üst örtü olarak geniş açıklık geçebilen taşıyıcı kurguda hareketli sistemler özellikle bu alanda kullanılmıştır. Örneklerin yapı fonksiyonu açısından irdelenmesi grafiğinde (Şekil 4.9) taşıyıcı kurguda hareketli irdelenen (1-8, 10-15, 17-23, 25-27, 29-31, 34-36, 40, 42, 43, 48 No.'lu 34 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

Hareketli örtünün geometrisi: Uygulama, montaj, işçilik, maliyet gibi konularda avantaj sağlayan dikdörtgen geometri her iki hareket sistemi içinde en uygun ve en çok tercih edilen geometridir. Üst örtüde bu geometriyi takiben dairesel geometri gelmektedir. Hareketli çatı strüktürlerinde mimari kaygı da ön planda olduğu için serbest biçimli geometrilerin kullanımı da yaygındır. Örneklerin hareketli örtünün geometrisi açısından irdelenmesi grafiğinde taşıyıcı kurguda ve örtü malzemesinde hareketli irdelenen (1-49 No.'lu 49 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



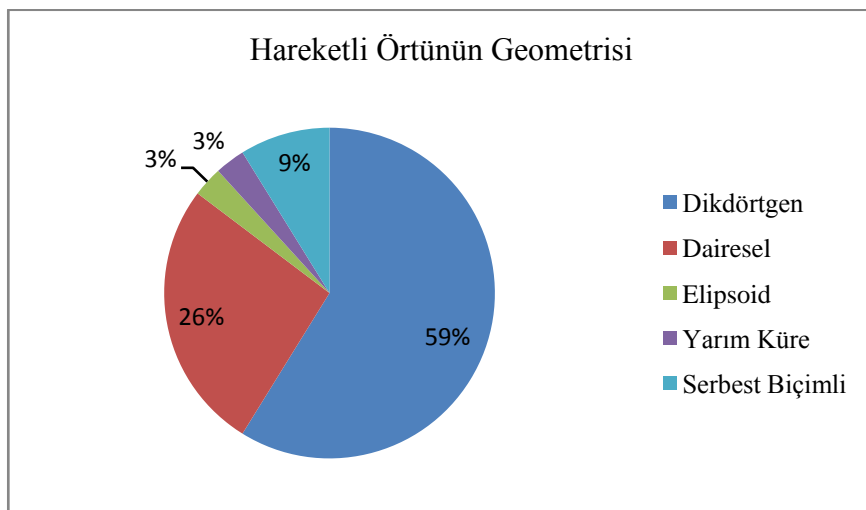
Şekil 4.10 Örneklerin hareketli örtünün geometrisi açısından irdelenmesi

Her türlü formun rahatlıkla uygulanabildiği örtü malzemesinde hareketli sistemler membran malzemesinin fiziksel özelliklerinden dolayı daha uygun olmaktadır. Rijit malzemelerin aksine membran malzemeler, üst örtüyü geometrik anlamda kesinlikle zorlamamaktadır. Şekil 4.11 'de örtü malzemesinde hareketli irdelenen (9, 16, 24, 28, 32, 33, 37-39, 41, 43-47, 49 No.'lu 16 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



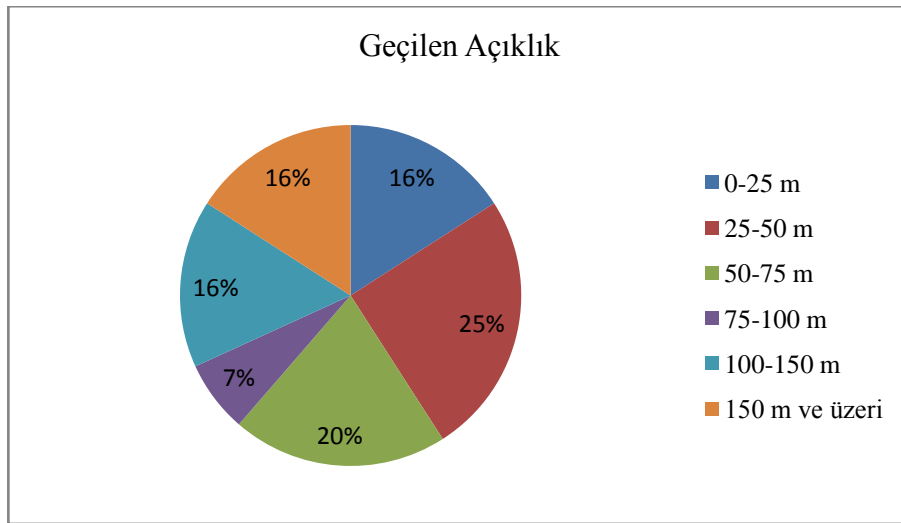
Şekil 4.11 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre hareketli örtünün geometrisi açısından irdelenmesi

Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri, örtünün dikdörtgen ve dairesel geometriler dışındaki formlarına pek fazla izin vermemektedir. Malzemenin fiziksel özelliğinin yanı sıra strüktürün hareket sistemi de hareketli örtünün geometrisini belirleme de etkindir. Örneklerin irdelenmesi bölümüne bakılırsa en fazla uygulanan hareket sistemi kayar harekettir ve kullanım uygunluğundan dolayı dikdörtgen geometri tercih edilmiştir. Şekil 4.12 'de taşıyıcı kurguda hareketli irdelenen (1-8, 10-15, 17-23, 25-27, 29-31, 34-36, 40, 42, 43, 48 No.'lu 34 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

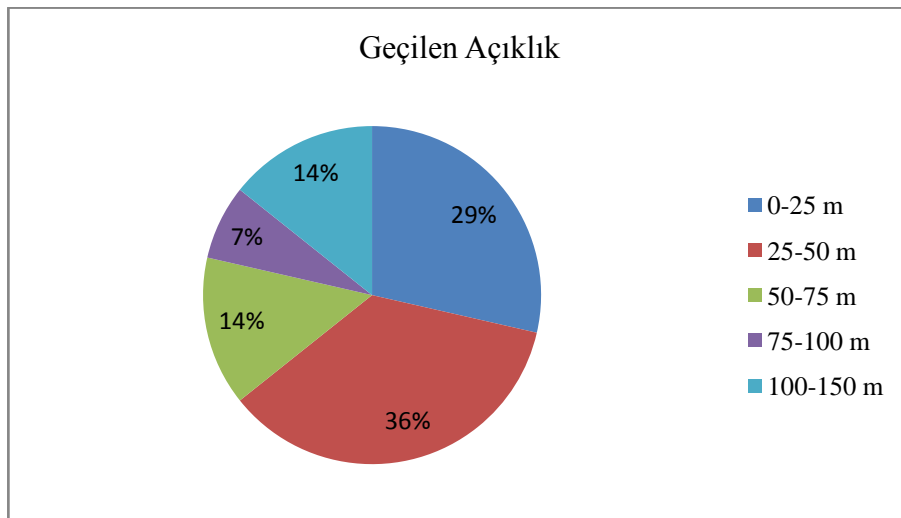


Şekil 4.12 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre hareketli örtünün geometrisi açısından irdelenmesi

Geçilen açıklık: Hareketli çatı strüktürleri 0-25 metre gibi küçük açıklıkları çok rahatlıkla geçebildiği gibi 150 metre ve üzeri çok büyük açıklıkları da geçebilmektedir. Geçilen açıklığın belirlenmesinde hareket kurgusu, bu kurgu içinde hareket türü ve kullanılan malzeme özellikleri etkindir. Küçük ve orta büyüklükteki açıklıklar için her iki sistem uygulaması da tercih edilmektedir. Örneklerin geçilen açıklık açısından irdelenmesi grafiğinde taşıyıcı kurguda ve örtü malzemesinde hareketli irdelenen (2-21, 23-33, 35, 37, 39-49 No.'lu 44 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



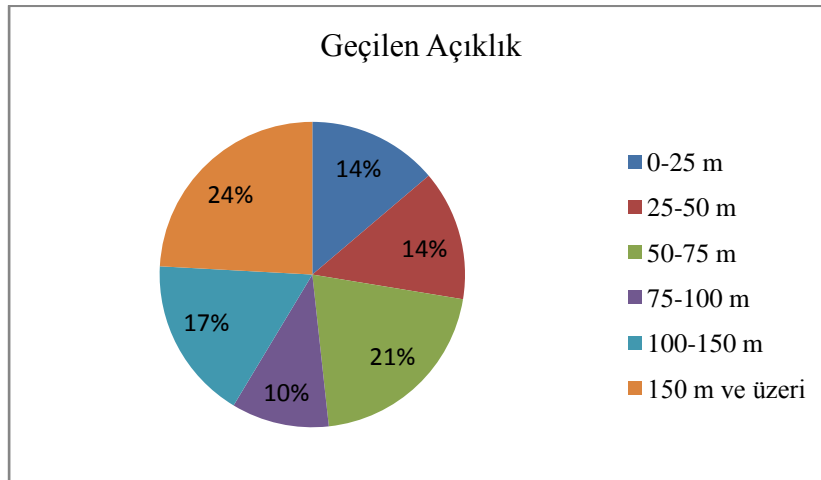
Şekil 4.13 Örneklerin geçilen açıklık açısından irdelenmesi



