

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GENİŞ AÇIKLIKLARIN GEÇİLMESİNDE
MEMBRAN SİSTEMLERİN İNCELENMESİ

Sezen ÖZAT

Mart, 2014
İZMİR

GENİŞ AÇIKLIK GEÇİLMESİNDE MEMBRAN SİSTEMLERİN İNCELENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı

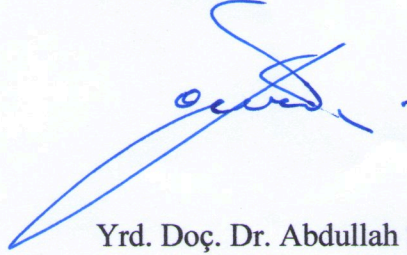
Sezen ÖZAT

Mart, 2014

İZMİR

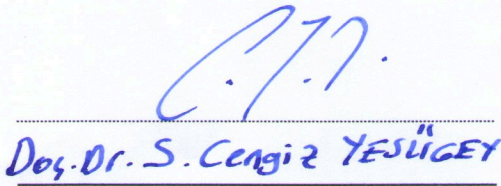
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SEZEN ÖZAT, tarafından YRD. DOÇ. DR. ABDULLAH SÖNMEZ yönetiminde hazırlanan “GENİŞ AÇIKLIKLARIN GEÇİLMESİNDE MEMBRAN SİSTEMLERİN İNCELENMESİ ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

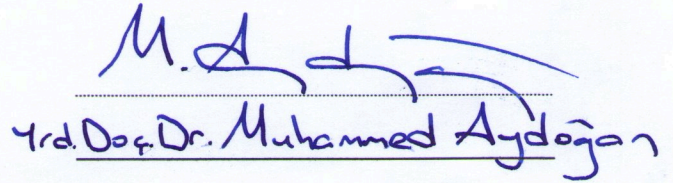


Yrd. Doç. Dr. Abdullah SÖNMEZ

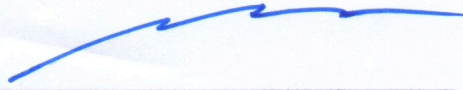
Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalışma sürem boyunca; bilgi desteğini, yönlendirmesini, hoşgörüsünü ve bütün sabrı ile yardımlarını esirgemeyen tez danışman hocam Sayın Abdullah SÖNMEZ'e;

Yaşantımın her döneminde yanımda olan, beni benden daha çok düşünen canım annem Nilgün ÖZAT ve canım babam Fatih ÖZAT'a;

Daha önce hiç tanımadığı bir öğrenciye kütüphanesini açıp, engin bilgisini paylaşan; Fevzi DANSIK, Rana DİRİN ve İsmail SARIAY'a;

Zorlu çalışma sürecimde, yorulduğum her an bana yeniden güç veren, bilgi ve manevi desteğini eksik etmeyen nişanlım Cemal Mert KALE'ye;

Adını hatırlayamadığım ve bu tezin hazırlanmasında katkısı bulunan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sezen ÖZAT

GENİŞ AÇIKLIK GEÇİLMESİNDE MEMBRAN SİSTEMLERİN İNCELENMESİ

ÖZ

Geçmişten günümüze ekonomik ve malzeme kullanımı bakımından etkin yapı üretme ihtiyacı ve arzusu geçerliliğini korumaktadır. Bugün malzeme ve yapı teknolojilerindeki gelişmeler ile birlikte membran sistemlerin geniş açıklıkları etkin malzeme kullanımı ile geçebilme kabiliyeti birleştiğinde başarılı sonuçlar ortaya çıkmakta ve sistemin kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Membran yapıların Dünya'daki örneklerine bakıldığında, Türkiye'ye oranla sayıca daha fazla uygulanmış ve yapım teknolojisi olarak daha gelişmiş örneklerin yer aldığı görülmektedir. Yaklaşık 15 yıldır Türkiye'de de yapımına başlanan sistem geniş açıklıklı uygulamalarda yaygınlaşmaktadır.

Çalışmanın ana amacı; membran sistemlerin ve genellikle geniş açıklıklı mekanlarda tercih edilen örneklerini irdeleyerek Türkiye'de ve Dünya'da taşıyıcı sistem olarak ulaştığı yeri tespit etmektir.

Birinci bölümde, membran sistemler ile ilgili genel bilgi verilmiştir. Çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde, taşıyıcı sistemler ve membran sistemler hakkında bilgilendirme yapılmış, membran sistemlerin; taşıyıcı sistemler içerisindeki yeri, taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme ve destek elemanları ile uygulama detayları anlatılmıştır. Yapıların mimari tasarım, fiziksel ve sayısal modellenmesine ilişkin bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde; bu yapıları oluşturmak için kullanılan en önemli malzeme olan membran malzemesine ait özellikleri, malzemenin çeşitlerini, birleşim metodları ile bakımı ve temizliği hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde, geniş açıklık geçilme kriteri baz alınarak seçilen, yapılmış olan örnekler incelenerek, belirlenen kriterlerce aralarında karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölüm (sonuç bölümü) ise; bir önceki bölümlerden toplanan veriler ışığında; yorum, öneri ve değerlendirme yapılarak sonuca ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Taşıyıcı sistem, membran, membran sistem, geniş açıklık

EXAMINATION OF MEMBRANE SYSTEMS IN WIDE OPENINGS

ABSTRACT

Nowadays, materials and construction technology is developing every other day. Through the technological development on applications, less material consuming and more economical methods are available to satisfy the needs. Therefore, the effective membrane structure system construction is increasing day by day.

Worldwide applications of the membrane structures are significantly more on numerically, as well as more advanced as in construction technology compared to the simulants application in Turkey. Structure system has been effectively increasing on wide span applications for the last 15 years in Turkey.

The main purpose of this study is to interpret the membrane structure systems and wide span applications examples to detect its importance for structure systems in Turkey as well as around the world.

In the first section; general information related to membrane systems is introduced. In addition to that; study purpose, scope and methods are stated.

In the second part; structure systems and membrane structure systems are introduced. Membrane systems importance at structure systems within the structure systems setup, as well as the material and technical support with the implementation details are described. arhitectural and structural design and 3d model studies related to membrane structure systems is explained.

In the third section; the main material, membranes, to build such structures are introduced. The membrane material properties and material types, as well as, joint methods and instructions on maintenance and cleaning are provided.

In the fourth section, comparison details are presented between the executed samples and implementations on wide span crossings criteria basis.

In the fifth section- conclusion, previously collected data is used as the source for; the comments, suggestions, and also on evaluations, and finally the results have been reached.

Keywords: Stucture system, membrane, membrane structure system, wide span.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xvii

BÖLÜM BİR-GİRİŞ..... 1

1.1 Giriş	1
1.2 Çalışmanın Amacı	2
1.3 Çalışmanın Kapsamı.....	3
1.4 Çalışmanın Yöntemi.....	3

BÖLÜM İKİ- MEMBRAN YAPILAR 4

2.1 Taşıyıcı Sistemler	4
2.1.1 Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması.....	9
2.2 Membran Sistemlerin Tarihçesi	17
2.3 Membran Sistemlerde Sınıflandırma.....	25
2.4 Membran Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Kurgusu	26
2.4.1 Membran Sistemlerde Malzeme	27
2.4.2 Membran Sistemlerde Destek Elemanları	28
2.4.2.1 Dikme ile Destekleme.....	28
2.4.2.2 Kemer ile Destekleme.....	39
2.4.2.3 Kablo (Çekme ve Basınç Çemberleri) ile Destekleme	44
2.4.2.4 Çerçeve ile Destekleme.....	45
2.4.3 Membran Sistemlerde Bağlantı Detayları ve Uygulama Yöntemleri	48
2.4.3.1 Kablolar.....	48
2.4.3.2 Düğüm Noktaları	51
2.4.3.3 Asılma Noktaları	52

2.4.3.4 Ağ Gözleri.....	54
2.4.3.5 Kenar Elemanları	55
2.4.3.6 Destek Elemanları.....	58
2.4.3.7 Ankaraj Elemanları	58
2.5 Membran Sistemlerde Tasarım	59
2.5.1Tasarım ve Form Bulma	59
2.5.1.1 Fiziksel Modelleme.....	60
2.5.1.2 Sayısal Modelleme.....	61
2.6 Membran Sistemlerde Kalıpların Hazırlanması	64
BÖLÜM ÜÇ-MEMBRAN MALZEMELER.....	68
3.1 Membran Malzemesi Türleri.....	68
3.1.1 Plastik Kökenli Membranlar	68
3.1.2 Örgü ve Dokuma Membranlar	69
3.1.3Homojen/ Örgü Membran Kombinasyonları	69
3.2 Yüzey Kaplamaları.....	72
3.2.1 PVC Kaplama	72
3.2.2 PTFE Kaplama.....	72
3.2.3 Silikon Kaplama.....	73
3.2.4 PVDF Kaplama.....	73
3.3 Membran Malzeme Sınıfları	73
3.3.1 A Sınıfı Membran Malzeme	74
3.3.2 B Sınıfı Membran Malzeme.....	74
3.3.3 C Sınıfı Membran Malzeme.....	74
3.4 Membran Malzemenin Birleştirilmesi.....	77
3.4.1 Yapıştırma ile Birleşim Yöntemi	77
3.4.2 Dikişli Birleşim Yöntemi	77
3.4.3 Isı Kaynaklı Birleşim Yönetimi	78
3.4.4 Mekanik Birleşim.....	80
3.5 Membran Malzemesi Temizliği ve Bakımı.....	83

BÖLÜM DÖRT- MEMBRAN SİSTEMLERE AİT UYGULANMIŞ ÖRNEKLERİN İNCELENMESİ.....	84
4.1 Örneklerin İncelenmesi.....	84
4.1.1 Londra Olimpiyat Stadyumu.....	84
4.1.2 Bao'an Stadyumu.....	91
4.1.3 Bigo (Eski Liman Cenova)	98
4.1.4 Şangay Expo 2010	103
4.1.5 Old Spinning Mill	112
4.1.6 50. Yıl Buz Pisti.....	117
4.1.7 Soyak Mavişehir Çocuk Oyun Alanı Üst Örtüsü.....	121
4.1.8 Arhavi Gösteri Merkezi	124
4.1.9 Stuttgart Gottlieb- Daimler Stadyumu	128
4.1.10 Münih Kamyon Parkı.....	129
4.1.11 Century Lotus Spor Parkı.....	130
4.1.12 Skysong Asu	131
4.1.13 Roza Park Transit Center	132
4.1.14 Hakuryu Dome.....	133
4.2 Örneklerin Karşılaştırılması	134
BÖLÜM BEŞ-SONUÇLAR	143
KAYNAKLAR	145

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Yığma sistemlerde kubbe ve tonoz	5
Şekil 2.2 Yığma sistem örneği ayasofya cami kesiti.....	5
Şekil 2.3 Betonarme karkas.....	6
Şekil 2.4 Ahşap karkas	7
Şekil 2.5 Çelik karkas	7
Şekil 2.6 Karuizawa Japonya’da kabuk strüktür örneği	8
Şekil 2.7 Frankfurt Almanya’da pnömatik sistem örneği	8
Şekil 2.8 Çerçeve destekli asma germe yapı örneği.....	9
Şekil 2.9 YDÜ tıp fakültesi katlanmış örneği	9
Şekil 2.10 Frei Otto’nun sınıflandırma tablosu.....	11
Şekil 2.11 Engel’in sınıflandırmasına benzer görsel çalışma	13
Şekil 2.12 Sınıflandırma tablosu 1	14
Şekil 2.13 Sınıflandırma tablosu 2	15
Şekil 2.14 Türkçü sınıflandırma tablosu 3	16
Şekil 2.15 Yurd çadırı yapımı	17
Şekil 2.16 Yurd çadırı planı	18
Şekil 2.17 Yurd çadırı	18
Şekil 2.18 Tuareg çadırı	18
Şekil 2.19 Tipi çadırı yapımı	19
Şekil 2.20 Tipi çadırı.....	19
Şekil 2.21 Kollesyum reprezentasyonu	20
Şekil 2.22 1936 yılından sirk çadırı örneği	21
Şekil 2.23 Müzik pavilyonu, federal bahçe fuarı, 1955	22
Şekil 2.24 Expo’67 batı Alman pavyonu planı	22
Şekil 2.25 Expo’67 batı Alman pavyonu	23
Şekil 2.26 Münih olimpiyat stadyumu	23
Şekil 2.27 Münih olimpiyat stadyumu kesiti	24
Şekil 2.28 Skysong asu, arizona, amerika	24
Şekil 2.29 Asma germe sistemlerin sınıflandırılması	25
Şekil 2.30 Geniş açıklıklı membran sistem örneği	27

Şekil 2.31 Dikme ile desteklenme olasılıkları.....	29
Şekil 2.32 Uzay kafes giriş sınır dikmesi.....	30
Şekil 2.33 Sınır dikme örneği, viaport avm	31
Şekil 2.34 İçten tek dikme ile desteklenme.....	32
Şekil 2.35 Mavi su residence	32
Şekil 2.36 Mavi su residence dikme ,çekme çemberi detayı	33
Şekil 2.37 Club asteria, belek, antalya	33
Şekil 2.38 Merkezi pylon ve askı kablolu desteklenme.....	33
Şekil 2.39 Çeşitli yükseklikte dikmelerden oluşturulan sistem	34
Şekil 2.40 Çok dikmeli desteklenme ile oluşturulabilen semer yüzeyli form örnekleri	35
Şekil 2.41 İzmir Konak Meydanı	35
Şekil 2.42 Semer formunda basit bir asma germe sistem örneği	36
Şekil 2.43 Dış dikme destekli çadır sistem görünüş ve plan.....	36
Şekil 2.44 Expo 92, İspanya.....	37
Şekil 2.45 ABD’de bir kafe.....	37
Şekil 2.46 Açıklığa oranla kullanılan uçan payanda sayısı ve boyutları.....	38
Şekil 2.47 Münih kamyon parkı.....	39
Şekil 2.48 Tek kemer destekli ve dört noktadan ankrajlanmış bir çadır sistem.....	40
Şekil 2.49 Çift kemer ile desteklenme olasılıkları	40
Şekil 2.50 Çok sayıda kemer ile desteklenme olasılıkları.....	40
Şekil 2.51 Fifa 2014 dünya kupası için tasarlanan yapı.....	41
Şekil 2.52 Wing of glory ön görünüş çizimi	42
Şekil 2.53 Wing of glory fonsiyonları görünüş.....	42
Şekil 2.54 Soccerfive münih, almanya.....	43
Şekil 2.55 Soccerfive münih, almanya görünüm	43
Şekil 2.56 Stuttgart Gottlieb-Daimler stadyumu çekme çemberi	44
Şekil 2.57 Küçük ölçekli çerçeve örneği.....	45
Şekil 2.58 Uzay kafes giriş çerçeve	46
Şekil 2.59 Kare çerçeve ile desteklenen çadır sistem	46
Şekil 2.60 Kare modüllerden oluşturulmuş sistem	47
Şekil 2.61 Asimetrik çerçeve	47

Şekil 2.62 Tel grubu.....	49
Şekil 2.63 Çelik halat	49
Şekil 2.64 Çelik halatı meydana getiren elemanlar.....	50
Şekil 2.65 Düğüm noktası detay çözümleri	51
Şekil 2.66 Çatallı çelik halat soketi, kenar kablosuna bağlanan asılma noktası halka tipi.....	52
Şekil 2.67 Çatallı baskı çelik halat soketi, kenar kablosuna bağlanan asılma noktası halka tipi.....	52
Şekil 2.68 Çelik halat soketi, kenar kablosuna bağlanan asılma noktası halka tipi...	53
Şekil 2.69 Çerçeve asılma detayı	53
Şekil 2.70 Kolon-membran asılma detayı.....	54
Şekil 2.71 Asılma noktası detayı.....	54
Şekil 2.72 Ağ gözü detayı	55
Şekil 2.73 Kenar pekiştirme detay örnekleri.....	55
Şekil 2.74 Köşe plaka detayı.....	56
Şekil 2.75 Köşe plaka detay örneği.....	57
Şekil 2.76 Bohçalama yöntemi	58
Şekil 2.77 Üç farklı tip ankraj	58
Şekil 2.78 Çelik halatın zemine ankre detayı.....	59
Şekil 2.79 Model yapımı ile formun belirlenmesi	60
Şekil 2.80 Model yapımı ile formun belirlenmesi	61
Şekil 2.81 Membran örtünün sınırlarının belirlenmesi	61
Şekil 2.82 Düğüm noktalarının belirlenmesi	62
Şekil 2.83 Modelin belirlenmesi	62
Şekil 2.84 Modelin belirlenmesi	63
Şekil 2.85 Yığılma ve deformasyonların belirlenmesi.....	63
Şekil 2.86 Membran örtüde paralellerin belirlenmesi.....	64
Şekil 2.87 Membran örtüdeki eğrisellerin düzleme aktarılması	65
Şekil 2.88 Düzleme aktarılacak panelin belirlenmesi	65
Şekil 2.89 Belirlenen panellerin üçüncü boyutta incelenmesi	66
Şekil 2.90 Kesme halatlarının paralellere ayrılmış hali ile belirlenmesi	66
Şekil 2.91 Gerilme kayıpları göz önünde tutularak kalıpların küçültülmesi	67

Şekil 2.92 Kesme kalıbı geometrik koordinatlarının raporlanması	67
Şekil 3.1 Dokumada iplik çapı ve atkı çözgü uzaklığı.....	69
Şekil 3.2 Atkı ve çözgü yönleri.....	70
Şekil 3.3 Bezayağı örgü dokuma	71
Şekil 3.4 Panama örgü dokuma.....	71
Şekil 3.5 Dikişli birleşim	78
Şekil 3.6 Isı kaynaklı birleşim.....	78
Şekil 3.7 Isı kaynaklı birleşim tipleri	79
Şekil 3.8 Mekanik birleşim detayı	80
Şekil 3.9 Mekanik birleşim tipleri.....	81
Şekil 3.10 Alüminyum plaklar ile yapılan mekanik birleşim	81
Şekil 3.11 Mekanik birleşim detayı	82
Şekil 3.12 Kablo membran birleşim detayı.....	82
Şekil 4.1 Londra olimpik stadyumu dış görünümü.....	84
Şekil 4.2 Vaziyet planı	85
Şekil 4.3 Stadyumun kesiti.....	86
Şekil 4.4 Stadyum iç mekan görünümü	86
Şekil 4.5 Londra olimpik Stadyumu	87
Şekil 4.6 Stadyumun yapımında malzemenin kullanımının minimize edildiğini gösteren diyagram.....	88
Şekil 4.7 Londra olimpik stadyumu kesitini gösteren maketi.....	89
Şekil 4.8 Çatı konstrüksiyonunun çekme çemberine bağlanma durumunu gösteren doğu kesiti	89
Şekil 4.9 Yapım aşamasında çelik halatlar ve makaslar arasına gerilen ilk membran parçası.....	90
Şekil 4.10 Yapım aşamasından fotoğraflar	90
Şekil 4.11 Bao'an stadyumu	91
Şekil 4.12 Tasarım aşamasından bir eskiz	92
Şekil 4.13 Stadyumun gece görünümü	93
Şekil 4.14 Vaziyet planı	93
Şekil 4.15 Zemin kat planı	94
Şekil 4.16 1..kat planı.....	94

Şekil 4.17 Bao'an stadyumu kesit.....	95
Şekil 4.18 Bao'an merkezdeki basınç çemberinin detayını gösteren fotoğraf.....	95
Şekil 4.19 Bambu görünümündeki çelik dikmeler ve strüktüre bağlantı detayını gösteren fotoğraf	96
Şekil 4.20 Farklı yükseklik ve çaptaki bambu çelik dikmeler	96
Şekil 4.21 Bao'an tribün detay kesiti	97
Şekil 4.22 Bigo' 92	98
Şekil 4.23 Tasarım aşamasından bir eskiz çalışması	99
Şekil 4.24 Cenova Liman'ı ve çevresi kesiti.....	100
Şekil 4.25 Vaziyet planı	100
Şekil 4.26 Deniz üzerinde oluşturulan betonarme platform.....	101
Şekil 4.27 Çelik halatlar ve dikmenin birleşim detayı	102
Şekil 4.28 Pilonlar görünüş	102
Şekil 4.29 Şangay expo görünüm.....	103
Şekil 4.30 Şangay expo plan,	104
Şekil 4.31 Şangay expo 2010 kesit	105
Şekil 4.32 Şangay expo 2010 görünüş çizimi	105
Şekil 4.33 Yapının uydu üzerinden görünümü	106
Şekil 4.34 Cam kabuk ve membran örtü birleşim detayı	106
Şekil 4.35 Şangay expo 2010 yapım aşamasından görünüm	107
Şekil 4.36 Şangay expo asılma kablosu ve merkezil dikme ankraj detayı.....	107
Şekil 4.37 Şangay expo ana strüktüre bağlantı detayı	108
Şekil 4.38 Şangay expo köşe plaka detayı	109
Şekil 4.39 Şangay expo asılma kabloları detayı.....	110
Şekil 4.40 Şangay expo yapım sürecinden fotoğraflar.....	111
Şekil 4.41 Old spinning mill görünüm.....	112
Şekil 4.42 Old spinning mill vaziyet planı.....	113
Şekil 4.43 Old spinning mill güney cephesi çizmi.....	114
Şekil 4.44 Old spinning mill batı cephesi çizmi	114
Şekil 4.45 Old spinning mill genel görünüm	114
Şekil 4.46 Old spinning mill batı cephesi görünümü.....	115
Şekil 4.47 Çelik kabloya bağlanan kelepçe detayı.....	116

Şekil 4.48 Membran halat kelepçe detayı	116
Şekil 4.49 50. yıl buz pisti.....	117
Şekil 4.50 50. yıl buz pistinden görünüm	118
Şekil 4.51 50. yıl buz pisti görünüş ve perspektifler.....	119
Şekil 4.52 50. yıl buz pisti detay perspektif.....	120
Şekil 4.53 50.yıl buz pisti görünüm	120
Şekil 4.54 Mavişehir soyak çocuk oyun alanı.....	121
Şekil 4.55 Mavişehir soyak çocuk oyun alanı planı ankraj noktaları gösterimi	122
Şekil 4.56 Mavişehir soyak çocuk oyun alanı plan, kesit ve görünüşleri	123
Şekil 4.57 Arhavi gösteri merkezi.....	124
Şekil 4.58 Arhavi gösteri merkezi plan.....	125
Şekil 4.59 Arhavi gösteri merkezi a-a kesiti	126
Şekil 4.60 Arhavi gösteri merkezi b-b kesiti.....	126
Şekil 4.61 Merkezil pilon destekli kısım.....	127
Şekil 4.62 Çerçeve destekli kısma ait cephe	127
Şekil 4.63 Stuttgart gottlieb-daimler stadyumu	128
Şekil 4.64 Münih kamyon park alanı	129
Şekil 4.65 Century lotus spor parkı.....	130
Şekil 4.66 Skysong asu	131
Şekil 4.67 Rosa park transit center.....	132
Şekil 4.68 Hakuryu dome.....	133

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2. 1 Sarmallı çelik halat tip 1 ve teknik özellikleri	50
Tablo 2. 2 Sarmallı çelik halat tip 2 ve teknik özellikleri	51
Tablo 3.1 C sınıfı malzemenin teknik özellikleri.....	75
Tablo 4. 1 Londra olimpiyat Stadyumu genel bilgiler	84
Tablo 4. 2 Bao'an stadyumu genel bilgiler	91
Tablo 4. 3 Bigo genel bilgiler	98
Tablo 4. 4 Şangay expo 2010 genel bilgiler.....	103
Tablo 4. 5 Old spinning mill genel bilgiler	112
Tablo 4. 6 50. yıl buz pisti genel bilgiler	117
Tablo 4. 7 Soyak mavişehir çocuk oyun alanı üst örtüsü genel bilgiler	121
Tablo 4. 8 Arhavi gösteri Merkezi genel bilgiler	124
Tablo 4. 9 Stuttgart gottlieb-daimler stadyumu genel bilgiler	128
Tablo 4. 10 Münih kamyon parkı genel bilgiler	129
Tablo 4. 11 Century lotus spor parkı genel bilgiler	130
Tablo 4. 12 Skysong asu genel bilgiler	131
Tablo 4. 13 Rosapark transit center genel bilgiler	132
Tablo 4. 14 Hakuryu dome genel bilgiler	133
Tablo 4. 15 Asma germe yapıların karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi	135
Tablo 4. 16 Asma germe yapıların karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi	136
Tablo 4. 17 Asma germe yapıların karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi	137
Tablo 4. 18 Asma germe yapıların karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi	138
Tablo 4. 19 Yapıların yapım yıllarına ait yüzde grafiği	139
Tablo 4. 20 Yapıların işlevine ait yüzde grafiği	139
Tablo 4. 21 Örtülen alana ait yüzde grafiği.....	140
Tablo 4. 22 Geçilen açıklığa ait yüzde grafiği	140
Tablo 4. 23 Kullanılan membran malzemesi	141
Tablo 4. 24 Destek elemanlarına ait yüzde grafiği	141
Tablo 4. 25 Destek elemanları malzemelerine ait yüzde grafiği.....	142

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

İnsanoğlunun varoluşu ile yaşam mücadelesi başlamıştır. Hayatta kalabilmek için öncelikle yemek ve korunmaya ihtiyaç duymuştur. Kötü hava şartları, yabani hayvanlar ve insanın özünde bulunan mahremiyet duygusu, barınmanın insan hayatı için olan önemini göstermektedir. Önceleri doğada kendiliğinden var olan, ağaç kavuğu, mağaralar gibi yerleri kullanmışlar, daha sonra ise bunları taklit ederek kendi sığınacakları barınaklar yapmışlardır. Bu durum, o günlerden bugünlere kadar geçen süre zarfında taşıyıcı sistem kavramının oluşturulup, gelişmesinde öncü olmuştur.