Şekil 4.14 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre geçilen açıklık açısından irdelenmesi

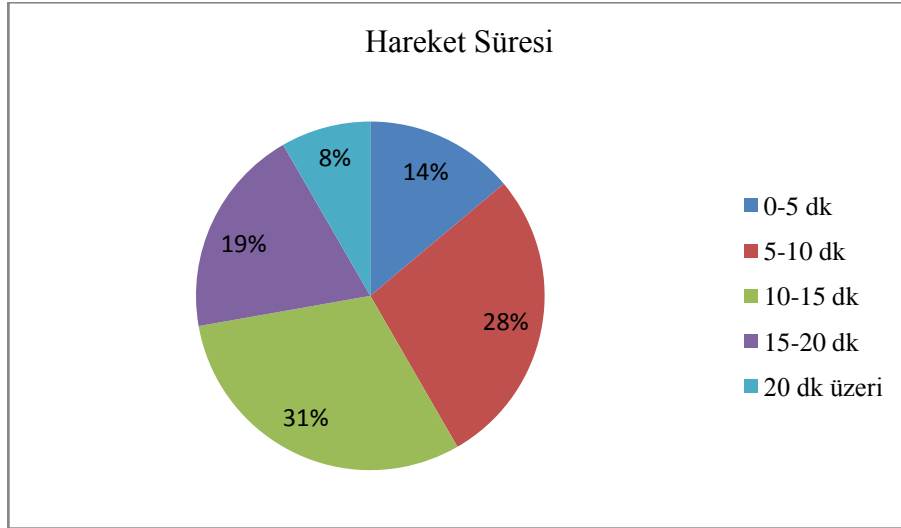
Örtü malzemesinde hareketli sistemler 25-50 metre açıklık aralığında en fazla kullanılan sistemdir. 100-150 metre kadar büyük bir açıklıkta örtü malzemesinde hareketli sistem kullanılabilir. 150 metre üzeri açıklıkları geçmede ise örtü malzemesinde hareketli sistemler tercih edilmemektedir. Şekil 4.14 'de örtü malzemesinde hareketli irdelenen (9, 16, 24, 28, 32, 33, 37, 39, 41, 44-47, 49 No.'lu 14 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde rijit malzeme kullanılması ve bunun paralelinde rijit malzemelerin modüler kullanımı, fazla ek detay gerektirmemesi, bakımının kolay olması, rijit malzemeden kaynaklı yapı ömrünün uzun olması, hareket mekanizmalarının detay çözümlerinin basit olması büyük açıklıkları geçmede imkan sağlamıştır. Bu nedenle büyük açıklıklarda örtü malzemesinde hareketli sistemlere kıyasla çok fazla ön plandadır. Şekil 4.15 'de taşıyıcı kurguda hareketli irdelenen (2-8, 10-15, 17-21, 23, 25-27, 29-31, 35, 40, 42, 43, 48 No.'lu 30 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



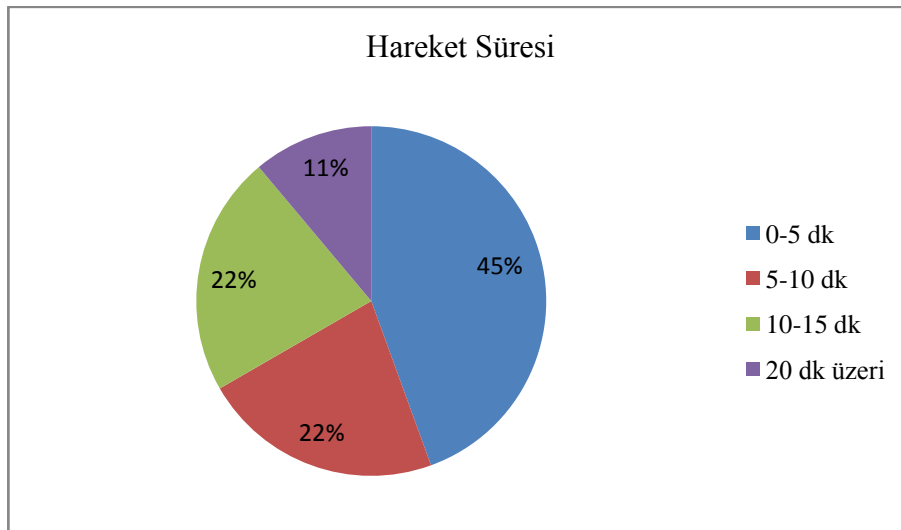
Şekil 4.15 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre geçilen açıklık açısından irdelenmesi

Hareket süresi: Hareketli sistemlerin hareket süresi, üst örtünün hareket mekanizmasına, ağırlığına, malzemesine, hareket tipine ve geçilen açıklığa bağlıdır. Örneklerin hareket süresi açısından irdelenmesi grafiğinde taşıyıcı kurguda ve örtü malzemesinde hareketli irdelenen (2-8, 9, 12-15, 17-21, 23-30, 32, 34, 35, 39, 41-43, 45-48 No.'lu 36 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



Şekil 4.16 Örneklerin hareket süresi açısından irdelenmesi

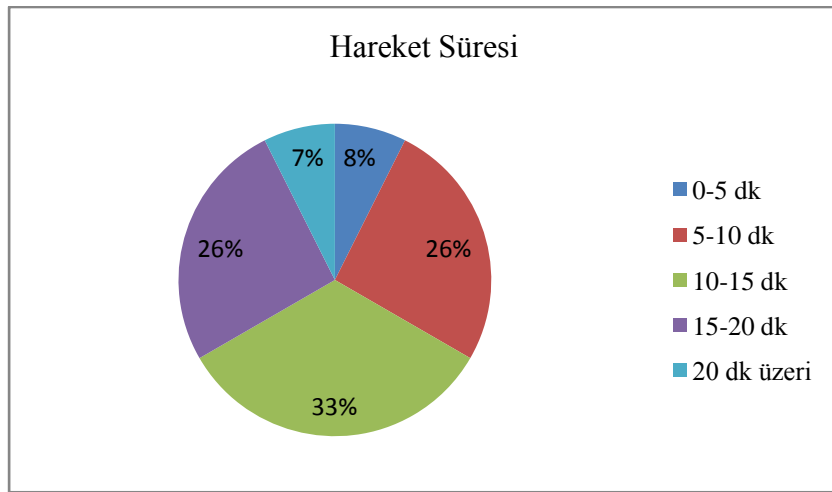
Örtü malzemesinde hareketli sistemler daha küçük ölçekli ve daha hafif oldukları için hareket süreleri taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerden daha kısadır. Genellikle 5 dakikaya kadar açılıp kapanma hareketini tamamlamaktadır. Ayrıca membran malzemenin hafif ve esnek özellikte olması ve taşıyıcı sistemin de taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre daha hafif olması bu süreyi kısaltmaktadır. Şekil 4.17 'de örtü malzemesinde hareketli irdelenen (9, 24, 28, 32, 39, 41, 45-47 No.'lu 9 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



Şekil 4.17 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre hareket süresi açısından irdelenmesi



Taşıyıcı kurguda hareketli sistemler ilk uygulanmaya başlandığı zaman kullanılan malzemeler daha ağır rijit özelliklerdeydi. Fakat günümüz gelişen teknolojisiyle birlikte daha hafif rijit malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Böylelikle hareket süresi, geniş açıklık geçmesine rağmen oldukça kısalmıştır. Örneğin Cowboys Stadi Üst Örtüsü 256 metre açıklık geçmesine rağmen hareket süresi 12 dakikadır. Şekil 4.18 'de taşıyıcı kurguda hareketli irdelenen (2-8, 12-15, 17-21, 23, 25-27, 29, 30, 34, 35, 42, 43, 48 No.'lu 27 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

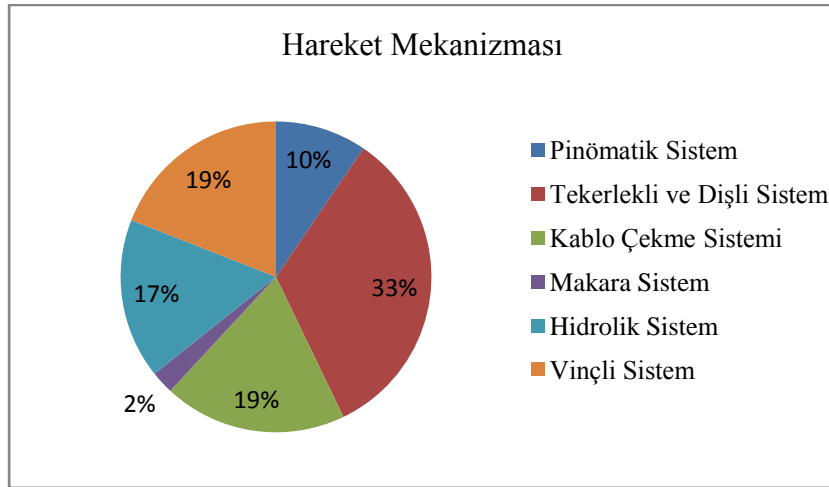


Şekil 4.18 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre hareket süresi açısından irdelenmesi