Taşıyıcı sistem oluşturabilmek için bir strüktürün oluşturulması gerekmektedir. Strüktür sözcüğünün çıkışı Latinceye uzanmaktadır. Struere-inşa etmek fiilinden türetilen struktura ve bunun con (Latince’de bir arada birlikte) öneki ile birleşerek oluşturduğu konstruktion / construction sözcükleri ufak değişikliklerle bugün tüm uygar dillere girmiştir. Her şeyden önce katı, sıvı ve gaz halinde ne olursa olsun bütün fiziksel varlıkların bir strüktürü vardır. Mimarlık alanındaki kullanımında strüktür sözcüğü Türkçede ki yapı sözcüğü ile çıkışı ve kullanılışı itibarıyla örtüşmektedir (Türkçü, 2009).

Binlerce yıl önce, ağaç dalları, hayvan kemik ve derileri ile yapılan barınaklar günümüzde ki taşıyıcı sistemler ve strüktürler düşünüldüğünde temelinde aynı mantık çerçevesinde geliştirilmektedir. İnsanlığın ilk evlerinden biri olan çadır, günümüzde hala bazı göçebe topluluklarca ve kısa süreli ihtiyaçlar için kullanılmaktadır. Membran sistemlerin ortaya çıkışı çadırlardır. Teknolojinin gelişmesi; toplumsal ilişkilerin değişimi yeni yapım sistemlerinin doğmasına, var olanlarında gelişimine sebep olmuştur. Bir başka deyişle bu sistemler çağdaş anlamda yeniden yorumlanmışlardır.

Bilindiği gibi mimarlık yapı tasarlama ve yapım sanatıdır. Sanat denildiğinde ise, sınırlar içerisinde tutulmayan özgür ve özgün ürünler akla gelmektedir. Membran strüktürler de kullanılan malzemeye ait avantajlar sayesinde sınırsız form ve yapıda sistemler oluşturulmaktadır. Bu bağlamda düşünüldüğünde, membran yapı sistemleri ile oluşturulan strüktürler ile neredeyse sınırsız formda yapılar tasarlanabilmektedir. Hafif strüktür olmaları malzemeden tasarrufu sağlarken, bilinen yapım sistemlerine göre çok kısa sürede inşa edilmektedirler.

Bu sistemlerin uygulama alanları oldukça geniştir. Endüstri alanları, pazaryerleri, otoparklar, festival alanları, stadyum ve spor tesisleri gibi alanlarda yapımı hızlı, estetik ve ekonomik çözüm olarak membran sistemlerin yapımı tercih edilmektedir.

Ülkemizde, tasarımı ve uygulaması üzerine çalışan firma sayısı ile uygulama tecrübesi olan kalifiye çalışan sayısına gün geçtikçe yenileri eklenmektedir. Tasarım ve uygulama süreci her sistemde olduğu gibi belli bir düzen ve çalışma disiplini gerektirmektedir.

Günümüz mimarisinde üretilen ürünlerin estetik bakımdan etkileyiciliğinin yanı sıra fonksiyonel oluşu da düşünülmekte ve tasarım çalışmaları bu çerçevede ilerlemektedir. Membran sistemler kolay kurulup, sökülebilen özellikleri ile portatif yapılardır. Artan nüfus ve ihtiyaçlar ile membran sistemlere ilgi gün geçtikçe daha çok artacaktır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Geniş açıklık geçmede kullanılan diğer yapım sistemleri incelendiğinde, neredeyse sınırsız geometride form oluşturabilme, sistemin hafif oluşu, az malzeme ile büyük açıklıkların geçilebilmesi gibi özellikleri sayesinde yaygın kullanım alanına sahip olan membran sistemlere ait uygulamalar artmaktadır.

Membran sistemler; endüstri ve spor yapıları ile sosyal tesisler, askeriye gibi birçok alanda yapılmış örneklere sahiptir.

Bu çalışmanın amacı; membran yapıların taşıyıcı sistemlerin içerisindeki yerinin anlaşılması, sistemin detaylı olarak incelenmesi ve açıklığı fazla olan güncel rneklerce, örneklerin kendi içerisinde belirli kriterlerce karşılaştırılmasının yapılmasıdır.

1.3 Çalışmanın Kapsamı

Bu alışma, çadır sistemler olarakta bilinen membran strüktür sistemler ile sınırlandırılmıştır. Adı geçen membran sistemler konusu başlığı altında sistem detaylı olarak incelenmektedir.

Diğer bölümlerden elde edilen; malzeme, tasarım ve sistemin taşıyıcılık özelliklerine ait bilgiler, incelenen örnekler üzerinde yapılan karşılaştırma bölümünde kullanılmaktadır.

Sonuç bölümünde ise, tezin geneli yorum ve öneriler ile değerlendirilerek, sonuca ulaşılmaktadır.

1.4 Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada kullanılan yöntem; membran sistemlere ait bilgi ve detayların belirlenen örnekler üzerinde karşılaştırılmalı analizinin yapılmasıdır. konuya ait tanım, kavram, örnek, detay çizimi gibi verilere internet, literatür ve uygulama firmaları teknik ekip çalışanları ile yapılan görüşmeler ile ulaşılmıştır.

Edinilen bilgiler, fotoğraf ve çizimler ile desteklenmiş, desteklenerek yorumlanmıştır.

BÖLÜM İKİ

MEMBRAN YAPILAR

Yapım sistemleri, yapının dayanıklılığı, ömrü, konforlu kullanımı için oluşturulmuş disiplinlerdir. Taşıyıcı sistemlerde farklı formların oluşturulabilmesi, malzeme tasarrufu ve estetik bir yapı inşa edilmesi gibi hususlar önem taşımaktadır.

Membran yapı sistemleri Türkiye ve Dünya’da kullanılan ve bilinen en hafif ve pratik yapım sistemlerindendir. Sistemin hafif oluşu, malzeme kullanımının az olması ekonomik olmasını sağlamaktadır.

2.1 Taşıyıcı Sistemler

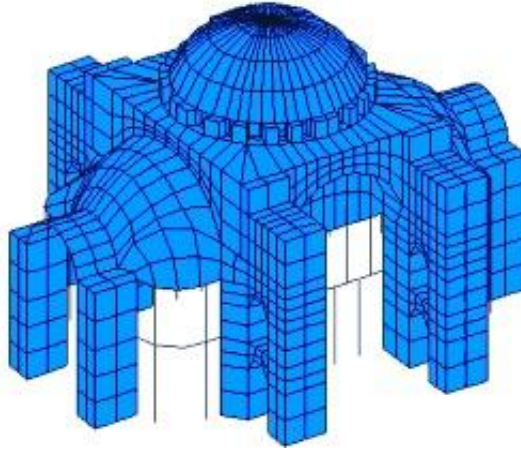
İnsanoğlunun çevresini düzene sokması Taş Çağı’nın karalıklarında başlıyor. Doğanın sağladığı sığınaklar yeterli olmayınca, kendisinin yapıcılığı başlıyor. Daha sonraları ailenin veya daha büyük grupların çeşitli faaliyetlerini barındıran yapılar, belli düzenler içinde bir araya geldikleri zaman, kişinin boyutunu aşan, meydan, sokak ve mahalle gibi büyük yerleşme ögeleri ortaya çıkıyor. ... Böylece içinde yaşanan yapının birey için bir ilk kabuk olduğu söylenebilir (Kuban, 1992).

Taşıyıcı sistem, taşıyıcı elemanlardan oluşan ve onlardan gelen yüklerin, statik bir denge içerisinde aktarılmasını sağlayan bir kurgu bütünüdür. Taşıma sözcüğün anlamı incelendiğinde ise; yerçekimi yüküne karşı yapılan bir eylemdir.

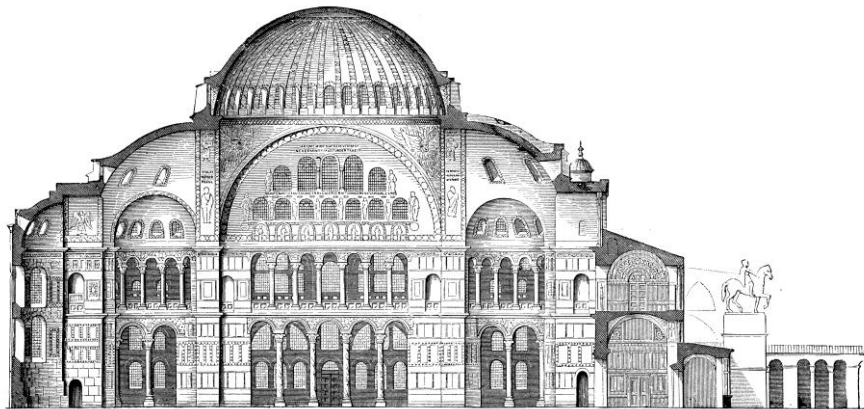
Taşıyıcı sistemler, her zaman belli bir amaç ve işlev için inşa edilmektedir. Mimarlık alanında taşıyıcı sistemler, uygun olarak bir hacmi, mekânı tanımlamak, tamamen ya da parçalı olarak örtmek sınırlamaktır. Mimarlıkta bunun yabancı kökenli karşılığı strüktür sistemidir. Ancak strüktür kelimesi birçok bilim ve sanat dalında çeşitli anlamlarda kullanılmaktadır. Taşıyıcı sistem mimarlık ve mühendislik dallarından yapıyı / binayı ayakta tutan, taşıyıcı elemanlardan oluşan bir bütün kısaca yapının taşıyıcı özü anlamına gelmektedir.

Mimaride taşıyıcı sistemler denildiğinde üç ana başlık oluşturulabilir. Bunlar; yığma sistemler, iskelet sistemler ve yüzeysel taşıyıcı sistemlerdir.

Yığma Sistemler: Eski köy evleri ve ambarlar yığma sistem ile yapılmış örneklerdir. Yığma sistemin statiksel mantığı yüklerin duvarlar tarafından taşınması ve zemine aktarılmaktadır. Yani duvarlar ana taşıyıcı elemanlardır. Kimi zaman sistemi desteklemek için taş ahşap hatıllar veya metal kenetlerde kurguya dahil olurlar.



Şekil 2.1 Yığma sistemlerde kubbe ve tonoz (Yığma sistemlerde kubbe ve tonoz, b.t.)



Şekil 2.2 Yığma sistem örneği Ayasofya Cami kesiti (Verlag, 2004)

Bilinen en eski taşıyıcı sistem çeşitlerinden biri olan yığma yapılarda taş ana malzemedir. Taşın basınç dayanımı yüksek olmasına karşın çekme dayanımı yok denecek kadar azdır. Düşeyde bulunan elemanlar kolonlar ve pilonlar, eğik durumda bulunan elemanlar payandalar, sistemin taşınmasını ve zeminde sınırlandırılmasını sağlar. Daha büyük açıklık geçilebilmesi için taşın basınç özelliğinden faydalanılarak kubbe ve tonozlar uygulamaları yapılmıştır.

Yığma sistemlerin düşey taşıyıcı elemanlarında (duvarlar ve kolonlar) taş, kerpiç, tuğla vb. gibi kagir malzemeler kullanılmakta ve sisteme hakim olan gerilme türü ise basınçtır. Taşıyıcı sistem geometrisi çizgisel (örneğin pilon, kemer), düzlemsel (örneğin duvar) ve hacimsel (örneğin tonoz veya kubbe) olsa dahi, tepeden mesnetlere doğru tek doğrultuda aktarılan basınç kuvvetleri söz konusudur (Türkçü, 2009).

İskelet sistemler: Mimari ve mühendislik alanında yaygın olarak uygulanan sistemlerdir. Yaygın olarak kullanılma sebeplerinden en önemlisi ise yığma sistemlere göre daha az malzeme kullanılmasıdır. İskelet sistemlerde ağırlık ve yükseklik arttıkça kullanılan malzeme miktarı, yığma sistemler düşünüldüğü zaman çok daha azdır.

Sistemin oluşturulmasında ayrı ayrı betonarme, çelik ve ahşap gibi malzemelerden oluşan veya bu malzemelerin kombinasyonları kullanılmaktadır.



Şekil 2.3 Betonarme karkas (Betonarme karkas, b.t.)

Kolon, kiriş, plak, levha gibi elemanlardan kurulan betonarme karkas binalar, ahşap karkas yapılar, çelik ve ahşap çubuklardan yapılan düzlem makas ve kafes kirişler, uzay kafesler, metal çubuklardan kurulan kubbe ve tonozlar, hatta kablo sistemler iskelet sistemlerin örneklerine katılabilir (Türkçü, 2009).



Şekil 2.4 Ahşap karkas (Ahşap karkas, b.t.)



Şekil 2.5 Çelik karkas (Anonim, 2005)

Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler: Sistemde, 2 veya 3 doğrultuda yük aktarılmaktadır. Eğri yüzeyli geometriler; kablolar, membranlar, pnömatik sistemler, kabuk strüktürler ve katlanmış plaklar yüzeysel taşıyıcı sistemlerdir.

Yüzeysel taşıyıcı sistemler, taşıyıcı elemanların sistemde statik olarak bütünleşmesi durumu ile yığma sistemlerle benzerlik gösterirler.

Örneğin kablo sistemlerde taşıyıcı yüzeyi germek amacıyla kolon, pilon, çerçeve, kemer gibi iskelet sistem elemanları da birlikte kullanılmaktadır. Bir membran sisteme, iskelet elemanları olan dikme, kolon, pilon, kemer ve askı kablolarıyla gerekli öngerilme verilerek şekil stabilitesi sağlanır (Türkçü, 2009).



Şekil 2.6 Karuizawa Japonya’da kabuk strüktür örneği (Etherington, 2009)



Şekil 2.7 Frankfurt Almanya’da pnömatik sistem örneği (Frankfurt Almanya’da pnömatik sistem örneği, b.t.)



Şekil 2.8 Çerçeve destekli membran sistem yapı örneği (Anonim, 2009)



Şekil 2.9 YDÜ tıp fakültesi katlanmış plak örneği (Anonim, 2008)

2.1.1 Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Üzerine etki eden yükleri belli yerlere aktarıp, öngörülen statik dengeyi sağlamak ve sürdürmek amacıyla taşıyıcı elemanların oluşturduğu sistematik bütün o yapının taşıyıcı sistemidir (Türkçü, 2009).

Taşıyıcı sistemler, birçok defa yapısal özellikleri göz önüne alınarak sınıflandırılmışlardır. Frei Otto, membran sistemler üzerine ilk çalışmaları yapan ve sistemin dünyaca yaygınlaşmasını sağlayan bir mimar olarak, taşıyıcı sistemlerin sınıflandırması üzerine de bir çalışma yapmıştır.

Otto, bu sınıflandırma için iki ölçüt belirlemiştir. Birincisi, strüktür ve sisteme ait malzemelerin fiziksel hali (plastik, katı, sıvı gibi) durumudur. Kuvvet aktarımını maddeli ve maddesiz olabilmesi durumu ile ayırmıştır. Kuvvet aktarımı yapabilme yetisine sahip malzemeler ise; katı, akışkan (sıvı veya gaz), plastik (akışkan ile katı arasındaki malzemeler)dir. İkincisi ise, çekme, eğilme ve basınç gerilmeleri gibi gerilme türleridir.

Sınıflandırmada membran sistemlerin yeri, maddenin katı hali altında ve çekme, eğilme ve basınç etkilerinde olduğu gösterilmektedir. Ayrıca tabloda membran sistemlerin geneli kemer destekli membran olarak spesifik bir başlık altında toplanmıştır.

Sınıflandırma incelendiğinde, tablo düzeni kolay algılanmamak ile birlikte rahat takip edilememektedir. Maddelerin fiziksel hal ve durumları baz alınarak oluşturulan tablo, taşıyıcı sistemlerin genelini açıklayabilmek için yetersiz kalmıştır. Örneğin katılar daha çeşitlendirilerek, rijit ve esnek malzemeler olarak ayrılabilirlerdi. Taşıyıcı sistemler, bir bütün içerisinde gösterilmekte ve farklı ölçütlerde incelenmektedir.

Strüktür sistemler, doğadaki strüktür ve fiziksel formun sürekliliği için gereklidir. Sistemlerin performanslarına bağlı olarak formun korunması ön gereksinimdir: makine / konut / ağaç / insan + strüktür olmadan sistem olmaz (Engel, 2004).

Engel, strüktür sistemi içerisindeki elemanların kuvvet türüne göre beş ana başlık altında toplamaktadır. Bunlar;

1. Kütle etken strüktür sistemler,
2. Yüzey etken strüktür sistemler,
3. Biçim etken strüktür sistemler,
4. Vektör etken strüktür sistemler,
5. Dikey taşıyıcı sistemlerdir.

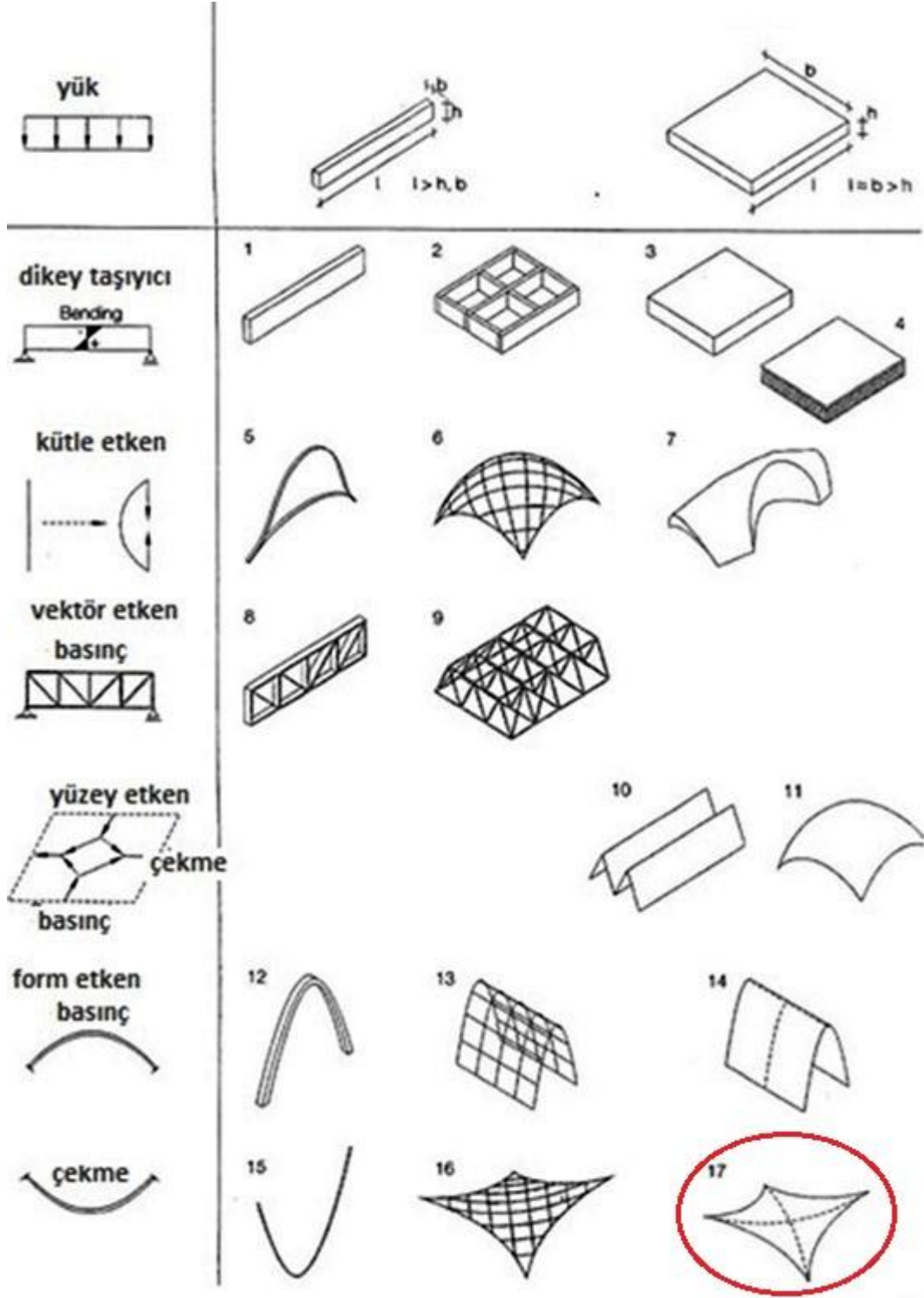
Engel sınıflandırmasında malzeme, biçim, gerilme gibi kriterler belirleyici değildir. Sınıflandırmada farklı taşıyıcı sistem grupları birbiri ile çakışmaktadır. Bu bağlamda membran sistemler, biçim etken taşıyıcı sistemler taşıyıcı sistemler başlığı altında bulunmaktadır. Bu başlık altında genel olarak biçim için, ters veya eş eğrilikli geometrilerden, ağırlık ve gerilme türü için basınç veya çekme durumlarından yalnız birine ve malzeme için ise esnek, kagir ve rijit malzemeler belirtilmiştir.

Türkçü'nün sınıflandırma yöntemi, strüktür sistemlerin geometrik özellikleri temel olarak hazırlanmıştır.

Sınıflandırma incelendiğinde, çizgisel taşıyıcılardan hacimsel taşıyıcılara gittikçe, sistemlerin taşıma kapasitesi artmaktadır. Bu bağlamda, geniş açıklık geçebilen taşıyıcı sistemler tablodan rahatlıkla takip edilebilmektedir.

Bu bağlamda membran sistemlerin ana malzemesi olan membran sürekli yüzeylerde, iki boyutlu çekmeye dayanımlı olarak sınıflandırmada gösterilmektedir. Membran sistemler ise çift eğrilikli hacimler, eğri ve sürekli yüzeyler başlığı altında incelenmiştir.

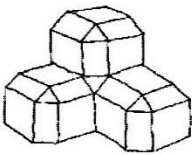
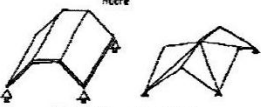
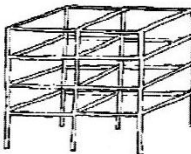
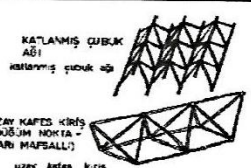
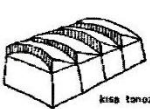
Mimarların ve mimarinin iletişim dili şekiller ve çizimlerdir. Bu da bir anlamda geometrik kavramlarla bağdaştırılabilecek bir özelliktir. O nedenle bir mimarın daha kolay kavrayabileceği bir strüktür sınıflamasının geometrik ilkelere çıkarak hazırlanmış olması önemlidir (Türkçü, 2009).