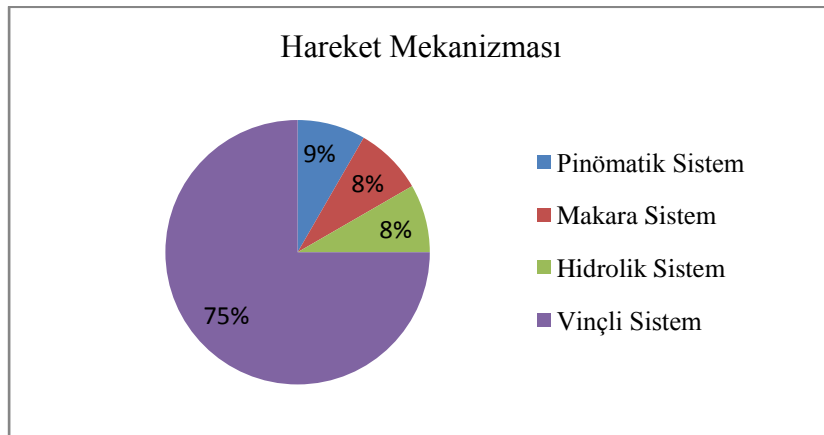
Hareket mekanizması: Hareketli çatı strüktürlerinde yapı tasarımına bağlı olarak yatay raylar da hareketli motorlu tekerlekler, raylar üzerinde kablo ile çekme sistemi, eğri raylar üzerinde hareketli dişli sistem, hidrolik, pinömatik ve vinçli sistemler kullanılmaktadır. Uygulanan mimari formlardan kaynaklı olarak tekerlekli ve dişli sistemler ile vinçli sistem en çok tercih edilen sistemlerdir. Örneklerin hareket mekanizması açısından irdelenmesi grafiğinde taşıyıcı kurguda ve örtü malzemesinde hareketli irdelenen (2-27, 29-40, 42-49 No.'lu 46 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

Örtü malzemesinde hareketli sistemlerde hareket mekanizması olarak vinçli sistemler en yaygın kullanılan mekanizmalardır. Hidrolik ve pinömatik sistemler tasarım kriterlerine göre tercih edilmektedir. Şekil 4.20 'de örtü malzemesinde

hareketli irdelenen (9, 16, 24, 32, 33, 37, 39, 44-47, 49 No.'lu 12 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

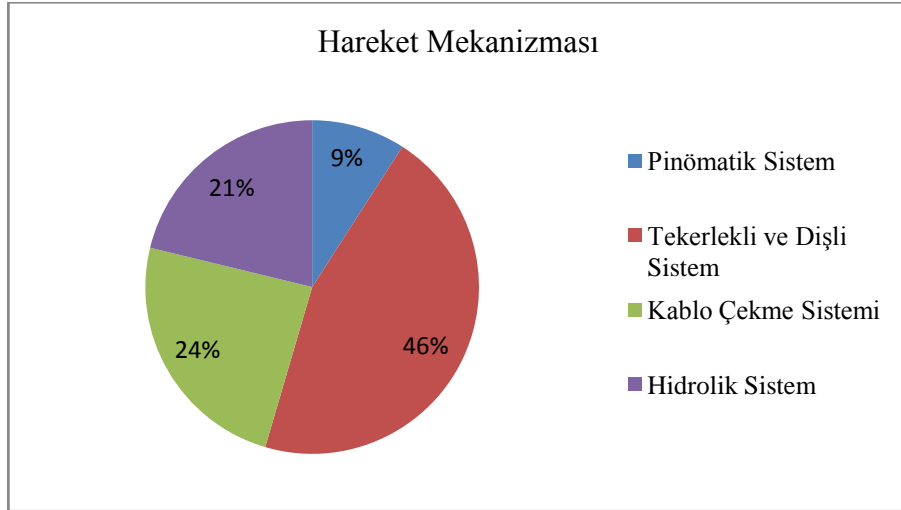


Şekil 4.19 Örneklerin hareket mekanizması açısından irdelenmesi



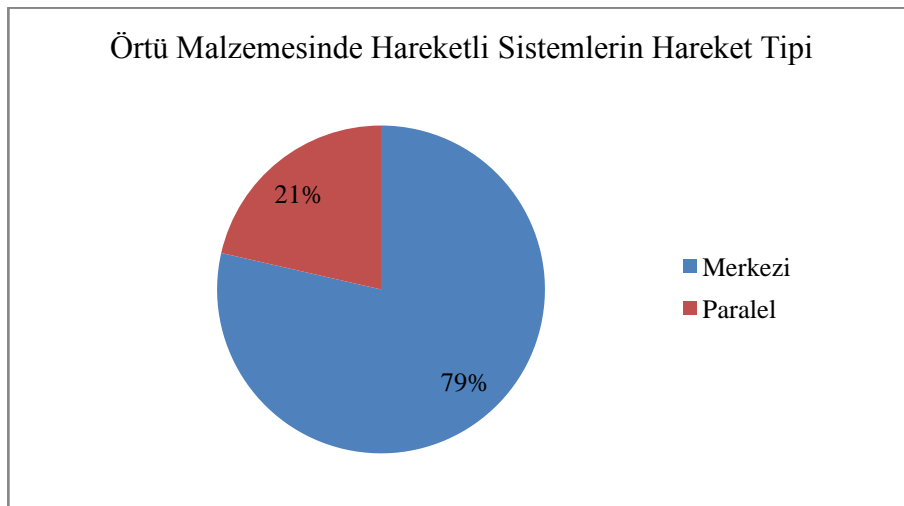
Şekil 4.20 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlere göre hareket mekanizması açısından irdelenmesi

Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde hareket, özellikle kayma hareket tipinden oluştuğu için en yaygın kablo çekme sistemi ile tekerlekli ve dişli sistemden oluşan hareket mekanizmaları kullanılmaktadır. Pinomatik sistemler taşıyıcı kurguda genellikle açılır-kapanır hareket tipindeki sistemlerin hareket mekanizmasıyken, hidrolik sistemler ise genellikle serbest biçimli üst örtülerin hareket mekanizmasıdır. Şekil 4.21 'de taşıyıcı kurguda hareketli irdelenen (2-8, 10-15, 17-23, 25-27, 29-31, 34-36, 40, 42, 43, 48 No.'lu 33 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



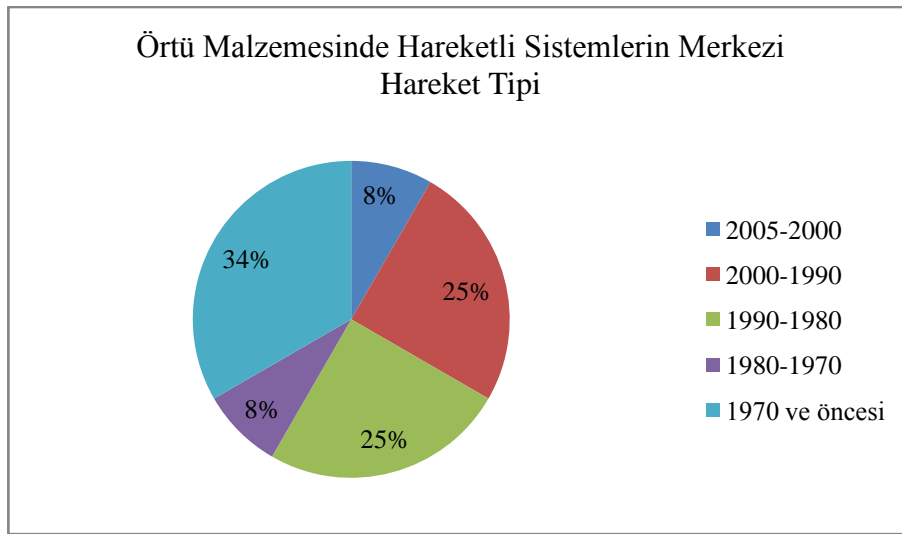
Şekil 4.21 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlere göre hareket mekanizması açısından irdelenmesi

Örtü malzemelerinde hareketli sistemlerin hareket tipi: Tasarımlarda kapatılacak alanın büyüklüğüne, çevresel faktörlere, taşıyıcı sistem ve hareket mekanizmaları özelliğine, malzemelerin seçimi ve seçilen malzemelerin özelliklerine göre farklılık gösterirler. Merkezi ve paralel hareket tipi kullanım, uygulama kolaylığı vs. avantajlarından dolayı en çok tercih edilen hareket tipleridir. Örtü malzemesinde hareketli sistemlerde irdelenen (9, 16, 24, 28, 32, 33, 37-39, 41, 44-47, 49 No.'lu 14 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

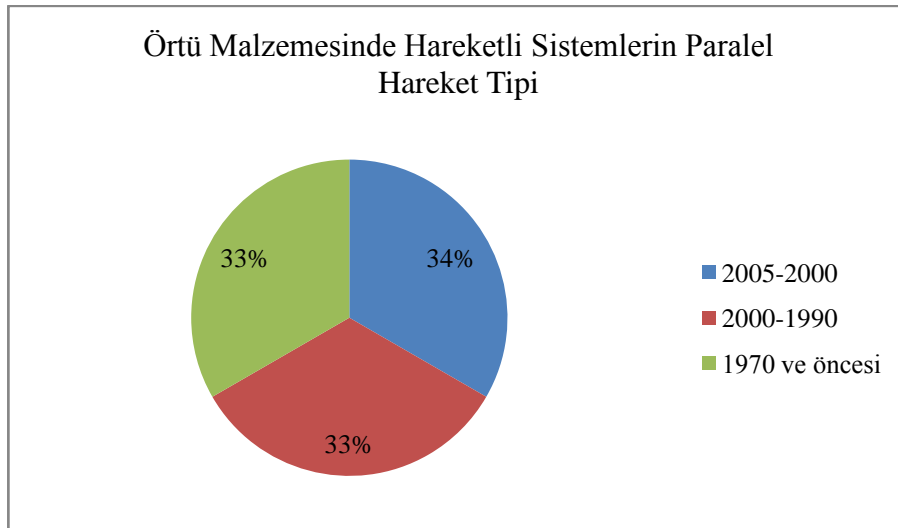


Şekil 4.22 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlerin hareket tipi açısından irdelenmesi

Örtü malzemesinde hareketli sistemlerde merkezi hareket özelliği her zaman en fazla kullanılan bir sistemdir. 2000 'lerden sonra kullanımının azalmasının nedeniyse hareketli çatı strüktürlerinde, taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin daha fazla tercih edilmesidir. Paralel hareket özelliği, özellikle dörtgen formlarda kullanıma uygunluğu açısından tercih edilen sistemdir. Şekil 4.23 'de örtü malzemesinde hareketli irdelenen (9, 24, 28, 32, 37-39, 41, 44-47 No.'lu 12 adet örnek) örnekler, şekil 4.24 'de (16, 33, 49 No.'lu 3 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

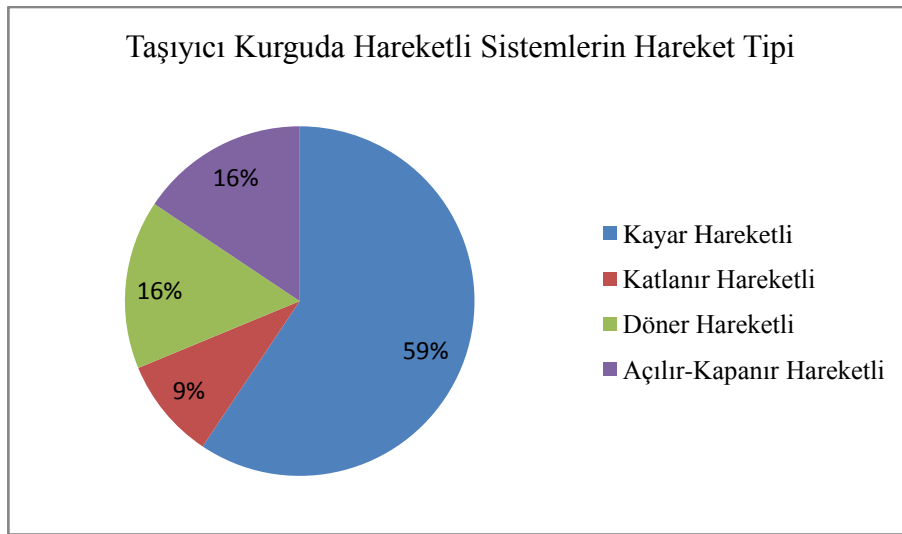


Şekil 4.23 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlerin merkezi hareket tipi açısından irdelenmesi



Şekil 4.24 Örneklerin örtü malzemesinde hareketli sistemlerin paralel hareket tipi açısından irdelenmesi

Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin hareket tipi: Kayma hareket tipi en kolay tasarım ve detaysız uygulamayı gerektirmesinden dolayı en fazla tercih edilen sistemdir. Döner ve açılır-kapanır hareket tipleri daha estetik ve farklı tasarımlar için tercih edilen sistemlerdir. Bu sistemlerin içerisinde en fazla detay gerektiren katlanır hareket tipidir ve bu nedenle en az tercih edilendir. Şekil 4.25 'de taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde irdelenen (1-8, 10-15, 17-23, 25-27, 29-31, 34-36, 40, 42, 43, 48 No.'lu 33 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

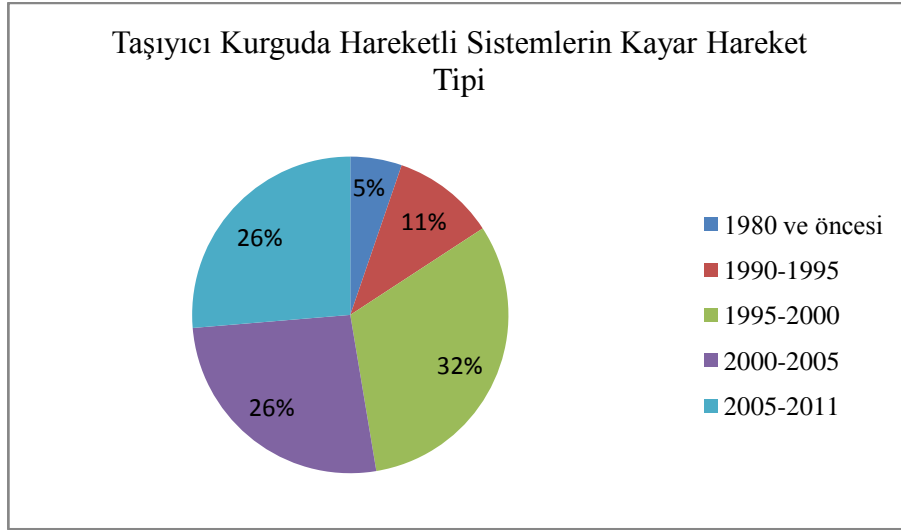


Şekil 4.25 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin hareket tipi açısından irdelenmesi

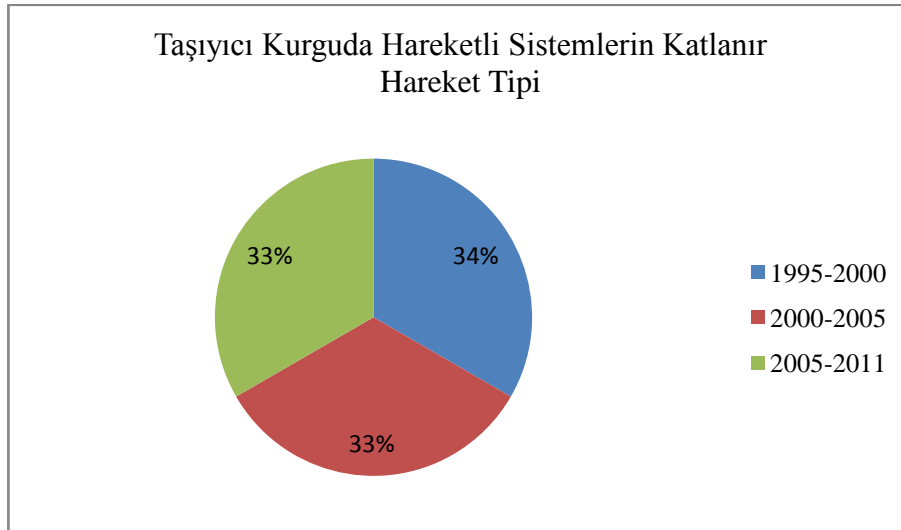
Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde; kapatılacak alanın büyüklüğüne, çevresel faktörlere, taşıyıcı sistem ve hareket mekanizmaları özelliğine, malzemelerin seçimi ve seçilen malzemelerin özelliklerine göre genellikle en uyumlu sistem kayar hareket tipidir. Bu sebeple sürekli tercih edilen bir sistem olmuştur; fakat 1990-2000 yılları arasında maksimum oranda uygulanmıştır. Şekil 4.26 'da taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde irdelenen (2-4, 7, 8, 11, 13, 17-21, 23, 25-27, 29, 34, 43 No.'lu 19 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

Katlanır hareketli sistemler bir tarafa katlanarak toplandığında o alanda ek bir depolama alanı ve sistem içinde ek detaylar gerektirmektedir. Bu dezavantajdan ötürü katlanabilir sistemler 1995'li yıllara kadar pek tercih edilmemiştir. Fakat bu dezavantajın kayma tipi hareketle giderilmesiyle günümüze doğru katlanır hareket

tipinin kullanımı başlamıştır. Şekil 4.27 'de taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde irdelenen (5, 14, 22 No.'lu 3 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.