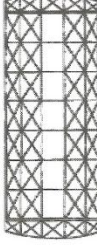
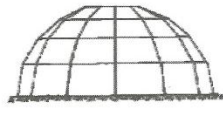
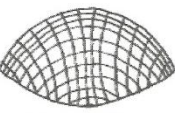
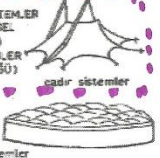
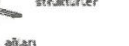
Şekil 2.11 Engel'in sınıflandırmasına benzer görsel çalışma (Basel,2011)

ÇİZELGE 2.4.3		GEOMETRİK ÇIKIŞLI BİR STRÜKTÜR SİSTEMLERİ SINIFLAMASI			
		1		2	
GEOMETRİK KAVRAM		ÇİZGİ		DÜZLEM	
STRÜKTÜR	GEOMETRİK BİÇİM	DÜZ		DÜZ	
	GEOMETRİK KAVRAMIN OLUŞUMU	EĞRİ		SÜREKLİ YÜZEYLER AYRIK YÜZEYLER	
	GEOMETRİK ALT ACILIMLAR	DÜŞEY VATAY EĞİK		DÜŞEY KONUM VATAY KONUM EĞİK KONUM	
	GEOMETRİK ALT ACILIMLAR	DÜŞEY VATAY EĞİK		DÜŞEY KONUM VATAY KONUM EĞİK KONUM	
DURUMU	EĞİLME	KIRIŞ LENTO	ZİNCİR EĞRİLİĞİNDEN FARKLI KEMERLER (ASİMETRİK YÜK ALTINDA)	PLAK LEVHA (YATAY YÜKLERDE)	NERVÜR DÜŞEY KASET DÜŞEY (GRİD) ÇERÇEVELER
	BASINÇ	BASINÇ ÇUBUĞU KOLON PİLON ÇEKME	ZİNCİR EĞRİLİKLİ KEMERLER ZİNCİR EĞRİLİĞİNDEN FARKLI KEMERLER (EĞRİ VATAY YÜK ALTINDA)	PERDE (DÜŞEY YÜKLERDE)	BASINÇ ÇEMBERİ
	ÇEKME + BASINÇ				KAFES KİRİŞLER (MAKAS)
	ÇEKME	ÇEKME ÇUBUĞU TEK UÇTAN ASILI KABLO	İKİ UÇTAN ASILI KABLO (TEK KABLO SİSTEMLER) ÇEKME SİSTEMLİ KEMER	DÜZ MEMBRAN	ÇİFT KABLO SİSTEMLER ÇEKME ÇEMBERİ
STRÜKTÜR TANIYICI AMASI		TEK BOYUTLU (ÇİZGİSEL) TASIYICILAR		İKİ BOYUTLU (DÜZLEMSEL) TASIYICILAR	

Şekil 2.12 Sınıflandırma tablosu 1 (Türkçü, 2009)

ÇİZELGE 2.4.4		GEOMETRİK ÇIKISLI BİR STRÜKTÜR SİSTEMLERİ SINIFLAMASI			
		3			
GEOMETRİK KAVRAM		DÜZLEM YÜZEYLİ VEYA TEK EGRİLİKLİ HACİMLER			
STRÜKTÜR	GEOMETRİK KAVRAMIN OLUŞUMU	DÜZ YÜZEYLİ SÜREKLİ HACİMLER İKİ TABAKALI ÇOK TABAKALI PRAMİDAL KAT- PLAKL. PRİZMATİK KAT- PLAKL. AYRIK HACİMLER İKİ TABAKALI İKİ YÖNLÜ ÜÇ YÖNLÜ ÜÇ TABAKALI ÜÇ YÖNLÜ ÜÇ YÖNLÜ EĞRİ YÜZEYLİ SÜREKLİ HACİMLER TEK EĞRİLİKLİ SÜREKLİ HACİM DÖNEL YÜZEYLER DİLEME YÜZEYLER REĞLE (ÇİZEL) YÜZEYLER SERBEST ŞEKİLLER			
	GEOMETRİK ALT AÇILIMLAR				
DURUMU	EĞİLME	 hücre  Prizmatik Katlanmış Plaklar			
	BASINÇ	 Uzay çerçeve			
GERİLME	ÇEKME + BASINÇ	 KATLANMIŞ ÇUBUK AĞI Katlanmış çubuk ağı UZAY KAFES KİRİŞİ (DÜŞÜM NOKTASI - LARLI MAFSALLI) uzay arden kırış			
	ÇEKME	ÖN GERİLMELİ ÇUBUK KABLO SİSTEMLER DÜZLEM YÜZEYLİ TENSEGRITY SİSTEM  ön gerilmeli kablo sistemler			
STRÜKTÜR TAYINILMASI		TONOZ KABUKLAR (KISA-UZUN TONOZ)  uzun tonoz  kısa tonoz Pnömatik Sistemler TONOZ VE TEK CİDARLI  pnömatik tonoz			
ÜÇ BOYUTLU (HACİMSEL) TASIYICILAR					

Şekil 2.13 Sınıflandırma tablosu 2 (Türkçü, 2009)

ÇİZELGE 2.4.5		GEOMETRİK ÇIKISLI BİR STRÜKTÜR SİSTEMLERİ SINIFLAMASI	
		3	
		ÇİFT EĞRİLİKLİ HACİMLER	
STRÜKTÜR	GEOMETRİK BİÇİM	EĞRİ YÜZEYLİ SÜREKLİ HACİMLER ÇİFT EĞRİLİKLİ EŞ EĞRİLİKLİ TERS EĞRİLİKLİ SÜREKLİ HACİMLER DÖNEL YÜZEYLER ÖTELEME YÜZEYLER REGLE (ÇİZEL) YÜZEYLER SERBEST ŞEKİLLER AYRIK HACİMLER TEK EĞRİLİKLİ AYRIK HACİMLER ÇİFT EĞRİLİKLİ EŞ EĞRİLİKLİ TERS EĞRİLİKLİ AYRIK HACİMLER DÖNEL YÜZEYLER ÖTELEME YÜZEYLER REGLE (ÇİZEL) YÜZEYLER SERBEST ŞEKİLLER TEK TABAKALI İKİ YÖNLÜ ÜÇ YÖNLÜ HAC. ÇOK	
	GEOMETRİK KAVRAMIN OLUŞUMU		
	GEOMETRİK ALT AÇILIMLAR		
	GEOMETRİK KAVRAMIN OLUŞUMU		
DURUMU	EĞİLME	ES EĞRİLİKLİ KABUKLAR (KÜRESEL) TERS EĞRİLİKLİ KABUKLAR (HİPERBOLİK PARABOLOİD)	
	BASINÇ	 eş eğriliği kabuklar  ters eğriliği kabuklar	 METAL KABURGA TONÖZLER
	ÇEKME + BASINÇ		 METAL KABURGA KUBBELER  çubuk ağı kubbeler
	ÇEKME	PNÖMATİK SİSTEMLER (HİP. VE KÜRESEL) TEK CİDARLI CADIR SİSTEMLER (SABUN KOPLUĞU)  cadir sistemler  pnömatik sistemler	ÇUBUK AĞI TONÖZLER  çubuk ağı tonoz HORTUM STRÜKTÜRLER tek eğriliği  hortum strüktürler
	GERİLME	JEODİZİK KUB  jeodizik kubbeler  ÇUBUK AĞI KUB.  çubuk ağı hiperbolik paraboloid	TENSEGRİTY KUB, HORTUM STRÜKTÜRLER EĞRİ YÜZEYLİ KABLO AĞLARI  hortum strüktürler  eğri yüzeYLİ kablo ağıları
STRÜKTÜR TANIMLAMASI		ÜÇ BOYUTLU (HACİMSEL) TASIYICILAR	

Şekil 2.14 Türkçü Sınıflandırma tablosu 3 (Türkçü, 2009)

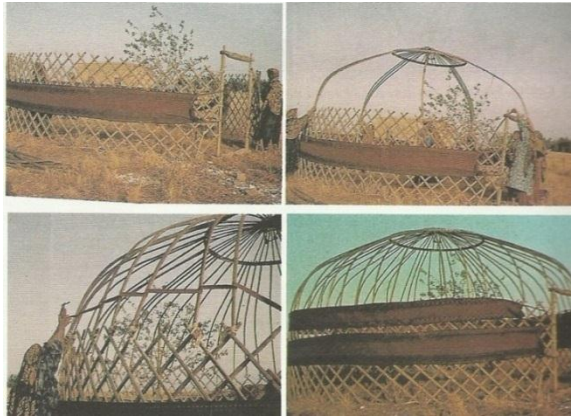
2.2 Membran Sistemlerin Tarihçesi

Bugün bilinen adı ile membran yapılar, tarih öncesi çağlardan beri insanoğlunun barınmak için kullandığı en basit ve eski strüktür sistemidir.

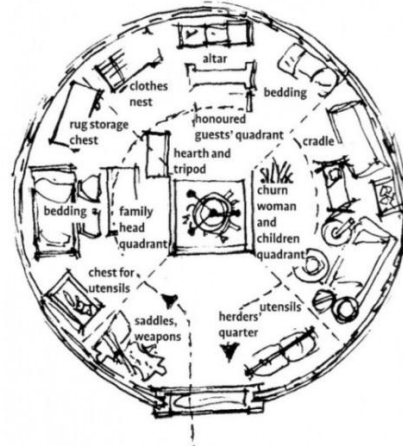
Barınak oluşturma yaklaşımı tarih öncesi uygarlıkların gelişme dönemi olan ve M.Ö. yaklaşık 10.000 yıl öncesine kadar süren ‘‘Paleolitik Dönem’e kadar uzanmaktadır. Hayvan postları veya dokuma örtülerin bir destek üzerine atılması ile oluşturulan yapılar çadır olarak adlandırılmaktadır (Gezer, 2009).

Yapılan kazılar ve araştırmalar sonucunda Orta Avrupa’da Paleolitik Devir’e ait ilk yöntemler ile yapılmış çadırlar bulunmuştur. Rusya’da yapılan kazılarda Buret, Puskari ve Timonovka bölgelerinde mamut kemikleri (çadırların dikmeleri olarak kullanıldığına) ve ren geyiği boynuzları bulunmuştur. Yine Almanya, Hamburg Ovası’nda ren geyiği postundan yapılmış çadırlar bulunmuştur.

Çadırlar, birçok uygarlık tarafından farklı form ve düzeneklerde kullanılmış ve halen kullanılmaktadır. Güney Afrika’da Tuareg çadırları, Amerika’da Tepee (Tipi) çadırları bunun en güzel örneğidir. Orta Asya ‘da Türkmenistan, Afganistan, Kırgızistan ve Kazakistan’da kullanılan Ger veya Yurd çadırları aynı zamanda Oğuzlar ve Uygurlar tarafından da kullanılmıştır. Bu çadırlar tepe noktaları kubbeli yuvarlak bir ev şeklindedir.



Şekil 2.15 Yurd çadırı yapımı (Gezer, 2009)



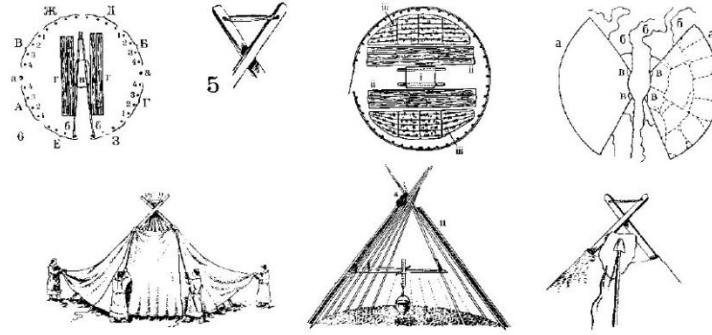
Şekil 2.16 Yurd çadırı planı (Oliver, 2010)



Şekil 2.17 Yurd çadırı (Britten, 2009)



Şekil 2.18 Tuareg çadırı (Tuareg çadırı, b.t.)



Şekil 2.19 Tipi çadırı yapımı (Tipi çadırı yapımı, b.t.)



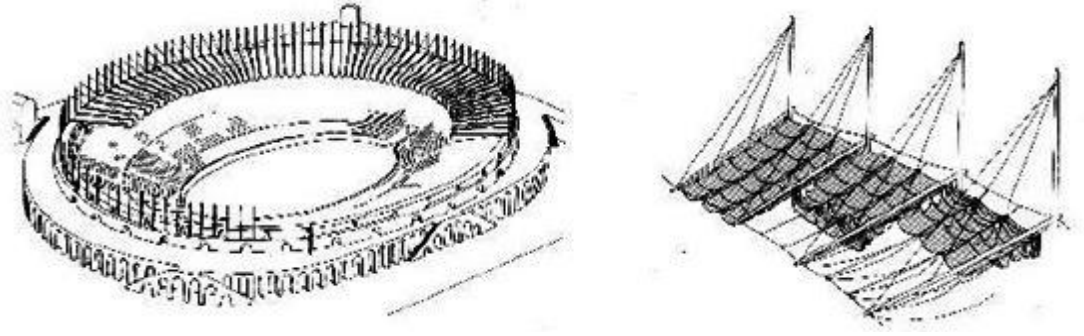
Şekil 2.20 Tipi çadırı, 1891 (Tipi çadırı 1891, b.t.)

Membran sistemler, gelişim süreci açısından incelendiğinde çadırlar bu süreçteki önemi büyüktür. Günümüzde uygulanmış birçok asma-germe yapının oluşturulmasında süre gelen ana ilkeler ile çadırlar arasında büyük farklılık yoktur.

Roma Dönemi'nde yelkenli gemilerden ilham alınarak yapılmış olan Vela adı verilen gölgelikler ilk membran yapılarıdır (Türkçü,1997).

Roma'da ki Kolloseum adıyla bilinen arenanın (İ.S.70) üzerinde çadır benzeri bir örtü bulunmaktaydı. 154 m x 186 m'lik elips zemin alanına sahip bu yapının üst

örtüsünde doğal malzemeli halatlar ve keten bezinden dokunmuş bezlerden yapılmış bir üst örtü kullanılmıştır (Sarıay,1999).



Şekil 2.21 Kollesyum representasyonu (Morgül,2006)

Daha sonraları İspanya, Türkiye, Japonya ve Meksika gibi birçok ılıman iklime sahip ülkelerde semt ve ilçe pazarlarını gölgelemek amaçlı dokuma örtülerinin dar sokaklarda karşılıklı duran binalar arasına halatların üzerine örtüldükleri bilinmektedir.

Otağı adı verilen Osmanlı çadırları ise yapım şekli, mimari düzenlemeleri bakımından en gelişmiş mekan kuruluşlarıdır. Göçebe yaşam boyunca çadırlar, hükümdarların sarayı, halkın evi olmuştur. Daha sonraları otağlar, savaşlar ve seferler için kullanılmışlardır. Hatta bu sayede İkinci Viyana Kuşatması sırasında Osmanlı ordusunun bozguna uğratılması sonucunda geride binlerce sayıda çadır bırakması, çadırların 18. Yüzyıl Avrupası'nda kullanılmasında neden olmuştur (Gezer, 2009).

Endüstri Devrimi ile tekstil örtülerinin gelişimi, çekme dayanımı yüksek olan kumaşların üretilmesine neden olmuştur. Kumaşın dayanımının fazlaşması daha çok açıklık geçebilmesine sebeplerinden biridir.

1800'lü yıllarda sirkler toplum hayatı içerisinde popüler bir yere sahip olmuştur. İnsanların hayal gücüne hitap eden bu eğlence anlayışı önceleri şehirlerin büyük salonlarında gösterilerini sergilemişlerdir. Daha sonralar da ise, bu gösterilerin bütün

şehirlerde sergilenmesi için sökülüp-takılabilir portatif bir yapının oluşturulması düşüncesi ortaya çıkmıştır. Böylelikle, günümüzde de aynı yapım ilkeleri temellerine sahip olan sirk çadırları ortaya çıkmıştır (Sarıay, 1999).



Şekil 2.22 1936 yılından sirk çadırı örneği (Anonim, 2012)

Eskiden beri taşınabilir koruyucu olarak, özellikle askerler, göçebeler ve sirkler tarafından kullanılan membran çadırların yapımında doğal lifler kullanılmıştır. 19. yüzyılda bu çadırların seri üretimine geçilmiş, katalogdan satışlar başlamıştır. Membran ölü yükünün az olması nedeniyle rüzgâr, asimetrik yükler vb. yükler altında dalgalanma eğilimi göstermesi, çadır benzeri membran yapıların büyük açıklıklarda kullanılmasına engel olmuştur (Türkçü, 1997).

Bu strüktürel anlayışın gelişiminde, Frei Otto, Walter Bird ve pnömatik sistemlerde ise Rudolph Trostel gibi mimar ve mühendislerin çalışmaları büyük öneme sahiptir.

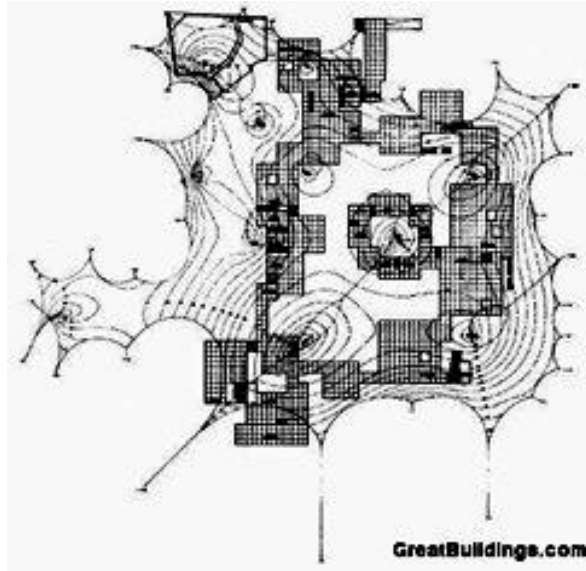
1955 yılında Kassel’da Bundes Gartenschau (Federal Bahçe Fuarı) için 4 ucundan mesnetlenmiş bir çadır ile ve Lausanne sergisindeki geçici Café strüktürü ile membran sistemlerin gelişimine ivme kazandırmıştır (Türkçü, 1997).



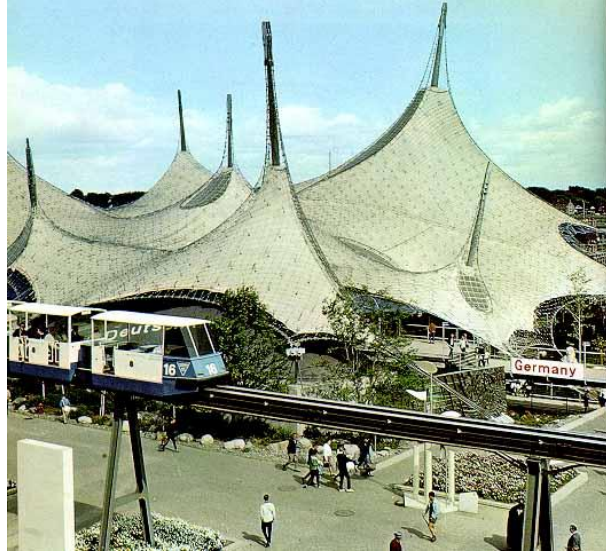
Şekil 2.23 Müzik pavilyonu, federal bahçefuarı, 1955 (Müzik pavilyonu, federal bahçefuarı, 1955, b.t.)

Frei Otto, çalışmalarına 1964 yılından itibaren kendi enstitüsü olan Stuttgart’da ki Institu for Lightweight Structures (Hafif Strüktürler Enstitüsü) ‘da devam etmiştir.

1967 yılında Montreal kentinde gerçekleşen EXPO’67 sergisindeki Batı Alman pavyonu, kablo destekli membran sistemi ile en çok ilgi toplayan binalardan biri olmuştur(Türkçü, 2003).



Şekil 2.24 Expo’67 batı alman pavyonu planı (Anonim, 2006)



Şekil 2.25 Expo'67 batı alman pavyonu (Stanton, 1997)

1972 yılında Münih'te düzenlenecek olan olimpiyat oyunları için tasarlanan Münih Olimpiyat Stadyumu'nun yapımında örgü ve dokuma membran örtüler, çelik kablo ağları ve mafsallı pylonlar kullanılmıştır. Yapımı ve tasarımın süreci boyunca Alman Mimarlar Frei Otto ile Günther Behnisch birlikte çalışmışlar ve yapım teknolojilerini bu yapı ile bir üst seviyeye taşımışlardır.



Şekil 2.26 Münih olimpiyat stadyumu (Münih olimpiyat stadyumu, b.t.)



Şekil 2.27 Münih olimpiyat stadyumu kesiti (Münih olimpiyat stadyumu kesiti, b.t.)

1950-1980 'li yıllar arasında kullanılan malzeme teknolojisi ile geçilen açıklıklar sınırlı ve kısa ömürlüydü. Ancak günümüzde ömrü 30-35 yıllara çıkan kendi kendini temizleyebilen (nanotech) özellikte, dayanımı oldukça yüksek membran örtüler üretilmektedir.

Membran strüktürler, geniş açıklık geçmede kolona ihtiyaç duyulmaması, az malzeme ile daha çok alan örtülebilmesi gibi özellikleri ile ekonomik, yapım süresi ve herhangi bir gereklilik durumunda yapının büyüyebilme özelliğine sahip oluşu ile portatif, nerdeyse sınırsız sayıda form oluşturabilmesi bu yapıları estetik kılmaktadır.



Şekil 2.28 Skysong asu, arizona, amerika (Anonim, 2010)

2.3 Membran Sistemlerde Sınıflandırma

Konvansiyonel yapı sistemleri rijit ve ağır elemanların bir araya getirilmesinden oluşan taşıyıcı sistemlerin yardımıyla ayakta durmaktadır.(...) Membran sistemler ise sadece çekme dayanımı olan ve hafif elemanların (kablo ve / veya membran) tamamen ya da kısmen kullanılmasından oluşan taşıyıcı sistemler tarafından ayakta durmaktadır (Güney, 2013).

Bu sistemlerin ilk örnekleri sarmaşıklar ve ağaç dalları ile oluşturulan sicimlerden yapılan köprülerdir. Günümüz koşullarında ise temelde de aynı mantığa dayanan sistemler oluşturulmaktadır.

Asma germe sistemlere ait bir sınıflandırma örneği incelenmektedir.(Şekil 2.29). Tabloda, membran sistemler germe sistemler başlığı altında membran örtüler ve daha sonra mekanik germeli sistem olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.29 Asma germe sistemlerin sınıflandırılması (Güney, 2013)

Sınıflandırma incelendiğinde, asma germe sistemlerde statik dengenin germe veya asılma durumu ile bağlantılı olduğunu ortaya çıkmaktadır. Asma sistemlerde, gerilme durumu söz konusu değildir. Kablo ağları ile bir sistem oluşturulduğunda kabloların asılması veya yardımcı elemanlar ile desteklenerek sistem oluşturulur.

Germe sistemler ise iki kısımda incelenmektedir. Mekanik germeli sistemler, tez kapsamında detaylı olarak incelenen, taşıyıcı sistemlerdir. Membran, destek elemanları ile bir strüktür oluşturabilmektedir. Pnömatik sistemlerde ise membran, hava desteği ve şişirme ile ayakta durmaktadır. Bu sistemlerin kombinasyonları ile de bir sistem oluşturabilmek mümkündür. Mekanik germeli sistemlerde, daha büyük açıklık geçebilmek için kablolar ile sistem desteklenmektedir.

Her bir sistem, diğer taşıyıcı sistemlerle karşılaştırıldığında, küçümsenmeyecek kadar hafif, ekonomik ve az malzeme kullanarak geniş açıklıkları geçebilme yetisine sahiptir. Germe sistemler aynı zamanda portatif yapılardır. Yapımı pratik ve kısa süreli olduğu gibi demontesi de kolaydır. Kısa süreleri kullanım amaçlanan alanlar için oldukça uygun seçimlerdir.

2.4 Membran Sistemlerde Taşıyıcı Sistem Kurgusu

Membran malzemesinin, yapısal özelliği sayesinde sistemde hem taşıma, hem örtme durumunun bir arada üstlenilmesi ile esnek ve bükülebilir olma özellikleri, farklı form ve geometrilerin oluşturulabildiği yüzeysel taşıyıcı sistemlerdir. Sistemin oluşumunda membranın gerilme durumu stabilitenin sağlanmasındaki en önemli husustur.

Etki eden eşit sayılı yüklerin yüzey içinde, yüzeyi ortalayan çizgiye teğet olan çekme kuvvetleri ile taşındığı duruma membran gerilme durumu denmektedir. Membran gerilme durumunun en güzel örneği, sabun köpüğünde ortaya çıkar. Sabun köpükleri ile çadır ve pnömatik sistemlerin küçük modelleri elde edilerek, bunların taşıyıcı sistem kurguları yapılabilir (Türkçü, 2009).

Membran sistemler, Gaus eğriliği negatif (-) olan sistemlerdir. Bu nedenle eğrilin artması ile yük taşıma kapasitesi de artar. Ters eğrilikli minimum yüzeyler membran sistemler için uygun biçimlerdir.

Büyük alanlar örtülürken düz veya düze yakın yüzeylerden kaçınılması, yüzeylerin belirli noktalardan dikme, kemer vb ile desteklenerek küçük dilimlere bölünmüş, büyük eğrilikli semer yüzeylerinin yaratılması zorunlu ve taşıyıcı sistem ilkeleri yönünden doğru bir yaklaşımdır (Türkçü, 2009).



Şekil 2.30 Geniş açıklıklı membran sistem örneği (Geniş açıklıklı membran sistem örneği, b.t.)

Taşıyıcı sistem kurgusunun oluşturulmasında destekleyici elemanlar ve membran sistemin temelini oluşturmaktadır. Bu duruma ek olarak ise, geçilecek açıklık ve koşullar göz önünde bulundurularak uygun membran malzemesinin seçilmesi sistemin ömrünü uzatırken kullanıcının konforunu sağlamaktadır.

Asma germe membran sistemler, yüzey taşıyıcı sistemlerdir. Sisteme ait kullanılan en önemli malzeme membrandır. Membran, dokuma liflerden oluşan bir tekstil ürünüdür.

2.4.1 Membran Sistemlerde Malzeme

Membran, oldukça esnek olan, farklı birçok form oluşturulabilen bir malzemedir. Sistemin açıklığı, uygulanacak bölgenin hava koşulları, ısı ve ses direnci gibi kriterler göz önüne alınarak, farklı özellikte membran malzemeleri üretilmektedir.

Membran malzemeleri, ana başlıklar altında homojen membranlar ve örgü (dokuma) membranlar olarak ikiye ayrılır. Membran malzemesine ait detaylı bilgiye tezin 3. Bölümünde değinilecektir.

2.4.2 Membran Sistemlerde Destek Elemanları

Membran örtü ile taşıyıcı bir sistem oluşturabilmek için; destekleyici elemanların sisteme yardımı söz konusudur. Membran örtü kendi başına bir strüktür oluşturamaz. Bu sistemlerin olumsuz yanı tasarım, hesaplama ve uygulama gibi tüm yapım sürecinde, uzman bir yaklaşım gerektirmesidir. Çoğu kez standart detaylar yetersiz kalmakta, her noktanın özel olarak ele alınması, üretimin özel olarak yapılması gerekmektedir. Montaj süreçleri de geleneksel süreçlerden farklı bir yaklaşım gerektirebilmektedir. Taşıyıcı sistem genellikle ayaklar (pilonlar) ve üst örtü ile birlikte sabit olduğundan önce yerleştirilen mafsallı pilonların geçici olarak dengelenmeleri gerekir. Çadır sistemler hafif olmaları nedeniyle dinamik yüklere karşı daha hassastır (Türkçü, 1997).

Membran sistemler, yerine germe sistemler olarak adlandırılmaları daha doğrudur. Sistemde statik denge membranın gerilmesi ile oluşturulur (Dansık, 2012).

Destekleyici elemanlar ana başlıklar halinde toplandığında;

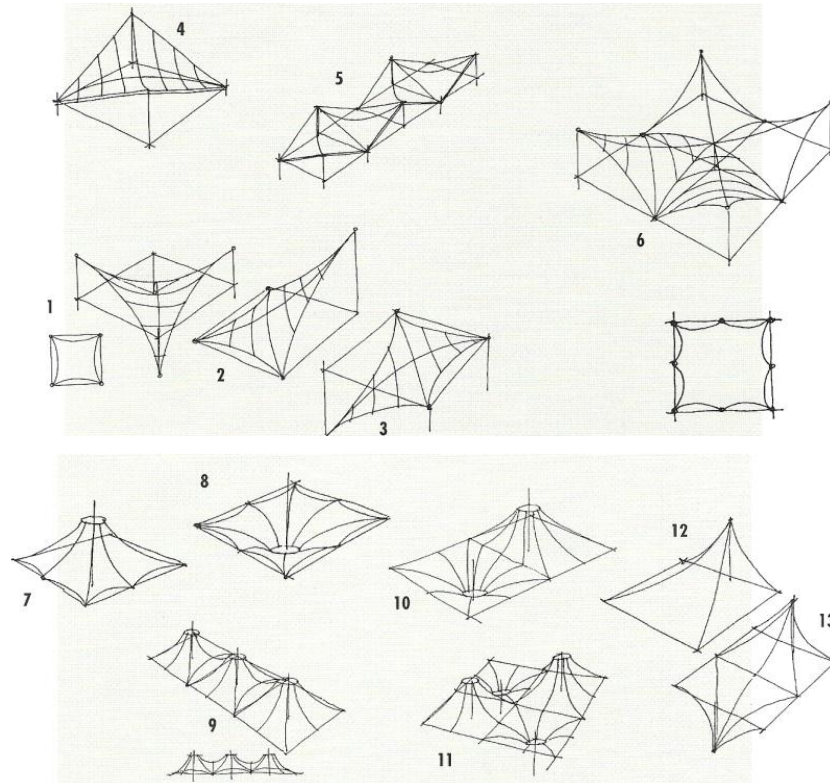
- 1) Dikme (pilon ve kolon.),
- 2) Kemer,
- 3) Kablo Ağları (Çekme ve Basınç Çemberleri),
- 4) Çerçeve gibi ana başlıklar altında toparlanabilirler

2.4.2.1 Dikme ile Destekleme

Membran sistemlerin, yukarıda belirtilen elemanların ve kombinasyonlarının kullanımı ile neredeyse sınırsız form ve geometri de farklı formlar oluşturmak mümkündür.

Membran sistemlerin oluşturulmasında en etkin rol oynayan destekleyici elemanlar dikmelerdir. Bazı destekleyici elemanların yalın kullanımı ile dikmeler olmadan taşıyıcı sistem oluşturulamamaktadır. Pilonlar; betonarme veya içi boş çelik profiller olarak üretilebilirler. Az sayıda da olsa tutkal tabakalı ahşap örnekleri de mevcuttur. Sistemin mimari ve statik tasarımı, kullanılan dikmelerin mafsallı (hareketli) veya zemine ankastre mesnetlenebilen durumlarda olmasına neden olur. Bu durum ile sistem eksenel yönlü bir basınca veya basınç etkisi ile eğilmeye çalışmaları söz konusudur. Pilon, boyutça ve ölçüce taşıyıcı sistemlerden daha büyük dikmeler için kullanılan bir kavramdır. Dikme ile destekleme yöntemi incelendiğinde kendi içerisinde dört başlık altında toplanabilir (Forster ve Mollaert, 2004) ;

- a) Sınır Dikme ile Destekleme (Boundary Masts)
- b) İç Dikme ile Destekleme (Internal Masts)
- c) Dış Dikme ile Destekleme (External Masts)
- d) Uçan Dikmeler/Uçan Payanda ile Destekleme (Flying Masts)



Şekil 2.31 Dikme ile desteklenme olasılıkları (Ceno Tec, 1992)



Şekil 2.32 Uzay kafes kiriş sınır dikmesi (Uzay kafes kiriş sınır dikmesi, b.t.)

a) Sınır Dikmeleri (Boundary Masts): Kablo ağları ile kenar ve köşe noktalarda desteklemeyi sağlarlar. Had dikmeleri, kenar kabloların bileşkesi yönü üzerinde bulunan açıortaylar üzerinde bulunmaktadır. Dikme eğimi, dikmeye ait temelin konumunu belirlemektedir. Statik hesaplamalar sonucunda deprem, kar ve rüzgâr yükleri bir binaya ait yükler gibi küçümsenmeyecek büyüklüktedir (Harris ve Kli, 1996).

Temellere ait derinlik yükseklikleri beklenen ve düşünülen daha fazladır. Bu nedenle membran strüktürlerin hafif taşıyıcı sistemler olmasının yanı sıra dış yüklerin büyük boyutlarda olması statik hesaplamalarının titizlikle yapılmasının önemi dikkat çekmektedir. Dikmeye ait basınç kuvveti, kabloların ankre edildiği noktaları da etkilediği için hesaba dahil edilmektedir.

Dikmeler için kullanılan malzeme genellikle çeliktir. Form ise; silindirik boru formudur. Ahşap ve betonarme dikme ile uygulanan örneklerde mevcuttur.

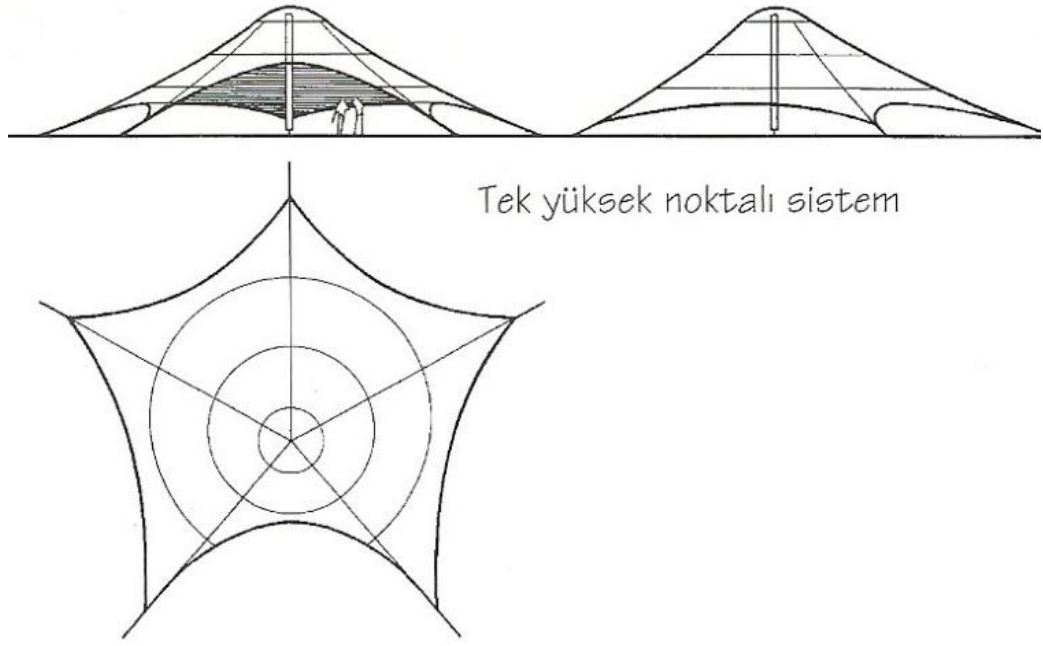


Şekil 2.33 Sınır dikme örneği, Viaport Avm (Sınır dikme örneği, Viaport Avm, b.t.)

b) İç Dikme Desteklenme (Internal Masts): Dikmelerin, sistemi iç yüzey üzerinden desteklemesi durumudur. İç kısımdan yapılan destekleme dış yüzeyde tepe noktaları oluşturur. Ortaya çıkan yüzeyler, konik ve semer yüzeyi kombinasyonları ile çeşitlilik gösterir.

Bir yüzeyde nokta yüksekliklerinin farklılaştırılması ile asılma noktalarının artırılması çeşitli sayıda formun oluşturulması ve tasarlanmasına olanak sağlar.

İç dikme ile desteklemeye en basit örnek olan tek dikme ile yapılan desteklemeyi ele aldığımızda, merkeze yerleştirilen bir dikme membran yüklerini toplayarak temele aktaracak şekilde konumlandırılır. Dikmenin boyutları ve halatların çapları statik hesaplamalar ile belirlenir. Sistemin dengede kalabilmesi için, merkeze konulan dikme, etki eden yüklerin bileşkesinin sıfır olacağı şekilde hesaplanır.



Şekil 2.34 İçten tek dikme ile desteklenme (Engel, 2004)



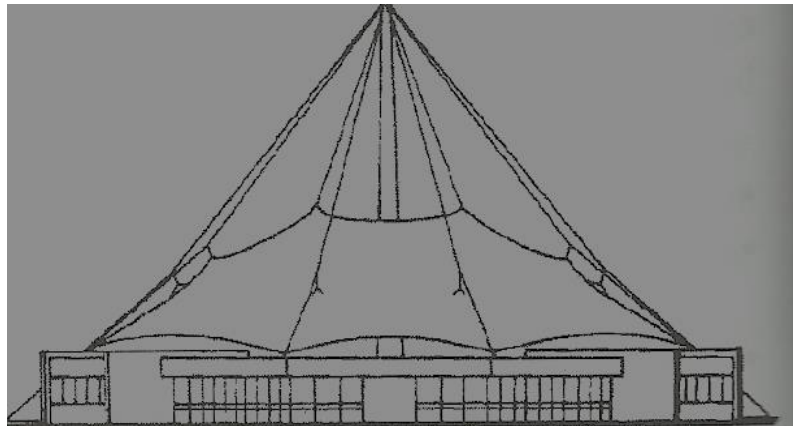
Şekil 2.35 Mavi su residence (Mavi su residence, b.t.)



Şekil 2.36 Mavi su residence dikme, çekme çemberi detayı (Mavi su residence, b.t.)

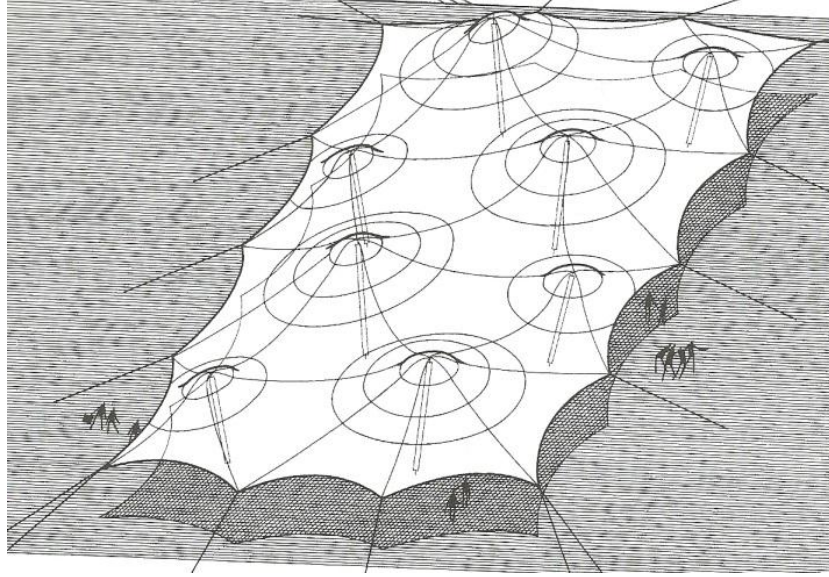


Şekil 2.37 Club Asteria, Belek, Antalya (Club Asteria, Belek, Antalya, b.t.)



Şekil 2.38 Merkezi pilon ve askı kablolu desteklenme (Türkçü, 2009)

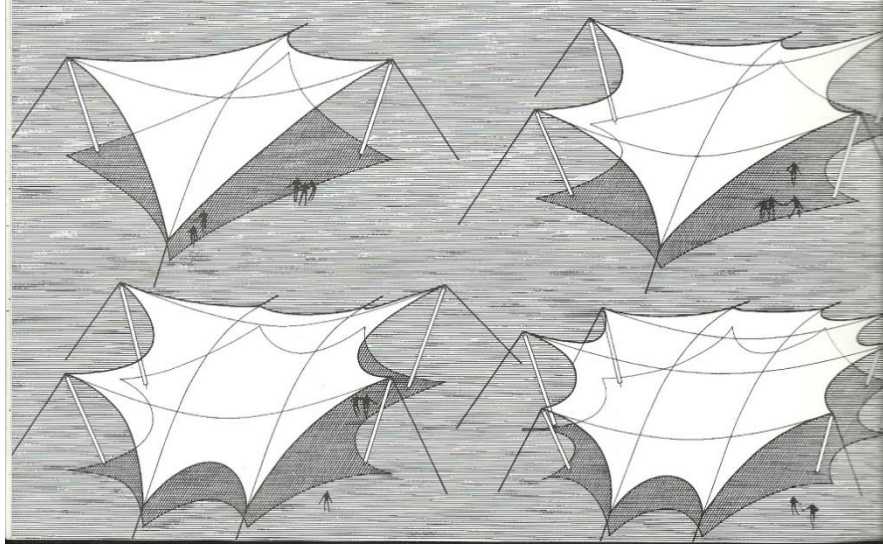
Şekil 2.38’de olduğu gibi farklı bir destekleme şekli olan askı kabloları ile bir sistem oluşturulabilir. Aynı özellikteki veya farklı özellikteki dikmeler kullanılabilir. Sistemi oluşturan dikmelerin yükseklikleri birbirinden farklı olabilir ve yapısal özellikleri bakımından da farklılık gösterebilirler. Strüktür tasarlanırken yapılan statik hesaplamalarda yüklerin aktarımı ve her bir dikmeye düşen yük miktarına göre dikmelerin yapısal özellikleri de değişir.



Şekil 2.39 Çeşitli yükseklikte dikmelerden oluşturulan sistem (Engel, 2004)

c) Dış Dikme Desteklenme (External Masts): Dış dikme destekli sistemler, hiperbolik paraboloid formundan süre gelmektedir. Sarkan ve duran parabollerden oluşturulmuş sistemlerdir. Hiperbolik paraboloid geometrisi, membran sistemlerde sıklıkla kullanılan bir formdur.

Oluşturulan formlar ile de ters eğrilikli yüzeyler oluşur. Bu nedenle, Gauss eğrilikleri (-)negatiftir. Sarkan parabol rüzgâr yüklerini, yüzeyde duran parabol ise aşağı yöndeki yükleri sistem içinde dengeler.

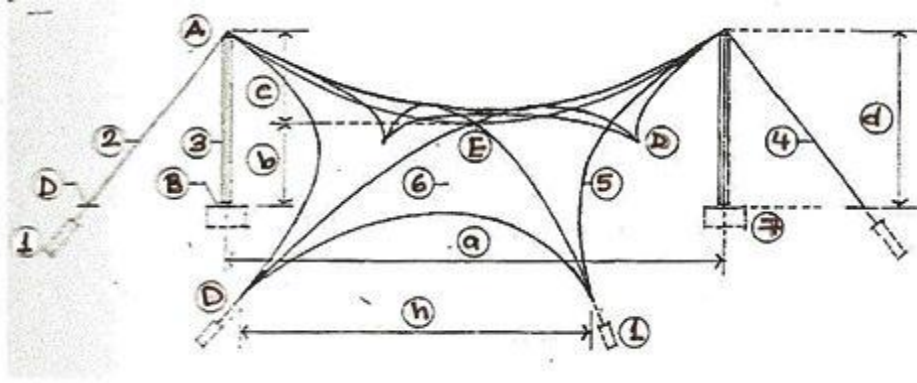


Şekil 2.40 Çok dikmeli desteklenme ile oluşturulabilen semer yüzeyli form örnekleri (Engel, 2004)



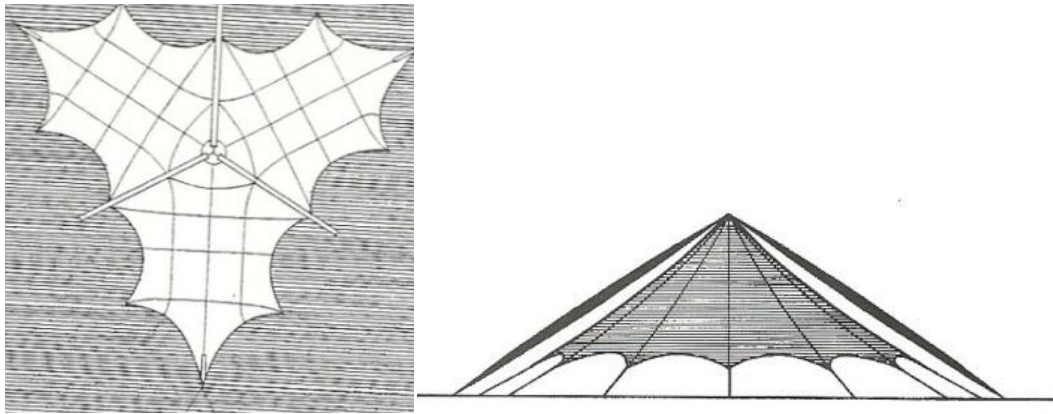
Şekil 2.41 İzmir Konak Meydanı (İzmir Konak Meydanı, b.t.)

Hiperbolik paraboloidlerden türetilmiş sistemlerde, gerilip asılan eğriler ve bu eğrilerin aşağıda ve yukarıda ankrajını sağlayan noktalar bulunmaktadır.



Şekil 2.42 Semer formunda basit bir membran sistem örneği A-gerilim noktası, B-temel noktası, D-çekme noktası, E-tepe noktası, a-mesnet aralığı, b-mesnet aralığına bağlı minimum geçiş aralığı, c-çekme kuvveti, d-dikme yüksekliği, h-ankraj aralığı, 1-gergi çubuğu, 2-çekme kablosu, 3-dikme, 4-çekme kablosu, 5-kenar kablosu, 6-taşıyıcı membran, 7-temel

Basit bir hiperbolik paraboloid formu ile oluşturulmuş bir sistemi incelediğimizde Şekil 2.42’da gösterilen elemanlar kullanılmaktadır. Bu sistemi karakterize eden en önemli özellik; iki yöndeki diyagonal noktaların birbirine doğrular ile bağlanmasıdır. Geçilecek olan açıklığa bağlı olarak dikme ve asılma nokta sayısı belirlenir. Bütün asma germe yapıların sistemlerinde olduğu gibi açıklık arttıkça destekleyici eleman sayısı ve çeşidi artar.



Şekil 2.43 Dış dikme destekli çadır sistem görünüş ve plan (Engel, 2004)

Örnek olarak İspanya'nın Sevilla şehrinde Expo 92 için yapılmıştır. Çift koniden oluşmuş modül dış basınç elemanları dikmelerle ve kablolarla taşınmaktadır.(Şekil 2.44)



Şekil 2.44 Expo 92, İspanya (Expo 92, İspanya, b.t.)

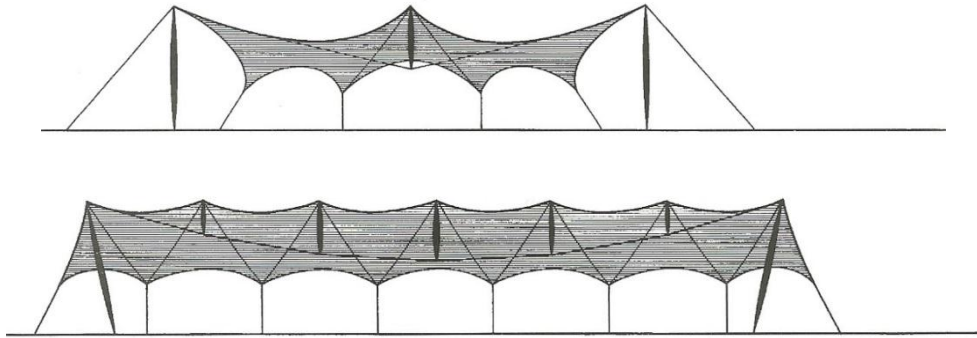


Şekil 2.45 ABD'de bir kafe (ABD'de bir kafe, b.t.)

Şekil 2.45’de gösterilen örnek ABD’de bir kafeterya için tasarlanmış bir yapıdır. Galvaniz kaplama dikmeler kullanılmıştır. Sistem mafsallı ve zemine ankre edilmiş dikmelerden oluşmaktadır.

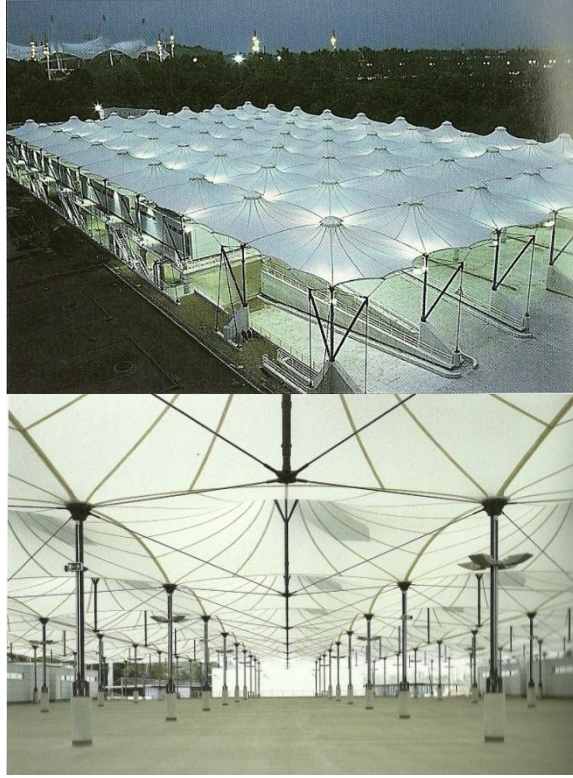
d) Uçan Payanada/Uçan Dikme ile Destekleme (Flying Masts):Uçan payanda, çelik halat sistemi desteği ile geniş açıklık geçilmek istenen alanlarda, zeminde üzerinde düşey yönlü yapısal desteklerin (dikmelerin) sayısının azalmasının sağlayan bir elemandır.

Genellikle, çekme çemberinin merkezi ile çelik konstrüksiyon veya çelik halat sistemine bağlanır.Geçilecek olan açıklığa göre uçan payandaların yükseklikleri ve sayıları da değişmektedir.



Şekil 2.46 Açıklığa oranla kullanılan uçan payanda sayısı ve boyutları (Engel, 2004)

Münih Kamyon Park’ı diğer başlıklarda anlatılacak olan çerçeve ile desteklenme esasına dayanılarak tasarlanmıştır. Fakat açıklığın geniş olması sebebiyle bazı modüler sisteme uçan payandalar ile bağlanmıştır. Otoparkın verimli bir şekilde kullanılması için düşeydeki elemanların sayısı bu sayede azalmıştır. Hafif strüktür yapılar arasında gösterilebilecek en önemli yapılar arasındadır. Ayrıca 1975 yılında yapılan, Frei Otto’nun ünlü yapısı Münih Olimpiyat Stadyumu yakınında bulunmaktadır.



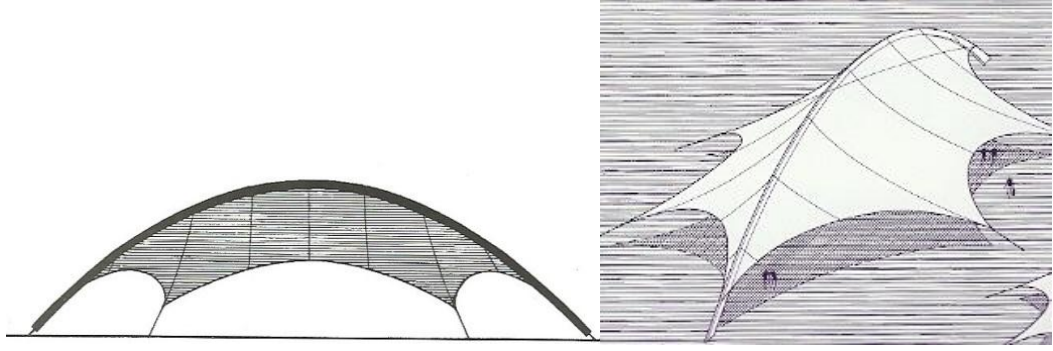
Şekil 2.47 Münih kamyon parkı (Drew, 2008)

2.4.2.2 Kemer ile Destekleme

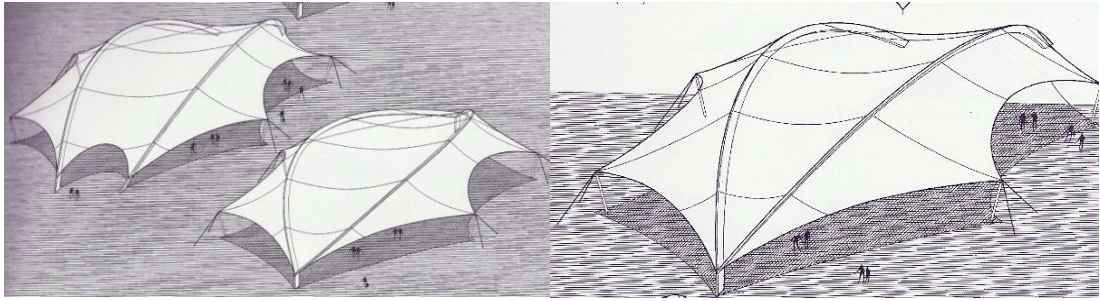
Yüklerin kendi içinde rijitliğinin sağlanması, denge form kemer destekli membran sistemlerde dengenin sağlanması için ana prensiptir.

Düşünülen en basit sistem, merkezde bir kemer ve membran örtünün bağlantı noktalarından çelik halatlar ile zemine ankre edilmesi durumudur. Ayrıca oluşturulan strüktürde dikme ve çelik halatların desteği ile çeşitli form ve geometrilerde yapıların oluşturulabilmesinin yanı sıra daha büyük alanlar kapatılabilir.

Kemer desteği ile diğer destekleyici elemanlar arasında düşeyde bir taşıyıcının varlığı söz konusu olmadan geniş açıklık geçebilmektedir.