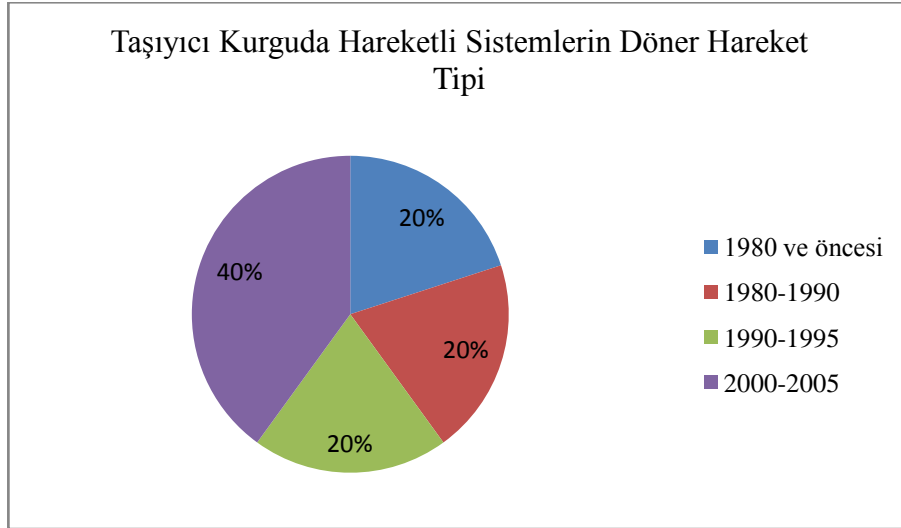


Şekil 4.26 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin kayar hareket tipi açısından irdelenmesi



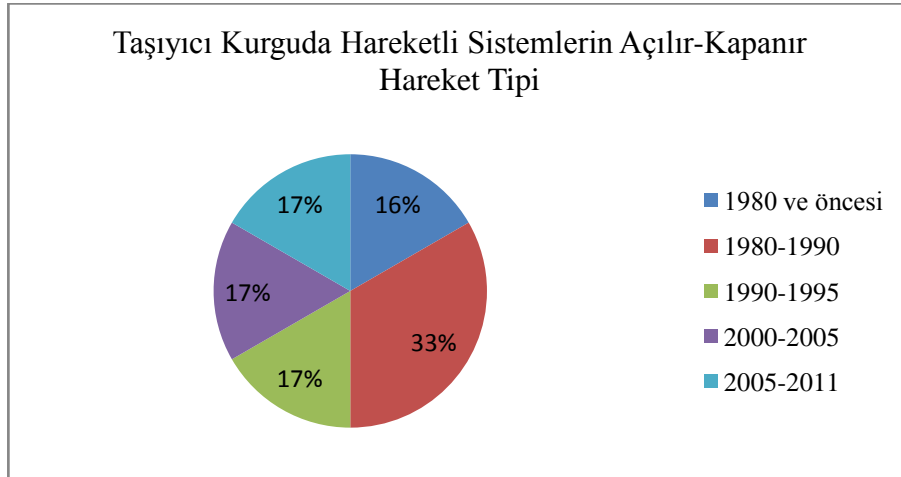
Şekil 4.27 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin katlanır hareket tipi açısından irdelenmesi

Döner hareketli sistemlerin uygulama alanları ise genellikle büyük ölçekli spor yapıları üst örtüleridir. İhtiyaç ve estetik kaygılarla birlikte her dönemde kullanılan bir hareket tipi olmuştur. Şekil 4.28 'de taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde irdelenen (12, 15, 30, 35, 48 No.'lu 5 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



Şekil 4.28 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin döner hareket tipi açısından irdelenmesi

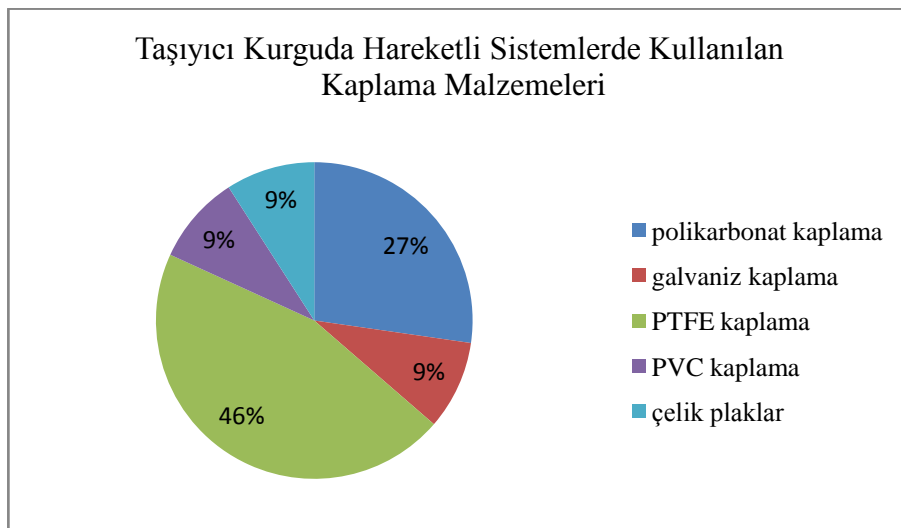
Açılır - kapanır hareketli sistemler, özellikle pnömatik sistemler olmakla birlikte genellikle küçük ölçekli tasarımlarda uygulanmaktadır. Bu nedenle özellikle kamusal alanlarda sürekli kullanılan bir hareket tipidir ve en fazla 1980 'lerde uygulanmıştır. Şekil 4.29 'da taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde irdelenen (6, 10, 31, 36, 40, 42 No.'lu 6 adet örnek) örnekler ele alınmıştır.



Şekil 4.29 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin açılır-kapanır hareket tipi açısından irdelenmesi

Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde kullanılan kaplama malzemeleri: Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde, teknolojinin gelişimi sonucunda hafif ve daha dayanıklı malzemelerin kullanımı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle çelik plakların

kaplama malzemesi olarak kullanımı 1995'den sonra görülmemektedir. Hareketli çatı strüktürlerinde ilk örneklerde hantal malzemeler kullanılmış, gelişen teknoloji ile günümüzde daha yalın ve nitelikli malzemeler kullanılmıştır. Bu da bize üst örtüde önemli çözümler sunmuştur. Çelik levhalar, beton kökenli elemanlar yerini hafif metal levhalara, titanyum, PTFE, PVC, ETFE, Polikarbonat kaplamalara bırakmıştır. 2000'li yıllarda PVC kaplama malzemesi popüler olmuştur; sebebi dış etkilere dayanıklı, hafif, kir tutmaz, ısı ve nemden etkilenmez, uygulamasının kolay ve hızlı, kullanım süresinin ömür boyu olmasıdır. 2000'li yıllarda PTFE kaplama malzemesi tanınma aşamasındayken, 2005'li yıllarda kullanımı maksimum düzeye ulaşmıştır. Yapışmazlık, antikorozyon, düşük sürtünme katsayısı, suya karşı direnç, aşınma direnci, -180 ile 300 dereceye kadar olan ortamlarda çalışabilme özelliklerine sahiptir. Galvaniz kaplama da kaplamanın sürekli olması, malzemenin yüzeyinde kaplanmamış alan kalmaması ve belirli kaplama kalınlıkları olması açısından sıkıntılı bir malzemedir. Polikarbonat malzeme ise düşük özgül ağırlığa sahip bir yüksek performans termoplastiğidir. Yüksek darbe dayanımı, düşük nem kapma oranı, iyi ısı yalıtımı, şeffaf ve birçok malzemedен daha iyi ışık geçirgenliğine sahip olması nedeniyle hareketli çatılarda her geçen gün kullanımı artmaktadır. Bütünsel hareketli strüktürlerin kullanımı, gelişen yapı teknolojilerinin getirmiş olduğu malzemelerle hızla artmaktadır (Cygim.meb, 2006) , (Malzeme.sermimar, 2011).



Şekil 4.30 Örneklerin taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde kullanılan kaplama malzemeleri açısından irdelenmesi



## BÖLÜM BEŞ

### SONUÇLAR

#### 5.1 Sonuç Değerlendirmesi

Hareketli çatıların yapısal özelliklerinin sistematik olarak incelenmesi konulu çalışmada öncelikle hareketli çatılar: ‘bir yapı çatısının tamamının veya bir kısmının; rüzgar, yağmur, kar, sıcak, soğuk gibi hava koşullarından olumsuz etkilenmemek için hem açık hem de kapalı durumlarda kullanımının sağlandığı çatılar’ olarak tanımlanmıştır. Hareketli çatı yapıları tarih süreci içerisinde ilk olarak ilk çağlarda göçebe ve savaşçı ilkel toplumların çadırları ile ortaya çıkmaktadır. Bunun paralelinde örtü malzemesinde hareketli çatı yapılarına ilk örnek Roma ‘daki Colosseum, taşıyıcı kurguda hareketli çatı yapılarına ilk örnek 1961’de inşa edilmiş Pittsburgh Kent Oditoryumudur.