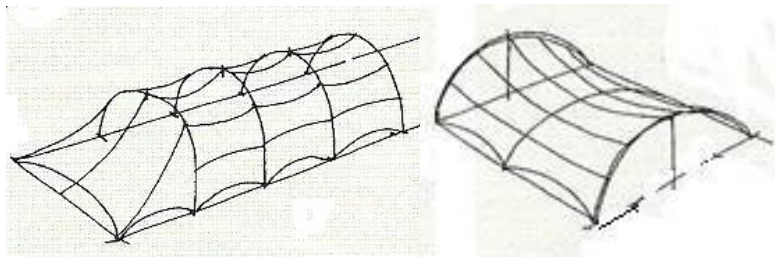


Şekil 2.48 Tek kemer destekli ve dört noktadan ankrajlanmış bir çadır sistem (Engel, 2004)



Şekil 2.49 Çift kemer ile desteklenme olasılıkları (Engel, 2004)

Expo ve sanayi yapıları ile spor tesisleri gibi açıklık büyüklüğünün fazla olduğu yapıların tasarımlarında birden fazla sayıda kemer kullanılarak geniş açıklıklar geçebilmektedir.



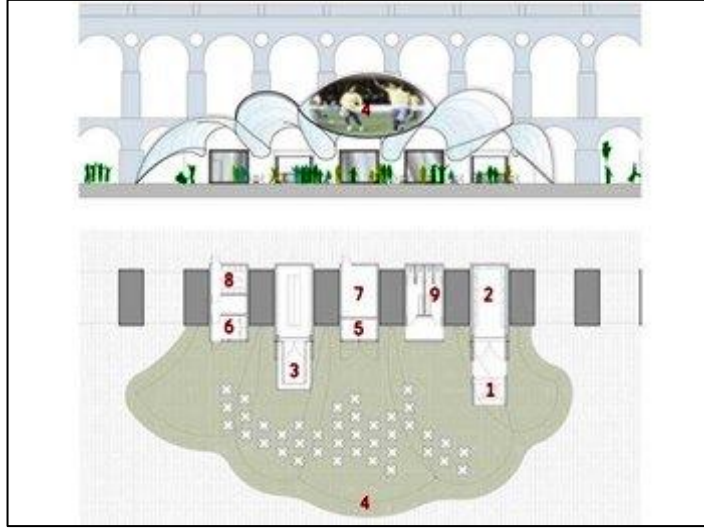
Şekil 2.50 Çok sayıda kemer ile desteklenme olasılıkları (Ceno Tec,1992)



Şekil 2.51 Fifa 2014 dünya kupası için tasarlanan yapı (Anonim, 2013)

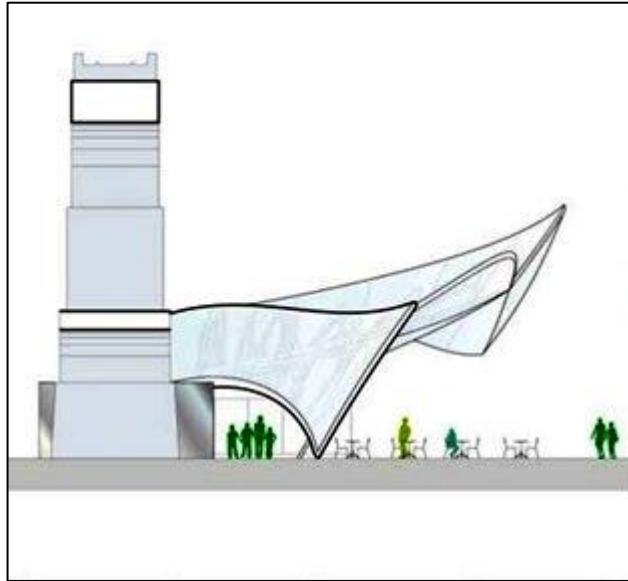
2014 Fifa Dünya Kupası için Rio de Janeiro’da, Kazakistan firması Mekene Mimarlık tarafından tasarlanan yapı uluslararası yarışmada birincilik ödülü almıştır (Şekil 2.51).

Yarışmada tasarlanacak olan yapılar için ortak amacın düşey yönde taşıyıcı elemanı olmayan, eklenecek olan birimlere rahatlıkla geçiş sağlanacak, bölücü elemanları olmayan bir çalışma yapılması kararlaştırılmıştır. Membrana farklı boyutlardaki yarım çemberler ile kanat formu verilmiştir. Yapıya “Wing of Glory” (Zafer Kanatı) adı verilmiştir.



Şekil 2.52 Wing of glory ön görünüş çizimi (Anonim, 2013)

Her bir kemerin içinde farklı bir fonksiyona ait danışma, kafe ve dev ekran gibi birimlerin bulunduğu tanımlı alanlar oluşturulmuştur



Şekil 2.53 Wing of glory fonksiyonları görünüş (Anonim, 2013)



Şekil 2.54 Soccerfive Münih, Almanya (Janberg, 2011)

Kemer desteğinin dıştan çelik halatlar ile oluşturulduğu örneklerde mevcuttur. Şekil 2.29’da 1983 yılında Münih, Almanya’da spor merkezi üst örtüsü olarak yapılmış olanyapı dış kemer desteği ile oluşturulan sistemler arasında gösterilebilecek en başarılı örneklerden biridir.



Şekil 2.55 Soccerfive Münih, Almanya görünüm (Janberg, 2011)

106 ton ağırlığında, en yüksek noktası 18,5 m olan dev uzay kafes kiriş kemer sistemin iskeletini oluşturmaktadır. Çelik kemer, 97 m genişliğinde açıklık

geçmektedir. Asılma kabloları ile sistemin dengesi sağlanırken membran örtü farklı bir form kazanmıştır.

Kemer ile desteklee asma-germe membran yapılar sıklıkla kullanılmaktadır. Statik açıdan incelendiğinde sistemde kemer dev bir kiriş görevindedir.

2.4.2.3 Kablo (Çekme ve Basınç Çemberleri) ile Destekleme

Kablo, membran sistemlerde temel bir elemandır. Fakat daha geniş açıklıkların geçilmesi, daha büyük alanların kapatılması gibi durumlarda kablolar ile oluşturulan ağlar ile istenen tasarım yapılabilmektedir.

Membran sistemlerde merkezden mesnetlenme gerekliliği durumunda statik açıdan yüklerin olabildiği en geniş alana dağıtılması gerekmektedir. Böyle bir sistemde oluşturulurken merkezde çember geometrisinde kablo ağlarının kullanılmalıdır. Böylelikle, kablolar ve membrana gelen yükler ortak olarak sistemde dağılmaktadırlar. Bu nedenle iç ve dış çemberli kablo ağlarının varlığı söz konusudur.



Şekil 2.56 Stuttgart gottlieb-daimler stadyumu çekme çemberi (Calcio, 2013)

Kablo ağıları, dairesel alanların üzerine merkezden desteklenecek şekilde düzenlendiklerinde, bisiklet tekerinin statik çalışmasını anımsatan konstrüksiyonlar ortaya çıkmaktadır. Bu öngerilme mekanizmasında çembere gelen yük göbeğe veya göbekteki yükler çembere aktarılır (Türkçü,1997).

2.4.2.4 Çerçeve ile Destekleme

Membranların, kendi taşıyıcı özelliğinde ayrı olarak bir taşıyıcı sistem içine yerleştirildiği sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerde membran, genel olarak yalnızca bir çerçeve sistemine düz oturduğu gibi, çadır sistemlerin bir konstrüksiyon içinde düzenlenmesi şeklinde de olabilmektedir. Çerçeve/kirişler eğilme ile etkilenen destek elemanlarıdır.

Çerçeve destekli membran strüktür sistemleri ele aldığımızda, membran örtüyü destekleyen çerçeve bir geometrik forma sahiptir. Kimi zaman çerçeveler dikmelerle birlikte de desteklenebilirler. Ya da çerçevenin kendi formu üzerinde membrana öngerilme verilerek strüktür oluşturulabilir. Oluşturulan bu formların kendine özgü bir strüktür sistemine sahiptir. Uzay kafes kiriş gibi strüktür sistemleri ile oluşturulan çadır sistemler örnek olarak verilebilirler.

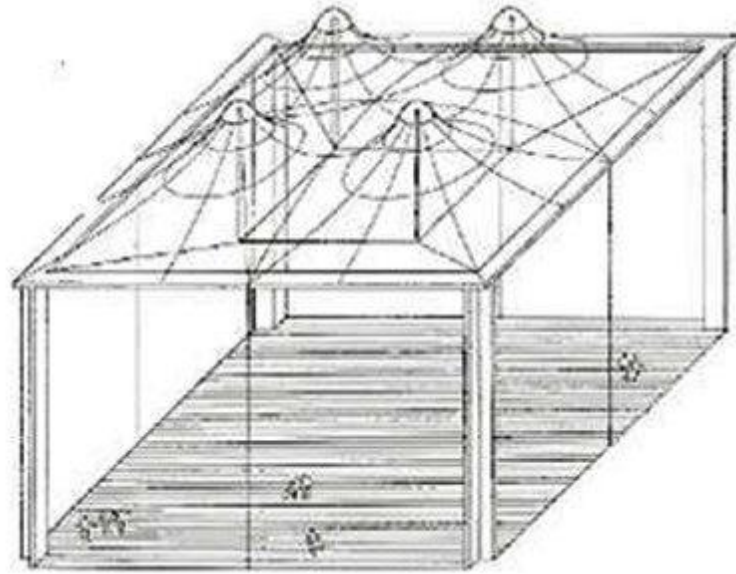


Şekil 2.57 Küçük ölçekli çerçeve örneği (Küçük ölçekli çerçeve örneği, b.t.)



Şekil 2.58 Uzay kafes kiriş çerçeve, Hansapark, Sierksdorf, Almanya (Anonim, 1996)

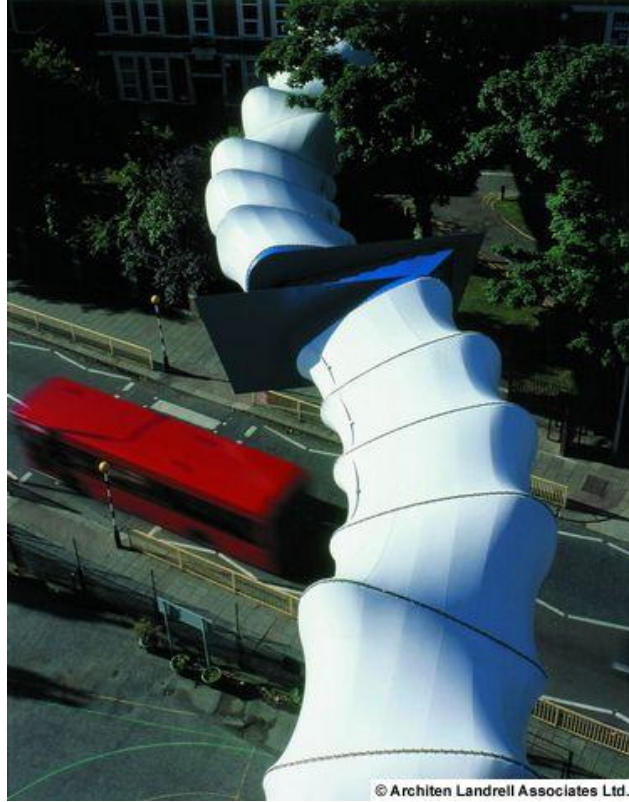
Farklı geometrilerde çerçeveler oluşturulup membrana öngerilme verilerek yeni bir sistem oluşturulmaktadır.



Şekil 2.59 Kare çerçeve ile desteklenen bir çadır sistem (Engel, 2004)



Şekil 2.60 Kare modüllerden oluşturulmuş sistem Pratt & Whitey - Thy cafe, İstanbul (Kare modüllerden oluşturulmuş sistem Pratt & Whitey - Thy cafe, İstanbul, b.t.)



Şekil 2.61 Asimetrik çerçeve, Plashet Unity Köprüsü, Londra, İngiltere (Spencer, 2010)

2.4.3 Membran Sistemlerde Bağlantı Detayları ve Uygulama Yöntemleri

Kablolar, önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi membran sistemlerde, membranı germek veya diğer destekleyici elemanlara taşıyıcı sistemde yardımcı eleman olarak kullanılmaktadırlar.

Taşıyıcı sistem oluşturulurken, sistem dengesinin sağlanabilmesi için detay çözümleri titiz bir çalışma gerektirmektedir. Membran sistemlerde, çoğu zaman oluşturulacak yapı için her seferinde farklı detay çözümleri oluşturulmaktadır. Genellikle detaylar yapıya özgü olarak tasarlanmaktadır. Bu detayların oluşturulabilmesinde çözüm sağlayan belli başlı yapım elemanlarını ise;

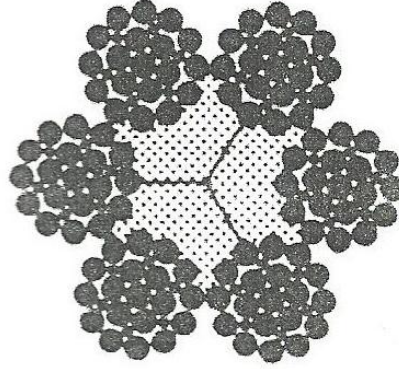
- 1) Kablolar
- 2) Düğüm Noktaları
- 3) Asılma Noktaları
- 4) Ağ Gözleri
- 5) Kenar Elemanları
- 6) Destek Elemanları
- 7) Ankraj Noktalarıdır.

2.4.3.1 Kablolar

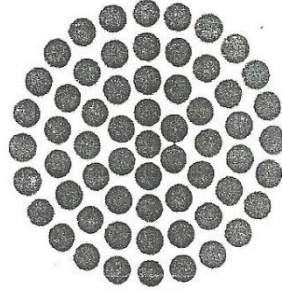
Kabloların oluşturulmasında, taşıyıcı teller ve halatlar kullanılmaktadır. Çok sayıda telin bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır.

Çok uzun olan rijit malzemeli çizgisel elemanlar da, ancak çekme kuvvetiyle yük taşıyabilirler. Dolayısıyla kablonun en basit tanımı, bükülebilen ve sadece çekme kuvvetlerini karşılayabilen, eğilme ve basınca direnmeyen bir taşıyıcı sistem elemanı, olarak yapılabilir (Türkçü, 2009).

Membran yapım sistemlerinde, tel grupları (demetler) ve çelik halatlar kullanılmakta, tel grupları (Şekil 2.62) ve çelik halatların (Şekil 2.63) çapları 0,5-6mm arasında değişmektedir.



Şekil 2.62 Tel grubu (Sarıay, 1999)



Şekil 2.63 Çelik halat (Sarıay, 1999)

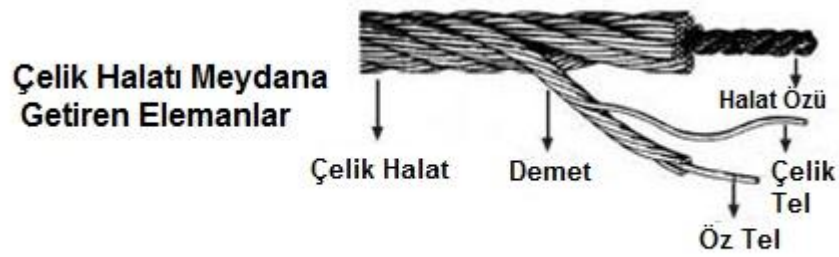
Tel grupları; normal tel grupları, kapalı tel grupları ve paralel tel grupları olarak kendi içerisinde çeşitlenmektedirler.

Normal Tel Grupları: Bir çekirdek etrafında, helisel sarılan tellerden oluşur. Çekirdekten sonraki ilk sıraya 6 tel, bundan sonraki sıralara 6'nın katları kadar tel yerleştirilir. Taşınacak yükün, çekme kuvvetinin büyüklüğüne bağlı olarak, ya tel adedi artırılır ya da tellerin en kesitleri büyütülür (Türkçü, 2009).

Kapalı Tel Grupları: Taşıma gücü daha önemli olan ana taşıyıcı kabloların paslanmasını azaltmak veya engellemek amacıyla, kapalı tel grupları üretilir (Türkçü, 2009).

Paralel Tel Grupları: Tellerin helisel olarak döndürülmeden yan yana getirilmesi ile elde edilen kablolar paralel tel grubu denir. Teller istenen kablo enkesiti elde edilince, bağlama telleri ile birbirine tutturulmaktadır. Paralel tel gruplarında kablounun toplam taşıma gücü, yaklaşık olarak tellerin veya tek gruplarının her birinin taşıma gücünün toplamına eşittir (Yorulmaz, 1972).

Çelik Halatlar: Bir çekirdek etrafına helisel olarak sarılan tel grupları, çelik halatları oluşturur. Her bir tel grubunda 7- 43 adet bulunur. Başka bir deyişle çelik halatlar, normal tel gruplarının tekrar helisel döndürülmesiyle elde edilen yeni bir tel grubudur. İki kez sarılma nedeniyle, birim uzunluktaki dönme sayısı, normal gruplarına göre daha fazladır (Türkçü, 2009).



Şekil 2.64 Çelik halatı meydana getiren elemanlar (Çelik halatı meydana getiren elemanlar, b.t.)

Tablo 2. 1 Sarmallı çelik halat tip1 ve teknik özellikleri (Şenol Makine,2012)

Halat çapı	Birim ağırlık	Teorik kopma kuvveti (kg)	Minimum Kopma Kuvveti (kg)
mm	kg/m	180 kgf/mm ² -1770 N/m ²	180 kgf/mm ² -1770 N/m ²
8	0,244	4,775	3,824
10	0,381	7,462	5,975
12	0,548	10,745	8,603
20	1,522	29,846	23,898

Tablo 2.2 Sarmallı çelik halat tip 2 ve teknik özellikleri (Şenol Makine, 2012)

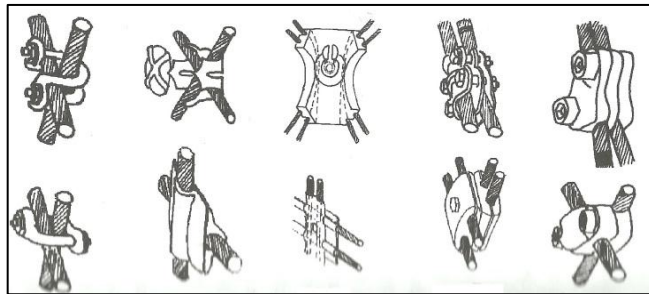
Halat çapı	Birim ağırlık	Teorik kopma kuvveti (kg)	Minimum Kopma Kuvveti (kg)
mm	kg/m	180 kgf/mm ² -1770 N/m ²	180 kgf/mm ² -1770 N/m ²
8	0,221	4,117	2,987
10	0,346	6,432	4,732
12	0,498	9,263	7,603
20	1,384	25,730	21,868

2.4.3.2 Düğüm Noktaları

Düğüm noktaları, asma germe sistemlerde kabloların birleşimini sağlayan elemanlardır. Asma germe yapıların, ana elemanları kabloların sistemdeki mesnet noktalarıdır.

Düğüm noktalarının görevleri arasında kablo sisteminin geometrisini sabitleştirmek, sisteme ön gerilme verebilmesini sağlamak, çatı örtüsü ve ısıtma, tesisat vb. aygıtların asılmasını gerçekleştirmek sayılabilir. İki veya daha çok sayıda kablounun bir noktada bağlantısı bir düğüm elemanı ile gerçekleşir (Türkçü, 2009).

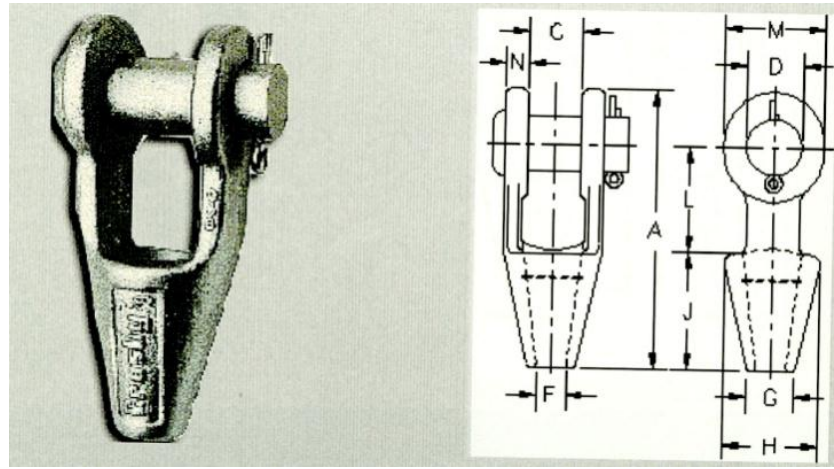
Düğüm noktaları, sistemde kullanılan kabloların çapı, etki eden kuvvetler ve ağ gözlerinin sonuç geometrisi üzerinden tasarlanmakta ve boyutlandırılmaktadır.



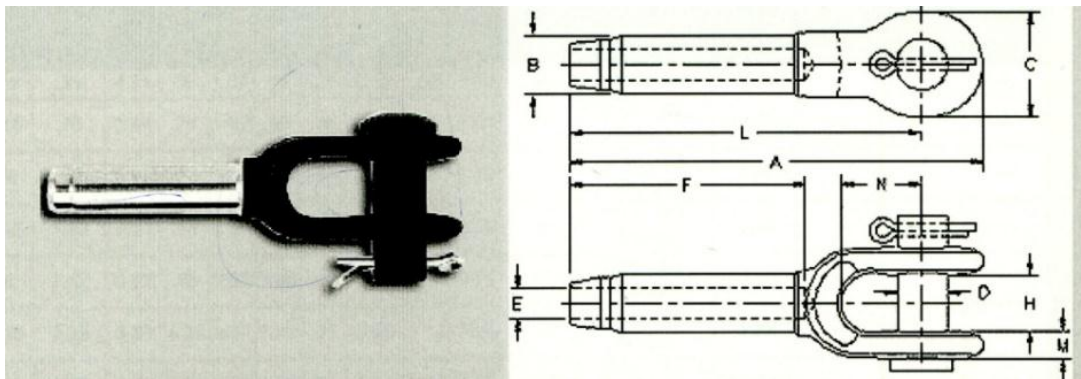
Şekil 2.65 Düğüm noktası detay çözümleri (Türkçü, 2009)

2.4.3.3 Asılma Noktaları

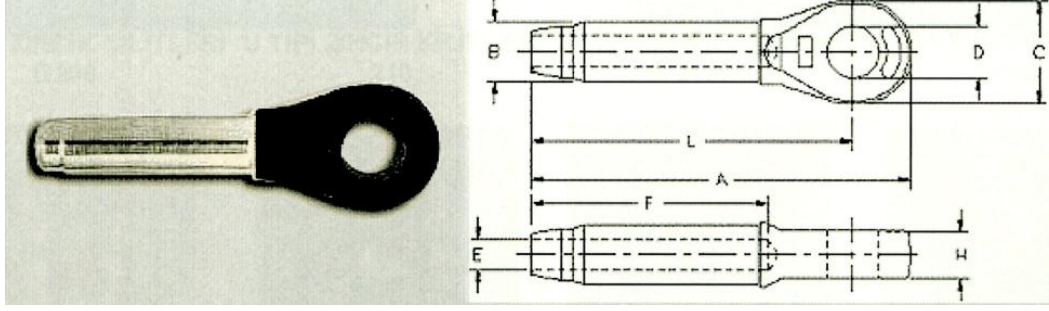
Asılma noktaları, yükün yardımcı elemanlara aktarımını sağlamaktadırlar. Asma noktaları, pylonlar, basınç çubukları, ankastre veya mafsallı kolonlar, kemerler, çemberler, kenar kabloları gibi destekleyici elemanlar, ankraj blokları (zemin) ve temele yük aktarır. Membran sistemlerde, detay çözümleri sisteme özgün olarak geliştirilmektedir. Tasarlanan bir sistem, farklı detay elemanları ile de oluşturulabilmektedir.



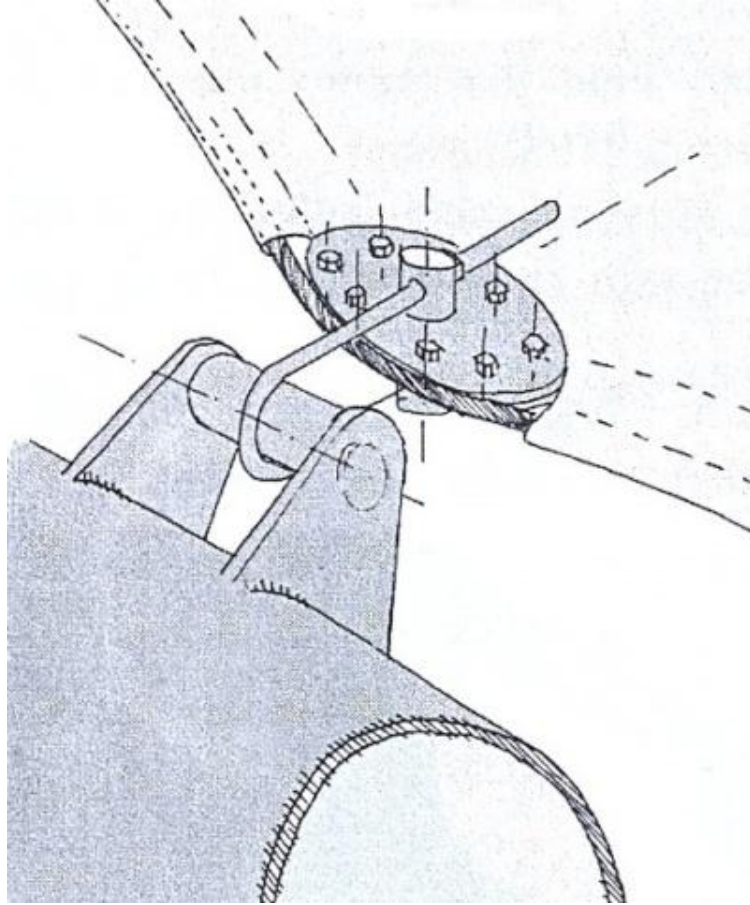
Şekil 2.66 Çatallı çelik halat soketi, kenar kablosuna bağlanan asılma noktası halka tipi (Şenol Makine, 2012)



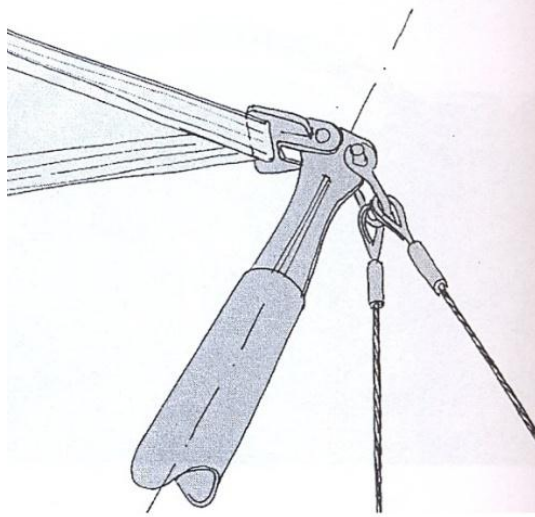
Şekil 2.67 Çatallı baskı çelik halat soketi, kenar kablosuna bağlanan asılma noktası halka tipi (Şenol Makine, 2012)



Şekil 2.68 Çelik halat soketi, kenar kablosuna bağlanan asılma noktası halka tipi (Şenol Makine, 2012)



Şekil 2.69 Çerçeve asılma detayı (Forster ve Mollaert, 2004)



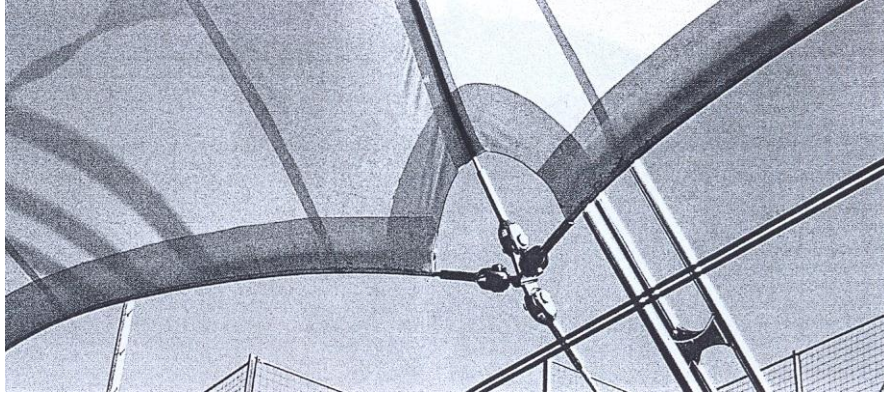
Şekil 2.70 Kolon-membran asılma detayı(Forster ve Mollaert, 2004)



Şekil 2.71 Asılma noktası detayı (Sarıay, 2011)

2.4.3.4 Ağ Gözleri

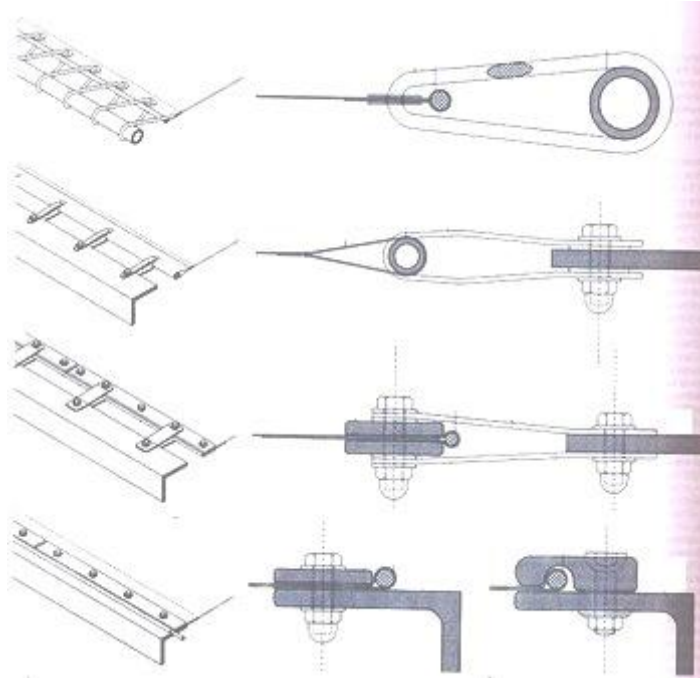
Kablo ağlarının kablolarla sınırlanan küçük geometrik şekilleri göz olarak adlandırılır. Bu gözler, üçgen, dörtgen, altıgen şekiller olabilir(Türkçü, 2009).



Şekil 2.72 Ağ gözü detayı (Basel, 2011)

2.4.3.5 Kenar Elemanları

Kenar elemanları sistemi pekiştirmek adına uygulanan detay çözümleridir. Ağ kenarlarında ve uçlarında uygulanmaktadır. Pekiştirici kenar elemanları, geçilen açıklık, stüktür formu, yük dağılımı gibi strüktüre özgü özellikler göz önünde bulundurularak tasarlanır.

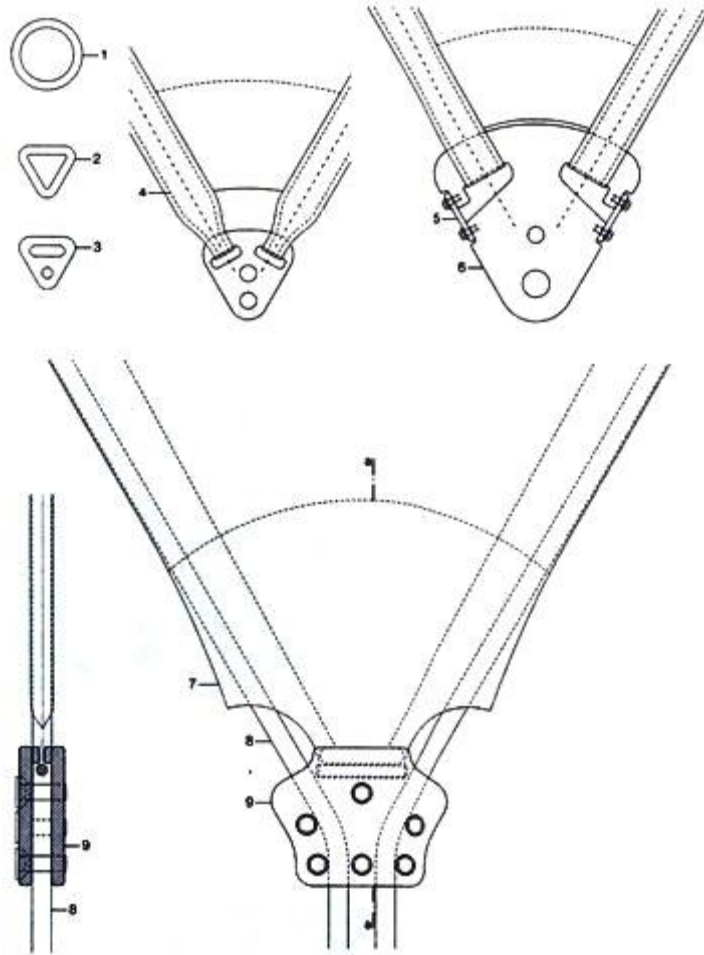


Şekil 2.73 Kenar pekiştirme detay örnekleri (Basel, 2011)

Kenar kabloları, köşe plakaları ile birleştirilmektedirler. Yükün sistemin geneline ve temele aktırılmasını sağlamaktadırlar. Köşe detayları, sistem tasarımına göre farklılık göstermektedir.

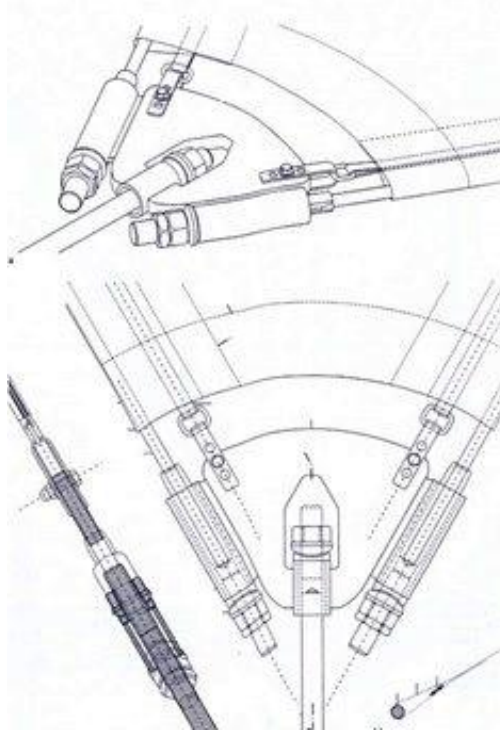
Köşe Detaylarında;

- a) Esnek montaj ve kullanım ile büyük deformasyonlar oluşabilmektedir.
- b) Kenar kablo yükleri ile membran öngerilme uyumu oluşturulmalıdır.
- c) Köşe plakaları, kablolardan gelen yükün açısına uygun olarak yerleştirilmelidir.
- d) Kenar kablolar ayarlanabilir olmalıdır.



Şekil 2.74 Köşe plaka detayı (Basel, 2011)

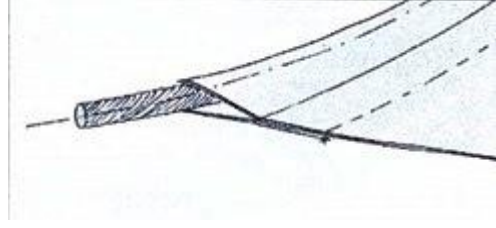
Şekil 2.74’de gösterilen köşe plaka detayına ait elemanlar; 1.Halka 2.D-halka 3. Köşe plakası 4.Membranın kenarı boyunca dokuma kayış 5.Montaj noktası 6.Oluklu köşe plaka 7.Bohçalama 8.Kenar kablosu 9.Köşe plakası ‘dır.



Şekil 2.75 Köşe plaka detay örneği (Basel, 2011)

Membran ve plaka birleşimlerinde membran iki kat olarak uygulanmalıdır. Çünkü membran az açıklıkta yükü diğer parçaya iletememektedir.

Şekil 2.77’de gösterildiği gibi kenar kablolar dış etkilere korunmak amacı ile bohçalama olarak adlandırılan yönetmen ile membran ile sarılır ve ana membrana birleştirilir.



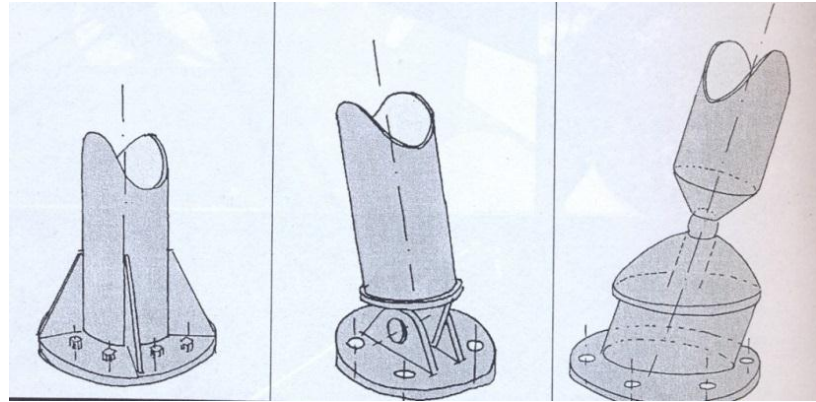
Şekil 2.76 Bohçalama yöntemi (Forster ve Mollaert, 2004)

2.4.3.6 Destek Elemanları

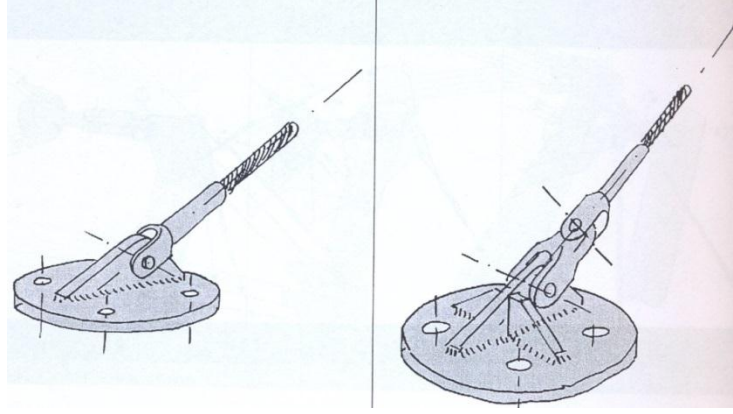
Dikme, kemer, çerçeve ve kablo ağları destekleyici elemanları 2.4.2 Membran sistemlerde destek elemanları başlığı altında incelenmiştir.

2.4.3.7 Ankaraj Elemanları

Zemin ve temel elemanı arasında yaratılan sürtünme ile sağlanan mesnetlenme ankraj temelleri / hafif temeller olarak adlandırılırlar. Ankraj elemanlarının uçları vidalı, burgulu, kama tipli olabilirler veya bu ankrajlar ayrıca beton enjeksiyonu ile takviye edilebilirler.



Şekil 2.77 Üç farklı tip ankraj(Forster ve Mollaert, 2004)



Şekil 2.78 Çelik halatın zemine ankre detayı (Forster ve Mollaert, 2004)

2.5 Membran Sistemlerde Tasarım

Membran sistemlerde tasarım birbirini takip eden iki yöntem ile yapılmaktadır. İlk olarak form bulma çalışmaları yapılmaktadır. Ardından ise statiksel hesaplamalar ile yapılmaktadır.

2.5.1 Tasarım ve Form Bulma

Membran yapılar, hafif strüktürler olmalarına rağmen sağlam yapılar olmaları zıt yönlü ve çift eğrilikli oluşlarından kaynaklanmaktadır. Membran malzemesinin taşıyıcılık özelliği kazanabilmesi için öngerilme uygulanmalıdır. Taşıyıcılık özelliği ise, membran ve kabloların oluşturduğu form ve uygulanan germe kuvveti ile oluşturulmaktadır. Membran örtüye, destekleyici elemanlar, kablolar ve ankraj elemanları ile germe kuvveti uygulanır. Bu durumda membran örtü veya kablo ağı mesnet noktalarının arasında üç boyutlu bir yüzey oluşturulur. Bu yüzeyin formu, uygulanan germe kuvvetlerinin yüzeyin her noktasında dengelenmesi sonucunda oluşur. Bu yüzeye denge formu denir. Denge formunun oluşturulmaya çalışılması sürecince yapılan bütün uygulamaların geneli form bulma olarak adlandırılmaktadır.

Denge için destek ve askı öğelerinin üçüncü boyutta düzenlenmesi kablolar ile sağlanır. Bu öğeler vasıtasıyla büyük açıklıklar gereksiz yapı ağırlıklarından

kaçınılarak geçilir. Tasarımcı destek elemanlarını içte ve dışta düzenleyerek birçok negatif Gauss eğrilikli yüzey elde edebilir (Morgül, 2006).

Ön gerilmeli dokuma membran üst örtü formunun oluşturulması aşamasında yüzeylerde değişik şekillerde yüklenmeden dolayı meydana gelebilecek dalgalanma, potluk gibi deformasyonların engellenebilmesi için destek elemanlarının doğru bir şekilde konumlanmaları gerekmektedir (Sarıay, 1999).

Membran yapı tasarımında, tasarımı yapılan örtünün üzerinde yağmur ya da kar suyunun birikmesine ve aşırı sehime neden olmayacak geometrik formların seçilmesi, yük aktarımının doğru bir şekilde yapılabilmesi için düz bölgelerin oluşturulmaması gibi hususlara dikkat edilmelidir (Morgül, 2006). Asma germe sistemler tasarımı, birbirini takip eden iki yöntem ile yapılmaktadır.

2.5.1.1 Fiziksel Modelleme

Fiziksel modelleme; tasarlanması planlanan asma germe membran yapının küçük ölçekteki maketinin yapımıdır. Maket yapımı ile form ve strüktürel davranışlara ait ön izlenimler elde edilir. Kimi zaman modelde membran yüzeyine ait olan alanların uygunluğunu değerlendirmek adına hava üfleyici araçlar ile rüzgar tüneli testi yapılmaktadır. Fiziksel modellemenin yapının bire bir statik davranışı konusunda kesin sonuçlar elde edebilecek bir yöntem değildir.



Şekil 2.79 Model yapımı ile formun belirlenmesi (Menges, 2012)



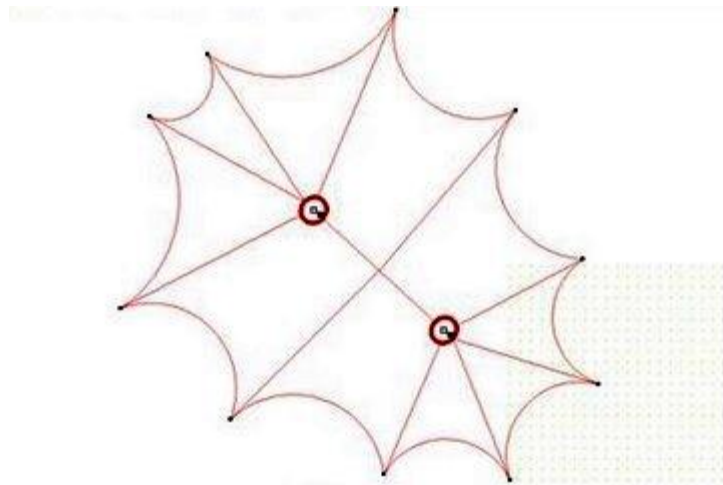
Şekil 2.80 Model yapımı ile formun belirlenmesi (Fenrich, 2012)

2.5.1.2 Sayısal Modelleme

Sayısal modelleme, bilgisayar ortamında belirli programlarca yapılmaktadır. Fiziksel modelleme ile formu oluşturulduktan sonra sayısal modelleme ile sistem uygulanacak vaziyete getirilmektedir.

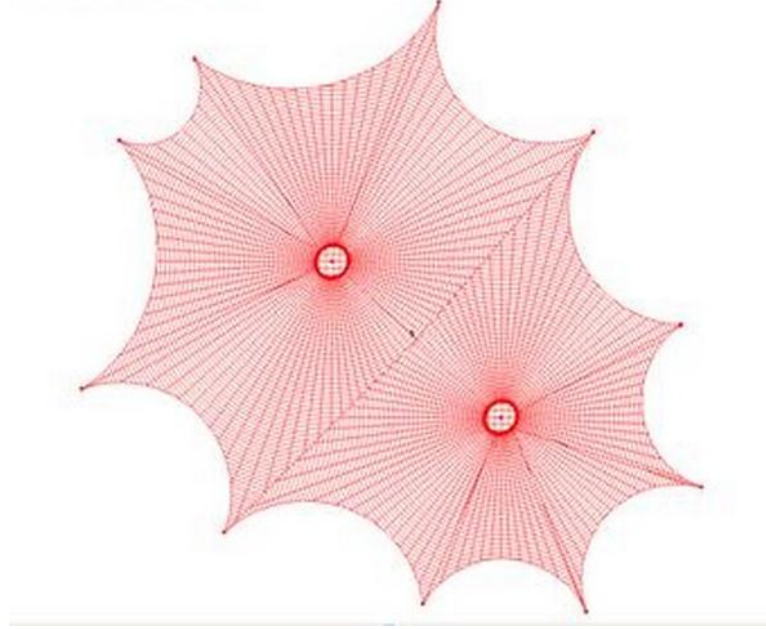
Statik analiz üç farklı yöntem ile yapılabilmektedir. Force Density Metod, Dynamic Relaxation Metod ve sonlu elemanlar metodudur.

Force Density metodun da örtünün yüzeyi dikdörtgen ve üçgenlere bölünür. Böylelikle mesnet noktaları ve rijit taşıyıcı destek noktaları tespit edilmektedir.

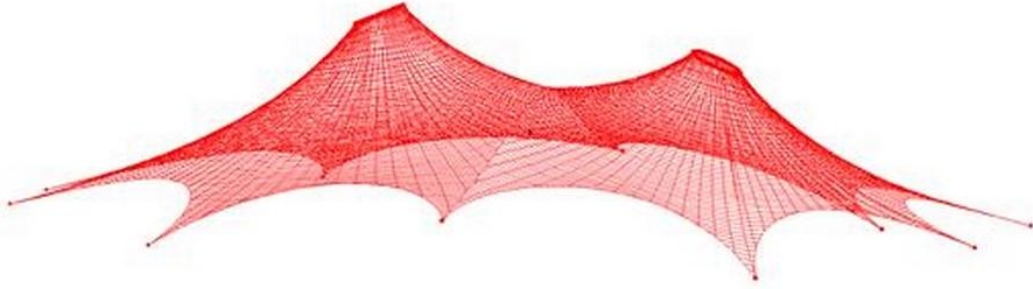


Şekil 2.81 Membran örtünün sınırlarının belirlenmesi (Dansık, 2002)

Üçgen veya dikdörtgen geometrilerinde bölünmüş parçaların içlerine kablo ağırları oluşturularak, oluşturulan her bir kablo ağının birleşim noktaları ile düğüm noktaları oluşturulur (Dansık, 2012).



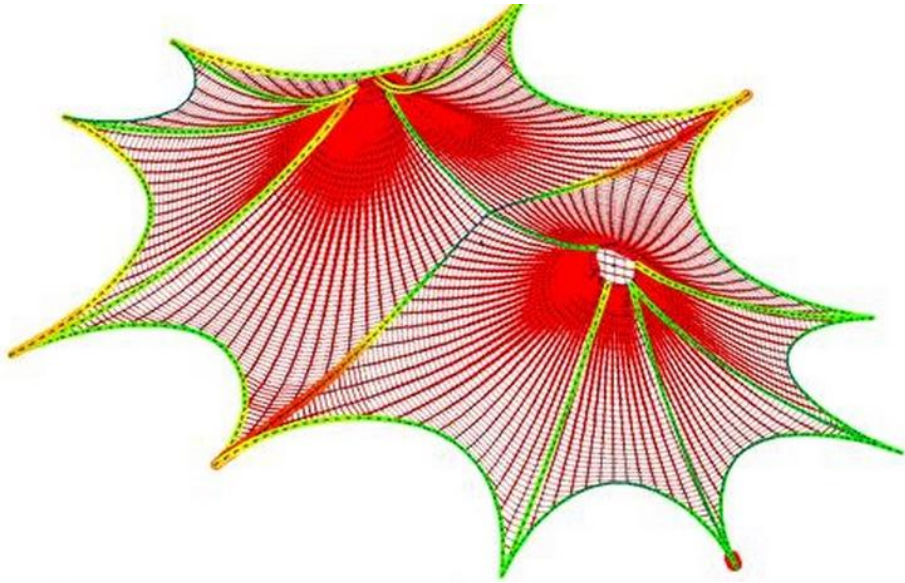
Şekil 2.82 Düğüm noktalarının belirlenmesi (Dansık, 2002)



Şekil 2.83 Modelin belirlenmesi (Dansık, 2002)



Şekil 2.84 Modelin belirlenmesi (Dansık, 2002)



Şekil 2.85 Yığılma ve deformasyonların belirlenmesi (Dansık, 2002)

Analiz sonucunda aşırı gerilme yığılmalarının olduğu bölgeler ve deformasyonun fazla olduğu yerler varsa, öngermede, geometride, malzemede ya da mesnet noktalarında değişiklikler yapılarak sistem güvenli hale getirilebilir. Analizi yapılan membran örtü kesme kalıplarının çıkarılmasına hazır hale getirilmiştir (Dansık, 2002).

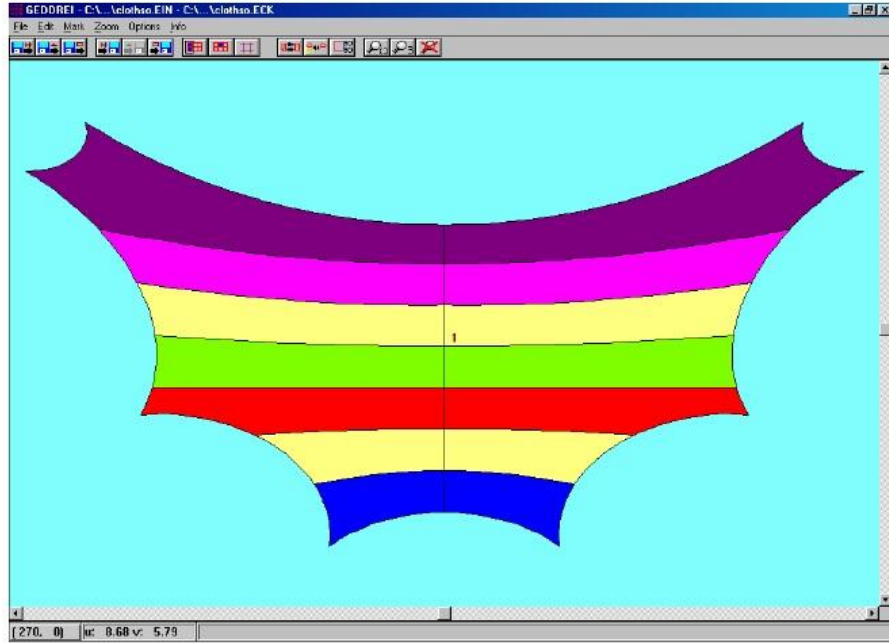
2.6 Membran Sistemlerde Kalıpların Hazırlanması

Membran kalıpları, üç boyutlu olarak tasarlanmış ve öngerilme ile şeklini almış olan yüzeyin ikinci boyuta aktarılan yüzey parçalarının planlarıdır (Morgül, 2006).