Otto (1971) ışığında hareketli çatı yapıları, temel özellik hareket kurgusu olacak şekilde ele alınarak örtü malzemesinde hareketli sistemler ve taşıyıcı kurguda hareketli sistemler olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmıştır.

Hareket kurgusu ele alınarak yapılmış olan ana sınıflandırmanın bir alt sınıfında ise örtü malzemesinde hareketli sistemler, destek yapısının sabit ve hareketli olma özelliğine göre iki gruba ayrılmıştır. Yine bu iki grup kendi içinde yapının hareket özelliğine göre gruplara ayrılmıştır. Destek yapısı sabit örtü malzemesinde hareketli sistemler; taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde hareket özelliği, taşıyıcı sistem merkezine doğru hareket özelliği, taşıyıcı sistem sınırları üzerinde dairesel hareket özelliği ve taşıyıcı sistem sınırlarına doğru (çevresel) hareket özelliği olmak üzere kendi içerisinde alt sınıflandırmalara tabi tutulmuştur. Destek yapısı hareketli örtü malzemesinde hareketli sistemler ise; taşıyıcı sistem ana aksına paralel yönde hareket özelliği, taşıyıcı sistem merkezine doğru hareket özelliği, taşıyıcı sistem sınırları üzerinde dairesel hareket özelliği olmak üzere kendi içerisinde alt sınıflandırmalara tabi tutulmuştur.

Hareket kurgusu ele alınarak yapılmış olan ana sınıflandırmanın bir diğer alt sınıfında ise taşıyıcı kurguda hareketli sistemler, çerçeve tipi hareketli sistemler ve genişleyebilen çerçeve tipi hareketli sistemler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Yine bu iki grup kendi içinde strüktürün hareket özelliğine göre gruplara ayrılmıştır. Çerçeve tipi hareketli sistemler; kayar hareket özelliği, katlanır hareket özelliği, döner hareket özelliği, açılır-kapanır hareket özelliği olmak üzere kendi içerisinde alt sınıflandırmalara tabi tutulmuştur. Genişleyebilen çerçeve tipi hareketli sistemler ise; biçimi değiştirilebilen paketlenabilir strüktürler, toplanarak kendini tekrarlayabilen strüktürler ve yukarı çekilerek kaldırılan strüktürler olmak üzere kendi içerisinde alt sınıflandırmalara tabi tutulmuştur.

Tüm bu sınıflandırmalar bir sistematik haline getirilmiş ve her biri için özel tablolar yapılmıştır. Tüm bu sınıflandırma ve hareket özelliği tablolarından çıkarılan sonuçlarla örtü malzemesinde ve taşıyıcı kurguda hareket özelliğine sahip sistemler için sonuç tabloları oluşturulmuştur (Bkz. Tablo 2.20 ve 2.21).

Tüm bu çalışmalar neticesinde elde edilen bilgiler doğrultusunda yapılan kaynak taramaları sonucu yapısal özellikleri bakımından çeşitli özelliklere sahip tez kapsamındaki örnekler incelenerek birtakım sonuçlara ulaşılmıştır.

- Yapım yılı: Gelişen teknoloji ile birlikte hareketli çatı strüktürlerinin kullanımı her geçen yıl artmıştır. Daha çok küçük ölçekli projelerde kullanılan örtü malzemesinde hareketli sistemlerden ziyade taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerin kullanımı günümüzde oldukça fazladır. Nedeni; değişen ve artan ihtiyaçlar, gelişmekte olan malzeme ürünleri ve hızla gelişen yapı teknolojisiyle ortaya çıkan küçük ölçekli projelerden büyük ölçekli projelere geçiştir.

- Örtülen alan: 30000 m<sup>2</sup>'ye kadar örtü malzemesinde ve taşıyıcı kurguda hareketli her iki sistem de yapıda üst örtü olarak uygulanabilmekteyken 30000 m<sup>2</sup> ve üzerinde üst örtü olarak taşıyıcı kurguda hareketli sistemler uygulanabilmektedir. Nedeni, taşıyıcı sistem çözümlerinin ve kullanılan malzemelerin geniş açıklık geçebilmesidir.

- Yapı fonksiyonu: Taşıyıcı kurguda hareketli sistemler yapısal özelliklerinden dolayı özellikle stadyum gibi büyük ölçekli yapılarda tercih edilen bir sistemdir. Bunun yanı sıra sergi salonu, tiyatro yapısı, yüzme havuzu gibi küçük ölçekli projelerde de uygulanmaktadır. Fakat bahsedilen bu küçük ölçekli projelerde taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerden ziyade örtü malzemesinde hareketli sistemler daha fazla tercih edilmektedir.

- Üst örtü geometrisi: Üst örtüde dikdörtgen geometri her iki sistem için de kullanım kolaylığı, ekonomik olması, ek detay çözümleri gerektirmemesi gibi nedenlerden dolayı en fazla tercih edilen geometri olmuştur. Beysbol gibi sporlar için dairesel geometri genellikle taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde oldukça fazla kullanılmakta ve üst örtüde döner hareket tipi uygulanmaktadır. Elipsoid geometri ise özellikle örtü malzemesinde hareketli sistemlerde membran malzemedan kaynaklı daha çok tercih edilen bir geometri olmuştur.

- Geçilen açıklık: 5 metreden 150 metre ve üzeri tüm açıklıkları taşıyıcı kurguda hareketli sistemler çok rahat geçebilirken örtü malzemesinde hareketli sistemler 100-150 metre arası açıklıklarda nadiren kullanılmakta ve 150 metre üzeri açıklıklarda ise kesinlikle kullanılamamaktadır. Kullanılan malzeme ve yapısal özellikler buna izin vermemektedir.

- Hareket süresi: Örtü malzemesinde hareketli sistemler daha küçük ölçekli ve daha hafif oldukları için hareket süreleri genellikle 0-5 dakika arasındadır ve üst örtü hareketi için yapısal özellikler ve geçilen açıklıktan dolayı biraz daha zamana ihtiyaç duyulursa bu süre 10-15 dakika arasına çıkmaktadır. Taşıyıcı kurguda hareketli sistemler ilk kullanılmaya başlandığı zaman üst örtü malzemeleri daha ağır özelliklerde olduğu için hareket süresi 20 dakika ve üzerindedir. Fakat gelişen yapı teknolojisi ile daha hafif malzemeler kullanılmaya başlanmıştır ve bu da hareket süresini oldukça kısaltmıştır. Günümüzde bu sistemlerde hareket süresi genellikle 10-15 dakika arasındadır.

- Hareket mekanizması: Uygulanan mimari formlardan ve kullanılan malzemelerden kaynaklı olarak örtü malzemesinde hareketli sistemlerde hareket

mekanizması olarak vinçli sistemler en yaygın kullanılan mekanizmalarken hidrolik, makara ve pinömatik sistemler tasarım kriterlerine göre tercih edilmektedir. Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde ise kablo çekme sistemi ile tekerlekli ve dişli sistemler en yaygın kullanılan mekanizmalardır. Pinömatik sistemler genellikle açılır-kapanır hareket tipi, hidrolik sistemler ise genellikle serbest biçimli üst örtülerin hareket mekanizmasıdır.

- Hareket tipi: Örtü malzemesinde hareketli sistemlerde merkezi ve paralel hareket tipi kullanım, uygulama kolaylığı vs. avantajlarından dolayı en çok tercih edilen hareket tipleridir. Taşıyıcı kurguda hareketli sistemlerde ise en kolay tasarım ve detaysız uygulamayı gerektirmesinden dolayı en fazla tercih edilen sistem kayma hareket tipidir. Döner ve açılır-kapanır hareket tipleri daha estetik ve farklı tasarımlar için tercih edilen sistemlerdir. Bu sistemlerin içerisinde en fazla detay gerektiren katlanır hareket tipidir ve bu nedenle en az tercih edilendir.

## KAYNAKLAR

*A Civic Renewal*, (2007). Retrieved May 2011, from [http://www.pfaffmann.com/documents/CivicRenewal\\_2008.pdf](http://www.pfaffmann.com/documents/CivicRenewal_2008.pdf)

*A Spoked Wheel Structure for the World's largest Convertible Roof – The New Commerzbank Arena in Frankfurt, Germany*, (n.d). Retrieved March 2011, from <http://www.iabse.ethz.ch/journalsei/asareader/pdf/SEI4.07.Ostrac.Article.pdf>

*Access To Super Structure Amsterdam Arena*. (n.d.). Retrieved July, 2011, from [http://www.conbit.eu/Page/305982\\_access-to-super-structure-amsterdam-arena.aspx](http://www.conbit.eu/Page/305982_access-to-super-structure-amsterdam-arena.aspx)

*Açılır Kapanır Stadyum çatıları*, (b.t). Ocak 2012, <http://www.belgeler.com/blg/2oxq/acilir-kapanir-stadyum-catilari>

Aksu, A. (2008). “Spor sosyal ortamı” olarak stadyumlar. *XXI Aylık Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi*, 360, 43-49.

Alexander, T. (2004). *Santiago Calatvara the complete works*, Newyork: Rizzoli International Publications.

*Ariake Colosseum*. (n.d.). Retrieved October, 2011, from <http://www.tokyoarchitecture.info/Building/4122/Ariake-Colosseum.php>

*Athens Heart Shopping Mall*. (n.d.). Retrieved April, 2012, from <http://www.tensinet.com/database/viewProject/4422>

*Bengt Sjostrom Starlight Theatre / Studio Gang Architects*. (n.d.). Retrieved April, 2010, from <http://www.archdaily.com/28649/bengt-sjostrom-starlight-theatre-studio-gang-architects/>

- Bergermann, S. (1994). Extendable roof covering over arena in saragossa. *Detail Aylık Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi*, 6, 813-817.
- Calatrava: Case Update*, (n.d). Retrieved March, 2011, from <http://viewfrommadrid.blogspot.com/2011/03/calatrava-case-update.html>
- Center Court Roof*. (n.d.). Retrieved March, 2012, from [http://www.econ.biz/projekte/cencou\\_e.html](http://www.econ.biz/projekte/cencou_e.html)
- Clarke, R.C. (1984). *The kinematics of a novel deployable space structure system*, Noshin, H.: Proceedings of the 3rd International Conference on Space Structures, University of Surrey, Guilford, UK, London, 820-822.
- Commerzbank - Arena, Frankfurt, Germany*, (n.d). Retrieved March 2011, from [http://www.iabse.org/IABSE/association/Organisation\\_files/Outstanding\\_Structure\\_Award/Commerzbank-Arena\\_\\_Frankfurt\\_\\_Germany.aspx](http://www.iabse.org/IABSE/association/Organisation_files/Outstanding_Structure_Award/Commerzbank-Arena__Frankfurt__Germany.aspx)
- Convertible Roofs*, (2006). Retrieved December, 2010, from [http://www.statik.bv.tu-muenchen.de/content/teaching/ferienakademie/handouts/14\\_walter\\_handout.pdf](http://www.statik.bv.tu-muenchen.de/content/teaching/ferienakademie/handouts/14_walter_handout.pdf)
- Cowboys Stadium*, (n.d). Retrieved February 2012, from <http://stadium.dallascowboys.com/assets/pdf/mediaArchitectureFactSheet.pdf>
- Cowboys Stadium*. (n.d.). Retrieved July, 2010, from <http://www.uni-systems.com/en/projects/featured-projects/cowboys-stadium>
- Cowboys Stadium*. (n.d.). Retrieved March, 2012, from <http://wideworldofgeometry.pbworks.com/w/page/14141580/Doctors%2010>
- Data Acquisition Hits the Roof at SAFECO Field*, (n.d). Retrieved March 2011, from [http://www.dataq.com/support/documentation/pdf/article\\_pdfs/safeco.pdf](http://www.dataq.com/support/documentation/pdf/article_pdfs/safeco.pdf)
- Drew, P. (2008). *New tent architecture*, Almanya: Thames& Hudson.

*Electronic\_Umbrellas\_Prophet\_s\_Mosque.* (n.d.). Retrieved April, 2012, from <http://www.friendskorner.com/forum/f20/rare-beautiful-images-madina-munnawar-a-prophet-masjid-79260/>

Escrig, F., Brebbia, C. (1996). *Mobile and rapidly assembled structures*, Southhampton: WIT Press

*Expo 1970 (Osaka): Mush-balloon.* (n.d.). Retrieved December, 2011, from <http://www.tensinet.com/database/viewProject/3839.html>

*Extra, Extra: Toronto Being Built Up, Rob Ford Getting Worked Up, and Sky Blue Sky Getting Wilco'd Up (David Topping),* (n.d.). Retrieved May, 2011, from [http://torontoist.com/2010/12/extra\\_extra\\_128/](http://torontoist.com/2010/12/extra_extra_128/)

*Flashback: Pride of 1960.* (n.d.). Retrieved July, 2010, from [http://www.tubecityonline.com/almanac/archive\\_2010-m09.php](http://www.tubecityonline.com/almanac/archive_2010-m09.php)

Frazer, A. H. (2005). *Design considerations for retractable-roof stadia.* Master's thesis. Boston: Massachusetts Institute of Technology.

*Galatasaray Spor Kulübü Seyrantepe Stadyumu Önerisi,* (b.t). Ekim 2011, <http://www.arkitera.com.tr/p175-galatasaray-spor-kulubu-seyrantepe-stadyumuönerisi.html?year=&aID=1365>

Gantes, C. J. (2001). *Deployable structures: Analysis and design*, Boston: WIT Press

Göppert K, Schlaich J. (2001). *The essence of lightweight structures*, Brüksel: Brussels University Press.

Güçyeter, B. (2004). *Değişebilen strüktürlerin yapısal özelliklerinin karşılaştırmalı İrdelenmesi.* Yüksek lisans tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hoberman, C. (1990). *Reversibly expandable doubly-curved truss structure*, US Patent No 4,942,700.

Hoberman, C. (1991). *Radial expansion/retraction truss structures*, US Patent No 5,024,031.

Holgate, A. (1997). *The art of structural engineering - The work of Jörg Schlaich and his team*. Stuttgart/London: Axel Menges

*International Kalzip Projects*, (n.d). Retrieved August 2011, from [http://www.kalzip.com/kalzip/me/projects/international\\_projects.html](http://www.kalzip.com/kalzip/me/projects/international_projects.html)

Ishii, K. (1990). *Membrane design in Japan (1967-1990)*, Tokyo: SPS Pub. Co.

Ishii, K. (2000). *Structural design of retractable roof structures*, Southhampton, Boston: WIT Press.

*Kaplama ve Bakım*, (2006). Mayıs 2011, <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/insaat/moduller/KaplamaVeBakim.pdf>

*Kazakistan – Astana Olimpik Stadyumu Çelik Yapısı*, (b.t). Mart 2011, [http://www.tucsa.org/images/projeler/38/38\\_01\\_24042010163755.pdf](http://www.tucsa.org/images/projeler/38/38_01_24042010163755.pdf)

Korkmaz, K. ve Maden, F. (2010). Makas mekanizmaların kinetik mimarideki uygulamaları. *Yapı Aylık Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi*, 341, 102–107.

Kurokawa, K. (2002). Oita stadium. *Tasarım Aylık Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi*, 127, 98-111.

Kurokawa, K. (2002). Toyota city stadium. *Tasarım Aylık Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi*, 127, 53-67.



- Kuusisto, T. K. (2010). *Textile in architecture*. Master's thesis. Tampere: Tampere University of Technology.
- Kuwait Pavilion Expo'92*. (n.d.). Retrieved March, 2011, from [http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Kuwait\\_Pavilion\\_Expo'92](http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Kuwait_Pavilion_Expo'92)
- Lightweight Retractable Membrane Roof Multipurpose Stadium - Oita Stadium "Big Eye" - .* (n.d.). Retrieved February, 2012, from [http://www.takenaka.co.jp/takenaka\\_e/majorworks\\_e/topics/2001/win/01-2.html](http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/majorworks_e/topics/2001/win/01-2.html)
- Lucas Oil Stadium*. (n.d.). Retrieved July, 2010, from <http://www.uni-systems.com/en/projects/featured-projects/lucas-oil-stadium>
- Lucas Oil Stadium (New Colts Stadium)*. (n.d.). Retrieved May, 2011, from [http://bizofffootball.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=187:lucas-oil-stadium-new-colts-stadium&catid=37:stadium-renderings&Itemid=52](http://bizofffootball.com/index.php?option=com_content&view=article&id=187:lucas-oil-stadium-new-colts-stadium&catid=37:stadium-renderings&Itemid=52)
- Mellon Arena*. (n.d.). Retrieved December, 2010, from [http://www.docomomo-us.org/register/fiche/mellon\\_arena](http://www.docomomo-us.org/register/fiche/mellon_arena)
- Membrane Structures: Understanding Their Forms*, (n.d.). Retrieved January, 2012, from <http://blog.research-unit.net/wp-content/upload/UnderstandingTensileForms2.pdf>
- Mezher, J. F. (2003). *Evolution in the design and construction of stadiums*. Master's thesis. Boston: Massachusetts Institute of Technology.
- Millennium Stadium*. (n.d.). Retrieved July, 2011, from [http://www.cidect.de/en/Example\\_Applications/MillenniumStadion.php](http://www.cidect.de/en/Example_Applications/MillenniumStadion.php)
- Millennium Stadium*. (n.d.). Retrieved July, 2012, from <http://www.millenniumstadium.com/news/21703.php>

*Millennium Stadium, Cardiff.* (n.d.). Retrieved October, 2011, from <http://www.interserve.com/about-interserve/case-studies/690/millennium-stadium-cardiff>

*Millennium Stadium, Cardiff.* (n.d.). Retrieved September, 2010, from <http://stadien.bilab.tuwien.ac.at/millennium.htm>

*Millennium Stadium, SCADA Solution,* (n.d.). Retrieved September 2011, from <http://www.schneider-electric.co.uk/documents/products-services/services/power-management/millennium-stadium.pdf>