Membran malzeme balya içinde tedarik edilir. Tasarıma ait formun oluşturabilmek için membran kesilir, dikilir, yapıştırılır veya kaynak ile birleştirilmektedir. Öncelikle formu oluşturacak kalıplar çıkarılır. Kalıpların oluşturulmasında kolay ve ekonomik olan kesme deseni saptanmaktadır.

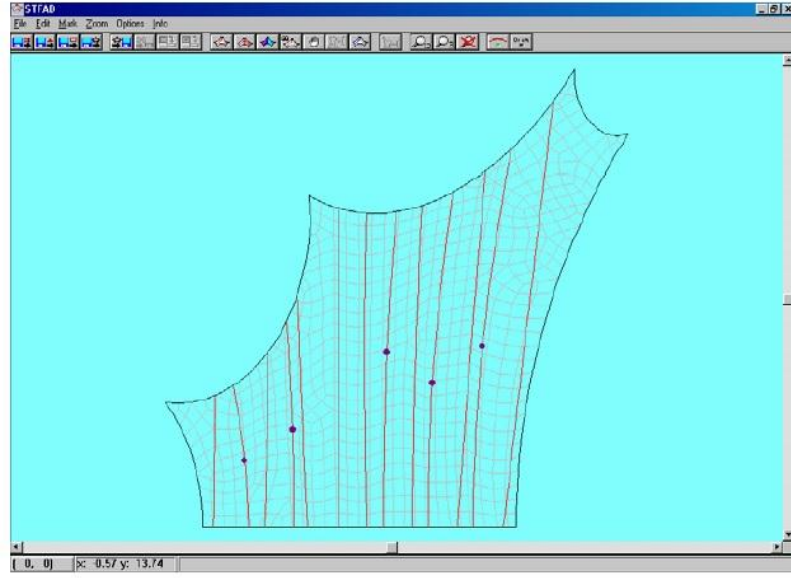
Bu kalıplar bilgisayar ortamında hazırlanmaktadır ve sırası ile aşağıdaki adımlar izlenmektedir.

- 1) Membran örtü formu, kullanılacak kumaşın genişliğine göre şeritlere bölünmektedir. Şeritler paralel olarak adlandırılmaktadır.



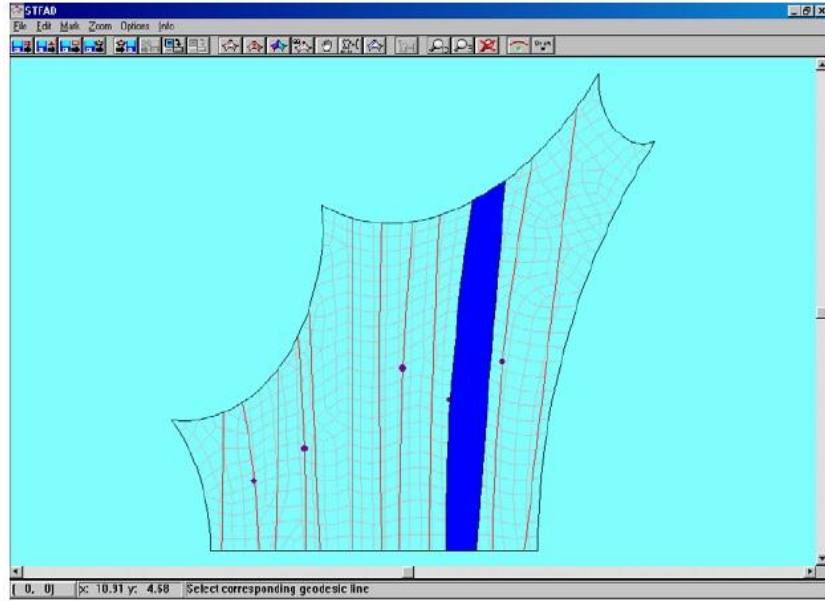
Şekil 2.86 Membran örtüde paralellerin belirlenmesi (Morgül, 2006)

- 2) Kalıbı çıkarılacak yüzeyin jeodezik hatları belirlenmektedir.



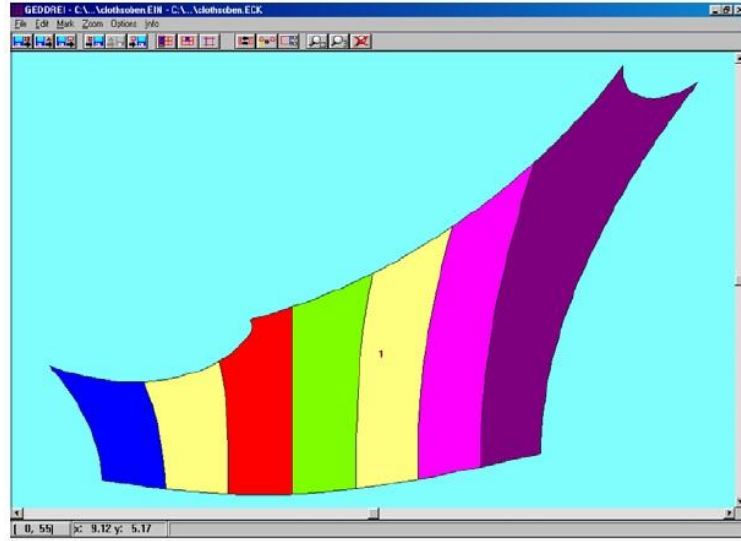
Şekil 2.87 Membran örtüdeki eğrisellerin düzleme aktarılması (Morgül, 2006)

3) Bu hatlar üzerinde paraleller seçilmektedir.



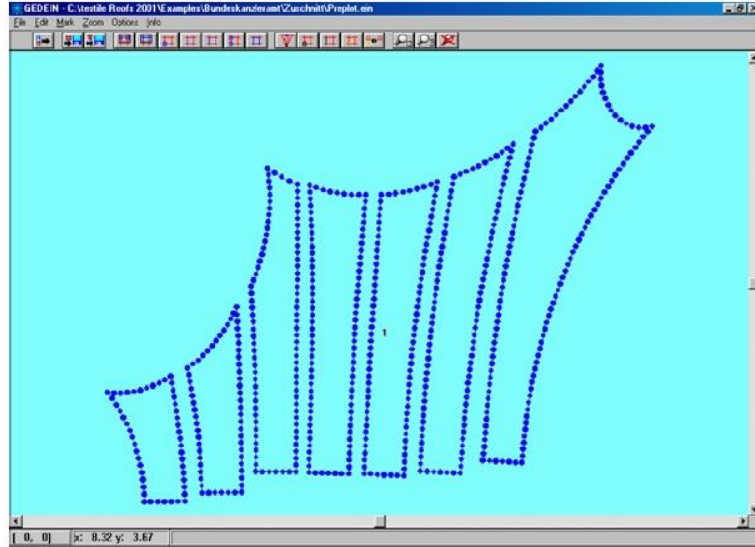
Şekil 2.88 Düzleme aktarılabacak panelin belirlenmesi (Morgül, 2006)

4) Seçilen paneller birleştirilerek üçüncü boyutta incelenmektedir.



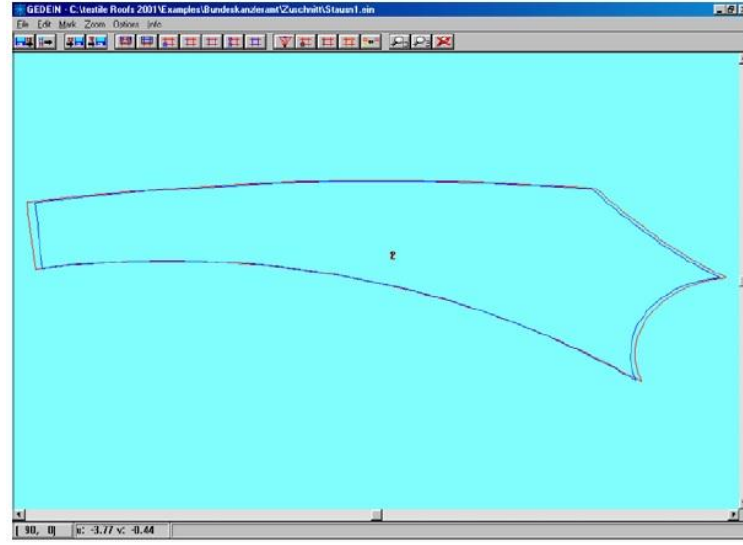
Şekil 2.89 Belirlenen panellerin üçüncü boyutta incelenmesi (Morgül, 2006)

- 5) Tasarım ölçütlerine göre gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra kesme hatları belirlenmektedir.



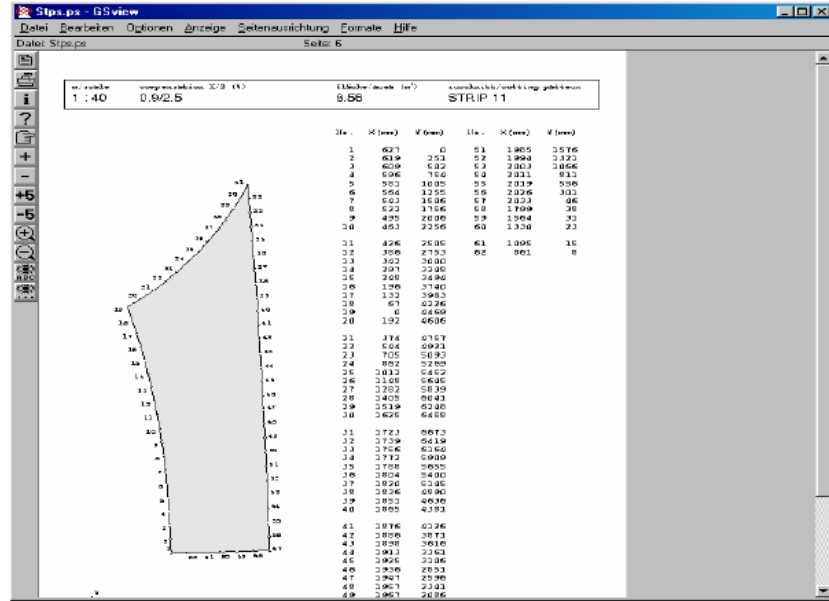
Şekil 2.90 Kesme hatlarının panellere ayrılmış hali ile belirlenmesi (Morgül, 2006)

- 6) Malzemenin zaman içinde esneyeceği dikkate alınarak, kalıplar belli oranda küçültülmektedir. Böylece esneme nedeniyle oluşacak gerilme kayıpları önlenmektedir ve yüzeyin devamlı gerilme altında tutulması sağlanmaktadır.



Şekil 2.91 Gerilme kayıpları göz önünde tutularak kalıpların küçültülmesi (Morgül, 2006)

- 6) Kesilecek kalıpların geometrisi her kalıba ayrı sayfada koordinatları ile verilerek raporlanır.



Şekil 2.92 Kesme kalıbı geometrik koordinatlarının raporlanması (Morgül, 2006)

BÖLÜM ÜÇ

MEMBRAN MALZEMELER

Yapım sistemlerinde kullanılan malzeme taşıyıcı sistem kurgusu ve statik hesaplamaların; yapının formunu, ömrünü etkilemektedir. Bütün taşıyıcı sistemlerin ana malzemesi vardır. Örneğin yığma yapılarda taş ve tuğla bloklar, karkas sistemlerde ahşap, çelik veya betonarmedir. membran sistemlerde ise membran sistemin ana malzemesidir. Membran, esnek özellikte dokuma bir kumaştır.

3.1 Membran Malzemesi Türleri

Membran malzemeler, hem taşıma hem örtme özelliğine sahip, oldukça esnek ve bükülebilen, eğilme rijitliği göstermeyen, taşıyıcı özelliğinin yanısıra ses ve ısı yalıtımına yardımcı, yangın, kar, rüzgar ve güneş ışınları gibi etkenlerden etkilenmeyen özellikte bir malzemedir.

Membran malzemesi kendi içerisinde en temel olarak iki grupta toplanabilir.

- 1) Homojen Kökenli Membranlar
- 2) Örgü (Dokuma) Membranlar
- 3) Homojen/ Örgü Membranlar Kombinasyonu

Plastik kökenli membranlar homojen, örgü(dokuma) membranlar ise heterojen bir yapıya sahiptirler.

3.1.1 Plastik Kökenli Membranlar

Plastik kökenli membranlar, izotrop özellikte olup her nokta ve yönde aynı özelliğe sahiptirler. Plastiğin ısı geçirgenliği nedeni ile sera ve geçici üst örtüler ile pnömatik sistemlerde kullanımı uygundur. Çekme dayanımını arttırmak için bünyelerine lif eklenmektedir. Çekme dirençleri örgü ve dokuma membranlara göre oldukça düşüktür.

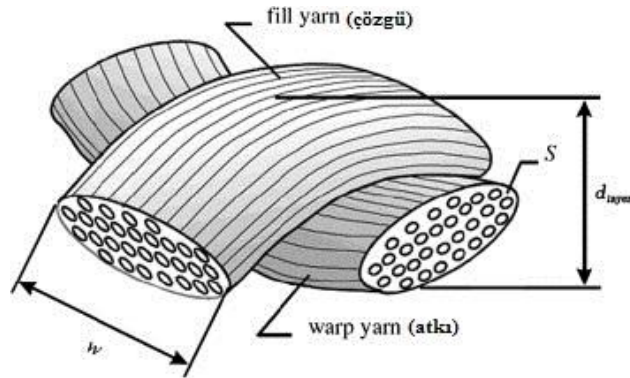
Taşıyıcılık özelliği geniş açıklığın sözü geçtiği durumlarda sistemler kablo ağı takviyesine ihtiyaç duyar. Elektrik iletkenliği yok, ısı iletkenlikleri ise düşüktür. Yangın dayanımı ise azdır. Uv ışınları, nem ve ısı değişimleri gibi dış etmenler malzemenin ömrünü kısalttığı gibi kullanılmaz hale gelmesine neden olur. Plastik folyoların Uv dayanımlarını arttırmak için malzeme renklendirilmektedir.

3.1.2 Örgü ve Dokuma Membranlar

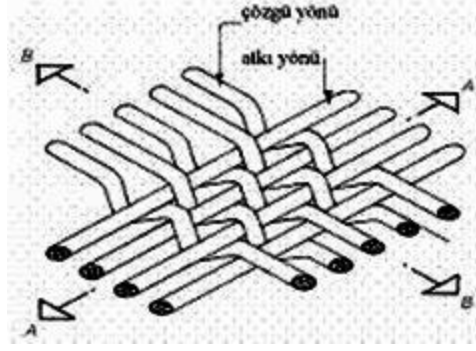
Doğal ve yapay ipliklerin teknik olarak dokunması ile elde edilen kumaşlardır. Membranı oluşturan iplikler, malzemenin esas taşıyıcı birimi olmalarıyla beraber plastik kökenli membranlara nazaran örgü ve dokuma membranlarda daha heterojen bir yapıya sahiptirler. Bu iplikler, çözgü ve atkı liflerinden dik açılı bir dokuda örülür ve diyaframa yakın bir yüzey elde edilerek oluşturulurlar. Atkı yönündeki lifler dokuma işlemi süresince gerildikleri için uzamaları çözgü yönündeki liflere göre daha fazladır. Atkı yönünde deformasyon daha az, çekme direnci ise daha yüksektir. Çekme kuvvetini ise dokuma belirlemektedir (Sarıay, 1999).

3.1.3 Homojen/ Örgü Membranlar Kombinasyonu

Homojen plastik membranların ip veya tel ağlarıyla takviye edilmiş şeklidir. Davranış olarak homojen membran özelliği ağır basar, fakat takviye tabakasından ötürü çekmeye karşı direnci daha fazladır (Türkçü, 2009).



Şekil 3.1 Dokumada iplik çapı ve atkı çözgü uzaklığı (Lisyer, 2010)



Şekil 3.2 Atkı ve çözgü yönleri (Atkı ve çözgü yönleri, b.t.)

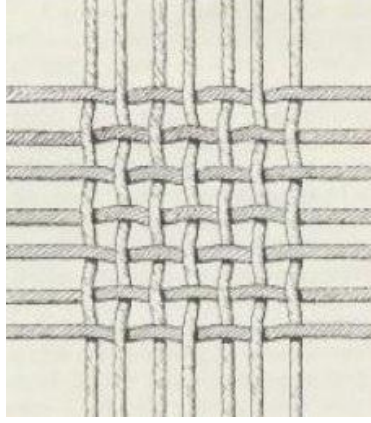
Membran kumaşın kalınlığı ipin yaklaşık olarak 3 katıdır. Çözgü yönündeki iplikler atkı yönündeki ipliklerin altından ve üstünden geçtiği için bu kalınlık oranı oluşmaktadır.

Liflerin örülme şekilleri dokumaların mekanik özelliklerinde farklılık göstermesine neden olmaktadır. Çekme mukavemetini ise dokuma şekli belirlemektedir.

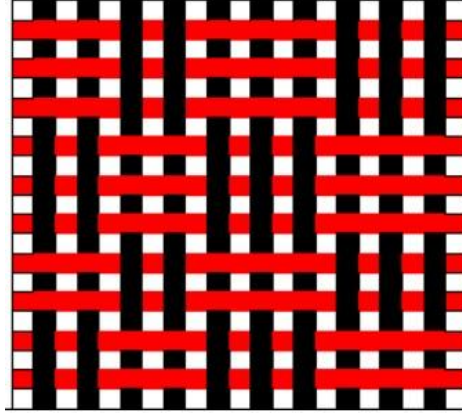
Başlıca dokuma tipleri Bezayağı örgü ve Panama örgü, çözgü ve atkı yönünde liflerin aynı özellikleri taşıması istendiğinden daha çok tercih edilmektedirler. Panama örgü, membranlar içerisinde tip 2 den itibaren kullanılmaktadır. Ayrıca çekme mukavemeti %70-%80 oranında olan bir membran malzemesi taşıyıcı sistemler için iyi bir kumaş olarak kabul edilir (Morgül, 2006).

Plastik kökenli membranlara oranla daha kolay kir ve nem tutmalarının yanı sıra yırtılma dayanımlarının yüksekliği gibi özelliklerinden ötürü taşıyıcı sistemlerde yaygın olarak kullanılırlar. Hava geçirimsizliği plastik kökenli membranlara göre daha az olduğundan pnömatik sistemlerde ayrıca kaplanmaları gerekmektedir.

Dokunmuş membran 50 cm uzunluğunda ortalama 1.80-2.0 m genişliklerinde rulolar halinde üretilmektedir. Örgü ve dokuma membranlar organik lifli ve sentetik lifli membranlar olarak sınıflandırılır.



Şekil 3.3 Bezayağı örgü dokuma (Demircan, 2012)



Şekil 3.4 Panama örgü dokuma (Zöhre, 2008)

Sentetik lifler; poliomid lifi, naylon 6 lifi, naylon 6.6 lifi, aramid lifleri, kevlar lifi, polyester lifi (P.E.S), poliakrilanitril lifi (P.A.C.), polietilen lifleri (P.E.).

Naylon, polyestere göre daha dayanıklı biraz daha iyi olmasına rağmen yük altındaki uzama kat sayısı daha fazladır (Morgül, 2006).

UV ışınlarından etkilemeyen cam mineral kökenli esneme kat sayısı ve gerilme dayanımı yüksek olmasına karşın kırılğan bir malzemedir. Bu durum nakliye ve montaj sırasında dikkatli bir uygulama yapılmasını gerektirmektedir.

Ayrıca örgü ve dokuma membranlar kendi içerisinde yapısal özellikleri ile de sınıflandırılmaktadırlar. Tip 1,2,3,4,5 kodlarında adlandırılmaktadırlar. Örneğin; Tip1 'den Tip 5'e kadar örtünün kalınlığı ve dokuma sıklığı artmaktadır. Bununla

doğru orantılı olarak tip sayısı büyüdükçe kumaşlar daha kalındır ve daha geniş açıklıkların geçilmesine olanak sağlamaktadır. Mimari ve statik tasarım sürecinde daha çok gerilmeye ihtiyaç duyan strüktürler için verilere göre tip sayısı daha büyük olan bir kumaş kullanılmaktadır. Yukarıda bahsedilen panama dokuma Tip 2'den itibaren kullanılmaktadır. Malzeme çok tabakalı yapılarak, kablo ağı gibi strüktürü destekleyecek elemanlar yardımıyla çok daha geniş açıklıklar geçilebilmektedir.

3.2 Yüzey Kaplamaları

Membran malzemesinin dış etkilere dayanımının az oluşu sebebiyle kumaşa hava ve su geçirmez özelliğinin kazandırılması için çeşitli kimyasal kaplamalar yapılmaktadır. Bu kaplama malzemesine ek olarak membran örtünün diğer çeşitli dış etkilere korunmasını sağlayacak şekilde iki yüzü izotrop başka bir malzeme ile kaplanır. Bir çok malzeme gibi membranın da UV dayanımı oldukça azdır. Yüzey kaplamaları ya da diğer bir deyişle koruyucu filmler membranın ömrünü uzamasında etkilidirler. UV ışınlarının etkisinin azalması için malzemenin yapısı renklendirilmektedir. Örgü ve dokuma membranlar için PVC (Poli Vinyl Chloride), PTFE (Poly Tetra Fluoroe ThylenEtilen) kullanılmaktadır.

3.2.1 PVC (Polivinil klorür) Kaplama

PVC kaplama membranlar 1950 yılından beri kullanılmaktadır. PVC, bilinen en eski kaplama malzemesidir. PVC esaslı yüzey kaplamaları, PVC ve yumuşatıcı malzemelerin birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Mantarlanma, ısı, UV ışınlarından yanıcılığı azaltmak için katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yumuşatıcı maddeler, plastiğin olumsuz özelliklerini azaltılmasını sağlar (Sarıay, 1999).

3.2.2 PTFE (Politetrafloroetilen) Kaplama

Son yıllarda prestij yapıları adına, en çok tercih edilen kaplama türüdür. Cam elyafı esaslıdır. Geniş açıklık geçme de etken bir malzemedir.

PTFE kaplama için üretici firmalar 50 yıl ve üzeri gibi bir ömre sahip olduğunu bildirmektedirler.

Işık geçirgenliği, esneme katsayısı, yangın dayanımı ve kolay temizlenebilir oluşu gibi özelliklere sahip bir malzemedir. PVC kaplamaya nazaran daha uzun ömürlü fakat daha pahalı bir malzemedir. Cam elyafı esaslı kaplamalar güneşin ve UV ışınlarının etkisi ile bilinen beyaz rengini alır. Isı kaynağı veya dikişli olarak malzemenin birleşimi yapılabilmektedir (Dansık, 2012).

3.2.3 Silikon Kaplama

Silikon kaplama PTFE gibi gerilme dayanımı, esneme katsayısı ve ışık geçirgenliği yüksek özelliklere sahiptir. Maliyeti düşük bir malzemedir.

3.2.4 PVDF (Polyvinylidene flüoride) Kaplama

Kırılma, bükülme, esneklik gibi dayanımları PVC kaplı polyester dokudan daha az olmasına karşın PTFE kaplı cam lifi dokusundan daha da iyidir. Dış hava koşullarının çok soğuk veya çok sıcak olduğu bölgelerde kullanımı ve uygulaması yapılmaktadır.

3.3 Membran Malzeme Sınıfları

3.3.1 A Sınıfı Membran Malzeme

Kaplama malzemesi başlıca PTFE reçinesinden oluşan cam lifi dokumalar A sınıfı membran malzemelerdir. İçeri en az %90 PTFE reçinesi ile sınırlanmış olan bu malzemer aşağıdaki koşulları sağlamaktadır (The Membrane Structures Association of Japan,1996).

- 1) Cam lifi dokumanın ağırlığı 150 gr/m² ya da daha fazla olmalıdır.
- 2) Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m² en fazla 1100 gr/m² olmalıdır.

- 3) Membran malzemesinin kalınlığı en az 0,5 mm olmalıdır.

3.3.2 B Sınıfı Membran Malzeme

Kaplama malzemesi PoliVinilClorid reçinesine (PVC), kloropren kauçuk, klorosülfanatlı polietilen kauçuk ya da buna benzer diğer malzemeler(reçine içeren florin filmleri ile kaplı cam lifi dokuma dahil olmak üzere) kullanılan cam lifi dokuma, aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- 1) Cam lifi dokumanın ağırlığı 150 gr/m² ya da daha fazla olmalıdır.
- 2) Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m² en fazla 1100 gr/m² olmalıdır.
- 3) Membran malzemesinin kalınlığı en az 0,5 mm olmalıdır.
- 4) Membran malzeme alev yürütmez özellikte olmalı ve DIN 4102-1 B-1 BS 7837 şartnamesinde verilen değerleri sağlamalıdır (Morgül, 2006).

3.3.3 C Sınıfı Membran Malzeme

PVC reçine, klorpene kauçuk, klorosülfanatlı polietilen kauçuk ya da buna benzer malzemeler (floro reçin film içeren ilave yüzey kaplaması bulunanlar dahil olmak üzere) ile kaplanmış, örülmüş poliamid, poliaramid, polyester ya da polivinil alkol lifli dokuma, aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.

- a) Sentetik lifli dokumanın ağırlığı 100 gr/m² ya da daha fazla olmalıdır.
- b) Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m² en fazla 1100 gr/m² olmalıdır.
- c) Membran malzemesinin kalınlığı en az 0,5 mm olmalıdır.
- d) C Sınıfı malzemelerde sadece yüksek frekanslı kaynak kullanılmalıdır. Kaynak makinesinin gücü en az 16 KW olmalıdır.
- e) Birleşim olarak yapıştırma yapılmamalıdır.

f) C sınıfı malzemelerde kullanılan PVDF tabakası eğer kaynak yapılmayan özellikte ise bu tabaka kaynak bölgelerinde uygun makinelerle kaldırılmalıdır.

g) Membran malzeme alev yürütmez özellikte olmalı ve DIN 4102-1 B1-BS 7837 şartnamesinde verilen değerleri sağlamalıdır.