*Miller Park,* (2002). Retrieved December 2011, from [http://www.arup.com/\\_assets/\\_download/download53.pdf](http://www.arup.com/_assets/_download/download53.pdf)

*Minute Maid Park.* (n.d.). Retrieved November, 2011, from <http://blog.heritagesportsart.com/2010/08/houston-astros-home-stadiums.html>

*Movilidad De Grandes Estructuras,* (n.d.). Retrieved December, 2011, from [http://www.perezpinero.org/PDF/VALCARCEL\\_Movilidad\\_grandes\\_estructuras.pdf](http://www.perezpinero.org/PDF/VALCARCEL_Movilidad_grandes_estructuras.pdf)

*New Marlins' Stadium Renderings.* (n.d.). Retrieved February, 2012, from <http://www.transitmiami.com/marlins/new-marlins-stadium-renderings>

*Newsletter Of The European Based Network For The Design And Realisation Of Tensile Structures,* (n.d.). Retrieved January 2012, from [http://www.tensinet.com/files/General\\_information/RECENT\\_PROJECTS\\_MEMBERS\\_AGM\\_2009-09-30\\_Valencia.pdf](http://www.tensinet.com/files/General_information/RECENT_PROJECTS_MEMBERS_AGM_2009-09-30_Valencia.pdf)

*Newsletter Of The European Based Network For The Design And Realisation Of Tensile Structures,* (n.d.). Retrieved November 2011, from [http://www.tensinet.com/files/TensiNet\\_Publications/TensiNews15-1.pdf](http://www.tensinet.com/files/TensiNet_Publications/TensiNews15-1.pdf)

*NY Assemblyman Silver torpedos New York 2012 Olympics / Jets Stadium proposal.* (2005). Retrieved October, 2012, from <http://www.sportsbusinesssims.com/new.york.jets.stadium.issue.htm>

*[Oita Prefecture] Oita Stadium Lighting at the "Big Eye".* (n.d.). Retrieved February, 2012, from [http://www.ieij.or.jp/english/what/pg\\_07.html](http://www.ieij.or.jp/english/what/pg_07.html)

*Open air theatre, Klooster ruine Bad Hersfeld.* (n.d.). Retrieved July, 2010, from <http://www.tensinet.com/database/viewProject/3898>

Otto, F. ve Blümel, D. (1972). *IL 5 – Convertible roofs.* Germany: Institut für Leichte Flachentragwerke

Otto, F. et al (1971). *IL 5 – Convertible roofs.* Germany: Institut for Leightweight Structures

Özge, Ö. (2004). *Hareketli çatılar.* Yüksek lisans tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

*Parkour At Millenium Stadium.* (n.d.). Retrieved October, 2011, from <http://www.youtube.com/watch?v=QwJXb1RC30o&feature=related>

*Past, Present And Future Of Space Frame Market: LANIK Experience.* (n.d.). Retrieved October 2011, from [http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7184/PAP\\_IRISARRI\\_1975.pdf](http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7184/PAP_IRISARRI_1975.pdf)

*Plaza de Illumbe.* (n.d.). Retrieved October, 2012, from [http://www.worldstadiums.com/stadium\\_pictures/europe/spain/basque\\_country/san\\_sebastian\\_illumbe.shtml](http://www.worldstadiums.com/stadium_pictures/europe/spain/basque_country/san_sebastian_illumbe.shtml)

*Portfolio of Hoberman Associates,* (2010). Retrieved December, 2010, from <http://www.hoberman.com/portfolio.php>, <http://www.hoberman.com/HobermanPortfolio.pdf>

- Qizhong Forest Sports City*. (n.d.). Retrieved February, 2011, from <http://www.archhis.com/highlight/an00.cfm?hy=11&hm=08>
- Rasch, B. (1994). Umbrella roof in courtyard of wasseralfingen palace, Aalen. *Detail Aylık Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi*, 6, 806-808.
- Reliant Stadium Aerial*. (n.d.). Retrieved June, 2010, from [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reliant\\_Stadium\\_Aerial.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reliant_Stadium_Aerial.JPG)
- Retractable Roof of the New Marlins Ballpark*. (n.d.). Retrieved March, 2012, from <http://www.tekla.com/international/solutions/building-construction/Documents/Tekla-global-BIM-awards-2011/steel-Retractable-Roof.html>
- Retractable Roof Structure Analysis of Tennis Court*. (n.d.). Retrieved July, 2012, from <http://www.eng-paper.com/retractable-roof-structure-analysis-of-tennis-court/>
- Robbin, T. (1996). *Engineering a new architecture*, London: Yale University Press.
- Rogers Centre open and closed*, (n.d.). Retrieved December, 2011, from [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rogers\\_Centre\\_open\\_and\\_closed.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rogers_Centre_open_and_closed.jpg)
- Roof Structures In Motion – On Retractable and Deployable Roof Structures Enabling Quick Construction or Adaption To External Excitations*, (n.d.). Retrieved January, 2012, from <http://fib.bme.hu/cs2011/vb2011%20angol%20FRIEDMAN%20page41-50.pdf>
- Rothenbaum Tennis Centre Court*, (n.d.). Retrieved February 2012, from <http://www.hightexworld.com/projects/project-type/medium/rothenbaum-tennis-centre-court>

*SEFAR® Architecture TENARA® Fabric Retractable roof on Centre Court, Wimbledon* (n.d). Retrieved September 2011, from <http://www.tenarafabric.com/wimbledon.html>

*Shanghai Qizhong Forest Sports City Tennis Center.* (n.d.). Retrieved July, 2011, from [http://www.culture.sh.cn/english/venue\\_detail.asp?venueid=142](http://www.culture.sh.cn/english/venue_detail.asp?venueid=142)

Sharp, D.; Kobayashi, K. (2002). *Kisho Kurokawa, Oita stadium, Oita, Japan.* Fellbach: Edition Axel Menges

*Spectacular Skydome: A Sports Fan's Fantasy Come True,* (1990). Retrieved July 2011, from [http://www.awci.org/cd/pdfs/9001\\_d.pdf](http://www.awci.org/cd/pdfs/9001_d.pdf)

*Study Of A Retractable Membrane - Roofed Structure.* (n.d.). Retrieved January, 2012, from <http://cpfd.cnki.com.cn/Article/CPFDTOTALOGTY199605002023.htm>

*Starlight Theater.* (n.d.). Retrieved September, 2010, from <http://www.uni-systems.com/en/projects/featured-projects/starlight-theater>

*Swimming-pool: Experimental Swimming-pools – 1970-1971.* (n.d.). Retrieved September, 2011, from [http://www.agencetaillibert.com/uk/Sport\\_facilities/Swimming\\_pool\\_/Experimental\\_Swimming\\_pools\\_.html](http://www.agencetaillibert.com/uk/Sport_facilities/Swimming_pool_/Experimental_Swimming_pools_.html)

Tabanlıoğlu Mimarlık. (2012). *Çizim ve fotoğraf arşivi.*

*Tensile Structures,* (n.d). Retrieved April 2011, from <http://www-classes.usc.edu/architecture/structures/Arch213B/lectures/04-tensile.pdf>

*The Design And Procurement Of Movable Structures,* (2005). Retrieved February 2012, from <http://www.istructe.org/webtest/files/25/25763fdd-5649-4100-9e36-0ee0fed72748.pdf>

*The self-supporting retractable roof designed by Dessau is a truly unique technological solution*, (2010). Retrieved September, 2010, from <http://www.dessau.com/en/news-and-media/press-releases/the-self-supporting-retractable-roof-designed-by-dessau-is-a-truly-uni>

*Tigh Tolerances Met For Lucas Oil Stadium*, (2008). Retrieved January 2011, from <http://ebookbrowse.com/taw-lucasoil-pdf-d55508990>

*Toyota Stadium*, (n.d). Retrieved December 2011, from <http://ebookbrowse.com/kuro-toyota-pdf-d32711072>

*Türk Telekom Arena Mimari Uygulama Projesi*, (b.t). Temmuz 2010, <http://www.mtfproje.com.tr/tr/tt-arena>

Vandenberg M. (1996). *Soft canopies (detail in building)*, Great Britain: Academy Editions.

*Wimbledon*. (n.d.). Retrieved August, 2011, from <http://www.constructionphotography.com/Details.aspx?ID=36006&TypeID=1>

*Wimbledon Centre Court Retractable Roof*. (n.d.). Retrieved June, 2011, from [http://www.biotec-asia.com/Hightex\\_Wimbledon\\_Centre\\_Court\\_Retractable\\_Roof.php](http://www.biotec-asia.com/Hightex_Wimbledon_Centre_Court_Retractable_Roof.php)

*Wimbledon Centre Court Retractable Roof*. (n.d.). Retrieved July, 2009, from <http://www.architectmagazine.com/detail/wimbledon-centre-court-retractable-roof.aspx>

You, Z. ve Pellegrino, S. (1997). Foldable bar structures. *International Journal of Solids and Structures*, 34, 1825-1847.

Zeigler, T. R. (1976). *Collapsible self-supporting structures*. Us Patent No 3,968,808.