Üstü kaplanan membran malzemenin dayanımı teknik açıdan her yönde birbirine yakın değerlerde olmasına karşı, üstü kaplanmamış olanlar anizotrop davranış gösterirler (Türkçü,1997).

Tablo 3. 1 C sınıfı malzemenin teknik özellikleri

Malzeme Tipi	Kaplamasız Yüzey Ağırlığı	Kaplanmış Yüzey Ağırlığı	Yırtılma Dayanımı (N /5 cm)	
	gr/m ²	gr/m ²	Atkı	Çözücü
Tip 1	210	860	3000	3000
Tip 2	275	1000	4400	3900
Tip 3	370	1250	5750	5100
Tip 4	490	1400	7450	6400

Örgü ve dokuma membranları yapısal özelliklerine bakıldığında; çekme dayanımı, çekme modülü, kopma dayanımı, yapısal uzama (deformasyon), boyutsal stabilite, kullanım ömrü, yarı saydamlık gibi özellikler ön plana çıkmaktadır.

Çekme Dayanımı: Çekme dayanımı veya yükler altında membran dokunun gevşemeye karşı direnci, dokuma membranın üzerine gelen yüklerin karşılanmasına yetecek kadar yüksek olmalıdır. PVC kaplanmış polyester veya PTFE kaplanmış cam lifi dokular metre başına 16 tona kadar olan gerilmeleri kaldıracak şekilde üretilmektedir.

Çekme Modülü: Uzama deformasyonuna karşı direnimi ifade eden bu modülün yüksek değerlerde olması biçki, biçim ve de uygulamanın tam olarak dört dörtlük yapılmasını zorlaştırabilir. Polyester örgü dokuma membranların çekme modülleri orta değerlerdedir. Kullanımları son derece kolaydır ve gerilme durumları aşırı kar yükü beklenilmediği durumlarda yapısal açıdan bir problem yaratmaz. Cam lifi örgü dokuma membranların çekme modülü yüksektir. Buruşma, katlanma ve kırılma deformasyonu riski taşırlar.

Kopma Dayanımı: Çekmeye çalışan dokuma membranlar, çekme gerilmesinin gevşemesinden çok yırtılma tehlikesi ile karşı karşıya kalırlar. Bu yüzden kopma gerilimi dayanımı önem kazanır. P.V.C. kaplı polyester dokuma membranların yırtılma dayanımı orta derecededir. P.T.F.E. kaplı cam lifi dokuma membranların ise yüksektir.

Yapısal Uzama (Deformasyon): Bütün dokuma membranlar dalgalanma gibi yapım esnasında ortaya çıkabilecek telafi edilmeyen yapısal uzama deformasyonlarına maruz kalabilmektedirler. Bu deformasyonun derecesi atkı doğrultusundan daha fazladır. Bu değerlerin bilinmesi membranların şablonlar halinde kesilmesi esnasında uygun toleranslı kesimler için gereklidir. Bu bilgiler üretici firmalardan tedarik edilebilir (Sarıay, 1999).

Boyutsal Stabilité: Dokuma membranlarda boyutsal stabilité, uzun sürekli yükler(ısı hareketlere, neme ve sünmeye dayanımı) karşısında örgü ve kaplamanın tipinden çok dokumanın temel malzemesinden etkilenir. Bu tür hareketler, sürekli asma-germe sistemli strüktürlerde ön gerilme kaybına neden olduğu için istenilmez. Polyester örgü dokuma membranlar ısı hareketlere ve nemin maruz kaldığı hareketlere karşı nispeten stabildir. Cam lifi örgü membranlar ise oldukça yüksek boyutsal stabilitéye sahiptir.

Kullanım Ömrü: Dokuma membran yapıların ömrü esas olarak kaplama elemanına bağlıdır. Kaplama ne kadar opak olursa, dokuma membran temel materyali o kadar iyi koruyacak ve ömrü de o kadar uzayacaktır. P.V.C. kaplı

polyester dokulu membranların yarı şeffaflık dereceleri %30 ise ömürleri 3-5 yıl ile sınırlı kalmakta, % 15 ise 15 yıla kadar dayanmaktadır. P.V.C. kaplı polyester dokulu membranlar için ortalama ömür 10-12 yıl, iyi şartlarda 20 yıldır. P.T.F.E. kaplı cam lifi dokulu örgü membranlarda ise bu 30 yıla çıkmaktadır.

Yarı Saydamlık: Dokuma membranlarda yarı saydamlık, kısmen ipliklerin örgü aralıklarına, kısmen de kaplama malzemesinin saydamlığına bağlıdır. P.V.C. kaplı polyester dokulu membranlarda yarı saydamlık %8-%30 iken, P.T.F.E. kaplı cam lifi dokulu örgü membranlarda %5-%15'dir. Filmlerde ise yarı saydamlık hem dokuyu oluşturan malzemeye hemde kaplamaya bağlıdır. Filmlerde %100 şeffaf bir oluşum elde edilebileceği gibi tamamen opak bir yapı da elde edilebilir. (Sariay, 1999)

3.4 Membran Malzemenin Birleştirilmesi

Membran malzemesi, üretici firmalar tarafından her tasarım için istenen kumaş boyutlarında üretim yapma zorluğu nedeniyle üretim yapan firmanın standartlaştırdığı ölçülerde üretilmektedir.

Bu nedenle istenen formların elde edilmesi adına kumaşların birleştirilmesi gerekmektedir. Membran kumaşların birleştirilmesinde uygulanan dört temel yöntem vardır. Bunlar; yapıştırma, dikişli, ısı kaynaklı ve mekanik birleşim yöntemleridir.

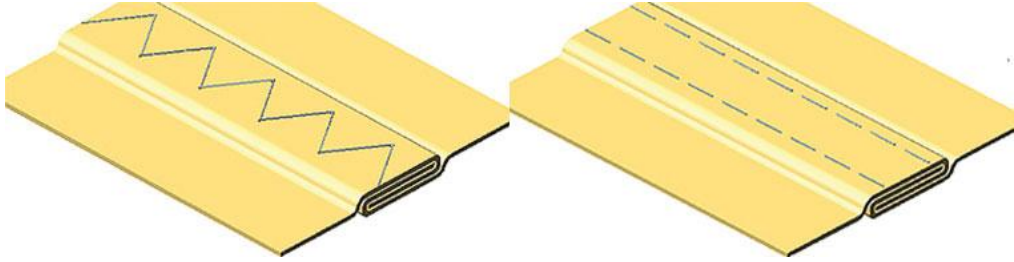
3.4.1 Yapıştırma ile Birleşim Yöntemi

Silikon kaplı cam yünü örtülerin birleştirilmesi veya PVC kaplı membran yama veya tamir amaçlı olarak yapıştırma yöntemi kullanılmaktadır.

3.4.2 Dikişli Birleşim Yöntemi

Dikişli birleşim, bu yöntem diğer yöntemler arasında en kuvvetli ve en sağlam olanıdır. Isı kaynağı yapılan PVC kaplı polyester membranlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu yöntem uygulanırken, kullanılan ipliğin UV ışınlarından

korunması için dikiş hattının membran ile kapatılması gerekliliğine dikkat edilmesi gereken hususlardan biridir. PTFE kaplı kumaşlar, cam elyaf esaslı olduklarından kırılgan özellikte oluşları nedeniyle dikiş ile birleşim yöntemi uygulamaya uygun yapıda değildir.

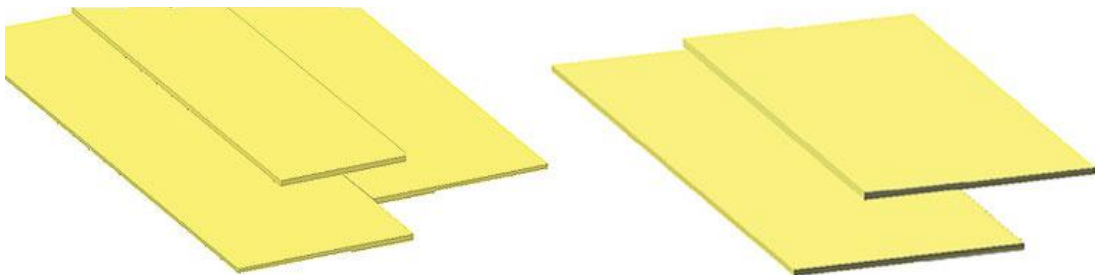


Şekil 3.5 Dikişli birleşim (Anonim, 2011)

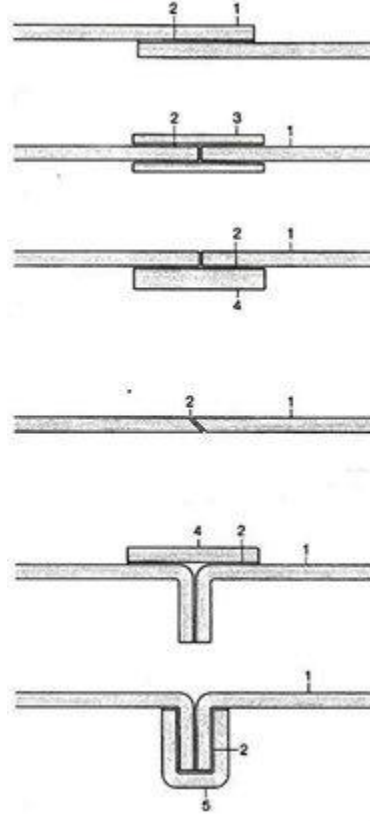
3.4.3 Isı Kaynaklı Birleşim Yönetimi

Isı kaynağı ile sıcak hava veya radyo frekanslı elektro magnetik radyasyon yayı ile membranın ısınma ısısı üzerinde bir ısı verilerek birleştirme yapılmakta ve soğutulduktan sonra basınç uygulaması ile işlem tamamlanmaktadır. Isı kaynaklı birleşim plastik kaplamalı dokumalar, plastik folyolar ve PTFE kaplı cam yünü için uygun bir yöntemdir.

PTFE kaplama ısı ile erimediği için farklı malzemelerden bir tabaka oluşturulduktan sonra uygulamaya başlanmalıdır. PTFE kaplı kumaşların birleşimi “ısı kaynaklı birleşim yöntemi” ile mümkündür. (Morgül, 2006)



Şekil 3.6 Isı Kaynaklı birleşim (Anonim, 2011)



Şekil 3.7 Isı Kaynaklı birleşim tipleri (Basel, 2011)

Bir başka yöntem ise; sıcak hava kaynağı ile yapılan birleştirme işlemidir. İkincil birleşimlerde tercih edilen bu teknikte, dışardan malzeme yüzeyine ısı verilir. Isı miktarı malzemenin kalınlığına göre ayarlanmaktadır.

The Membrane Structures Associations of Japan (Japonya Membran Strüktürler İştirak'ına) 'a göre;

- 1) Kaynak dayanımı 23 °C sıcaklık altında membran malzemenin çekme dayanımının %85' i kadar olmalıdır. Bu değer laboratuvar deneyleri ile kanıtlanmalıdır. Zorlu hava koşullarının olması durumunda testler gerçek durum simülasyonu ile yapılmalıdır.
- 2) Kaynak parametreleri ve kaynak testleri imalat protokolünde belirtilmeli, belli Aralıklar ile (10 adet gibi) yapılan kaynaktan sonra yapılacak rast gele testler ile protokoldeki değerler karşılaştırılmalıdır.

3) 60°C'lik sabit sıcaklık altında ekin çekme dayanımı, membran malzemenin çekme dayanımının en az %60' ı kadar olmalıdır.

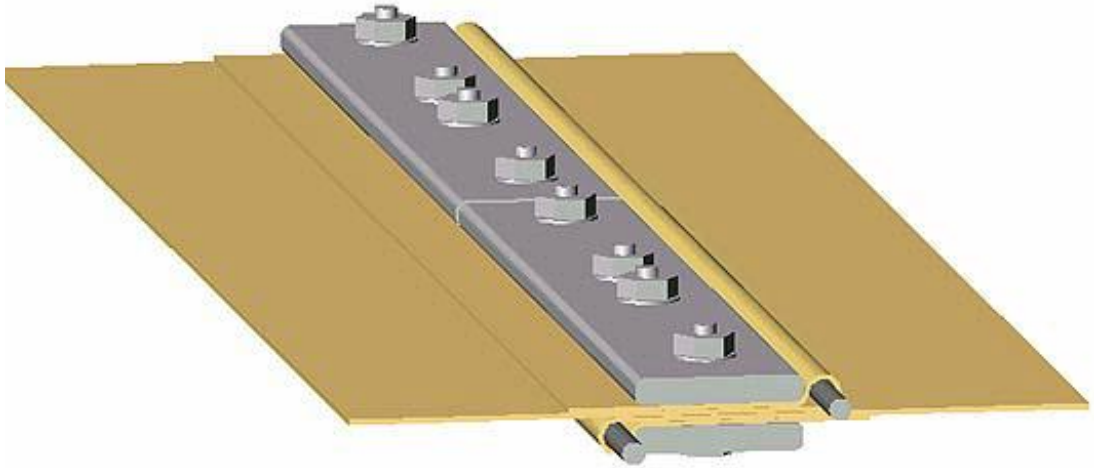
4) Sıcak hava kaynağı sadece ikinci derece, taşıyıcı olmayan birleşimlerde kullanılabilir.

5) Membran imalatçı firmanın membran malzemeleri için önerdiği kaynakla ilgili şartlarına uyulmalıdır(Morgül, 2006).

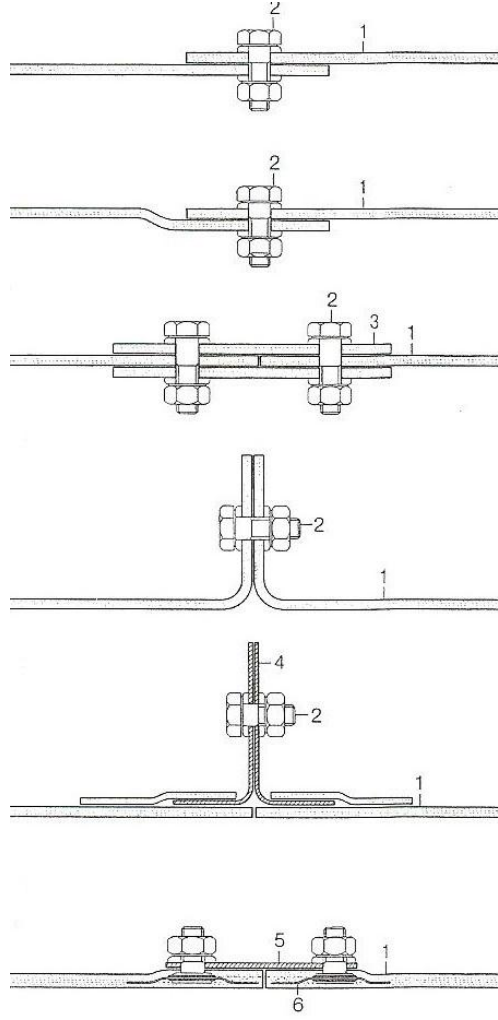
3.4.4 Mekanik Birleşim

Dikişli ve ısı kaynaklı birleşimin birleştirilmesi için mekanik birleşim yöntemi tercih edilmektedir.

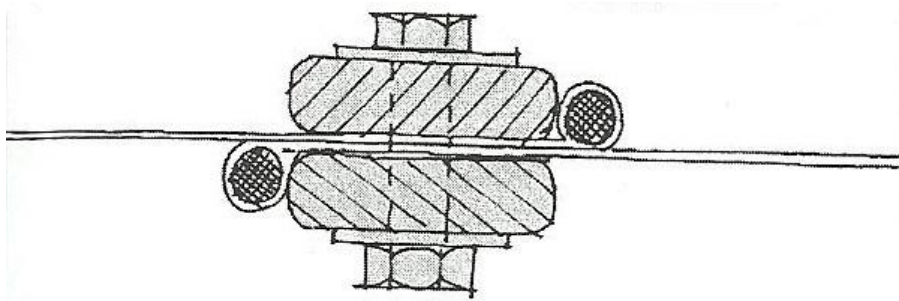
Birleştirilecek iki kumaşın kenarları üzerinde kablonun bohçalama yöntemi ile yapıştırılarak, kenetler yardımı ile mekanik birleşim detayı (Şekil 3.8)



Şekil 3.8 Mekanik birleşim detayı (Morgül, 2006)

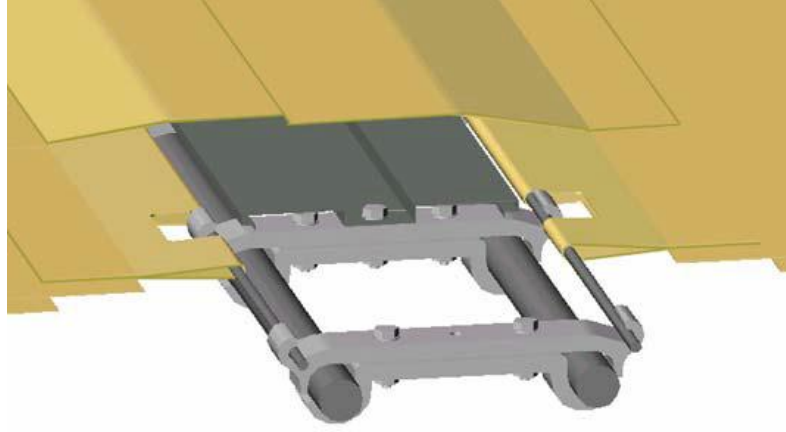


Şekil 3.9 Mekanik birleşim tipleri (Basel, 2011)



Şekil 3.10 Alüminyum plaklar ile yapılan mekanik birleşim (Forster ve Mollaert, 2004)

Bohçalama işleminden sonra oluşturulan kenar hattının oluklu alüminyum profil ile bağlanması ile yapılan mekanik birleşim detayı şekil 3.11’de gösterilmektedir.



şekil 3.11 Mekanik birleşim detayı (Morgül, 2006)

Mekanik birleşimlerde halat telleri DIN3058 ya da TS1918’ de belirtilen kalite koşullarını sağlamalı ya da daha iyi kalitede olmalıdır. Ayrıca halat teli yerine, ilgili yönetmelikte belirtilen normal elik çubuk, yüksek karbonlu elik çubuk ya da paslanmaz elik çubuklar kullanılarak üretilen ve kırılma yükü, telin çekme dayanımına eşit olan kablo da kullanılabilir (Morgül, 2006).



şekil 3.12 Kablo membran birleşim detayı (Morgül, 2006)

3.5 Membran Malzemesi Temizliği ve Bakımı

Membran malzemesinin temizliği, üretici firmaların tarifnamelerinde belirtilen ürünlerce yapılmalıdır. Aksi bir ürün kullanıldığında yüzey lakları zarar görür ve membranın ömrü kısalır. Kumaşın temizlenmesi için kullanılan kimyasallar (sabun, yağ, vb) kumaşa zarar vermekte kumaş kullanım süresini kısaltmaktadır. Bu nedenle gelişen teknoloji ile kumaş yapımında nanotek malzemelerin kullanılmasıyla kendi kendini temizleyebilen membran malzemeler üretilebilmektedir.

Örgü dokuma membran üst örtüde meydana gelen ufak bir takım deformasyonlar ve zararlar yerinde giderilebilir, fakat büyük yırtıkların oluştuğu durumlarda membran üst örtülerin zarar gören kısımları çıkarılıp kalıp ve kesim planlarına göre zarar gören bölüm yeniden kesilerek yeni malzeme yine sıcak kaynak veya yapıştırma yöntemleri ile yerine konabilir veya üst örtü tamamen değiştirilebilir (Sarıay, 1999).

Ortam koşullarından etkilenebileceği düşünülerek membran sistemler 6 ayda bir teknisyenlerce kontrolü yapılmalıdır. Sistemin tekrar bir ön gerilme ihtiyacının olup olmaması kontrolü ile çelik halatlar ve kabloların korozyona karşı bakımları yapılmalıdır.

BÖLÜM DÖRT

MEMBRAN SİSTEMLERE AİT UYGULANMIŞ ÖRNEKLERİN İNCELENMESİ

4.1 Örneklerin İncelenmesi

Aşağıda membran sistem kullanılarak yapılmış olan örnekler incelenmektedir

4.1.1 Londra Olimpiyat Stadyumu

Tablo 4. 1 Londra Olimpiyat Stadyumu genel bilgiler

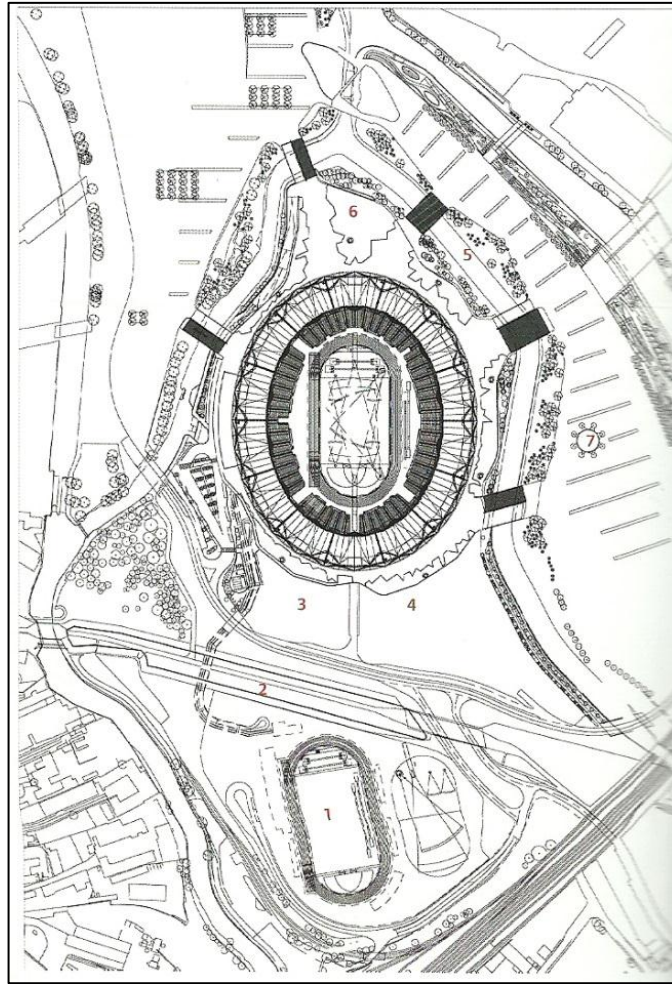
Yapım Yılı	2012
Yeri	Londra, İngiltere
Mimarı	Populous
Mühendis	Sir Robert McAlpine
İşlev	Stadyum
Örtülen Alan	24.500 m ²
Kullanılan Membran Tipi	1mm kalınlığında PVC kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik hatalar, merkezde çekme çemberi, dikmeler



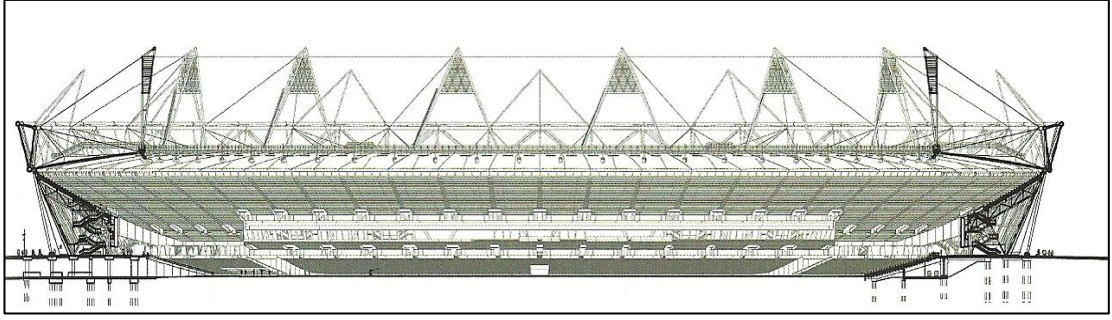
Şekil 4.1 Londra olimpik stadyumu dış görünümü (Craven, 2012)

Genel Bilgiler: Londra 2012 Olimpiyat Oyunları için yapılan stadyum, yeni Olimpik Park'ın güneyinde, iki tarafında da su yolu bulunan elmas biçiminde bir adanın üzerinde bulunmaktadır. 80.000 kişi kapasiteli stad, benzer stadlara oranla oyunları daha yakından izleme olanağı sunmaktadır.

Mimari zellikleri: Tasarım alışmaları 2007, inşası 2011 yılında tamamlanan yapı 40 hektar byklgnde bir ada üzerinde konumlandırılmıştır. Bu adaya ulaşım özel olarak yapılmış beş köprü ile sağlanmaktadır. Stadyumun eni 310 m, boyu 260 m ve yüksekliği 62,7 m'dir.



şekil 4.2 Vaziyet Planı 1.ısınma Alanı 2.yeşil Yol 3.dış Yayın 4.bindirme Alanı 5.lea nehri 6.izleyici köyü /tesisleri 7.yörünge (Altan, 2012)



Şekil 4.3 Stadyumun kesiti(Altan, 2012)

Atletizmde rüzgâr hızı çok önemli olduğundan ve karşılaşmaların sağlıklı yapılabilmesi için hızın belirli bir sınırı aşmaması gerektiğinden, stadın tasarımında rüzgar hızının düşürülmesine özellikle önem verilmiştir. Tasarımın ilk aşamalarında, çeşitli çatı örtüsü seçenekleri, en iyi rüzgâr performansını uygun maliyetle sağlamak üzere sayısal ortamda değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar sonunda izleyicilerin üçte ikisini kapsayan bir çatı örtüsüne karar verilmiştir (Altan, 2012).



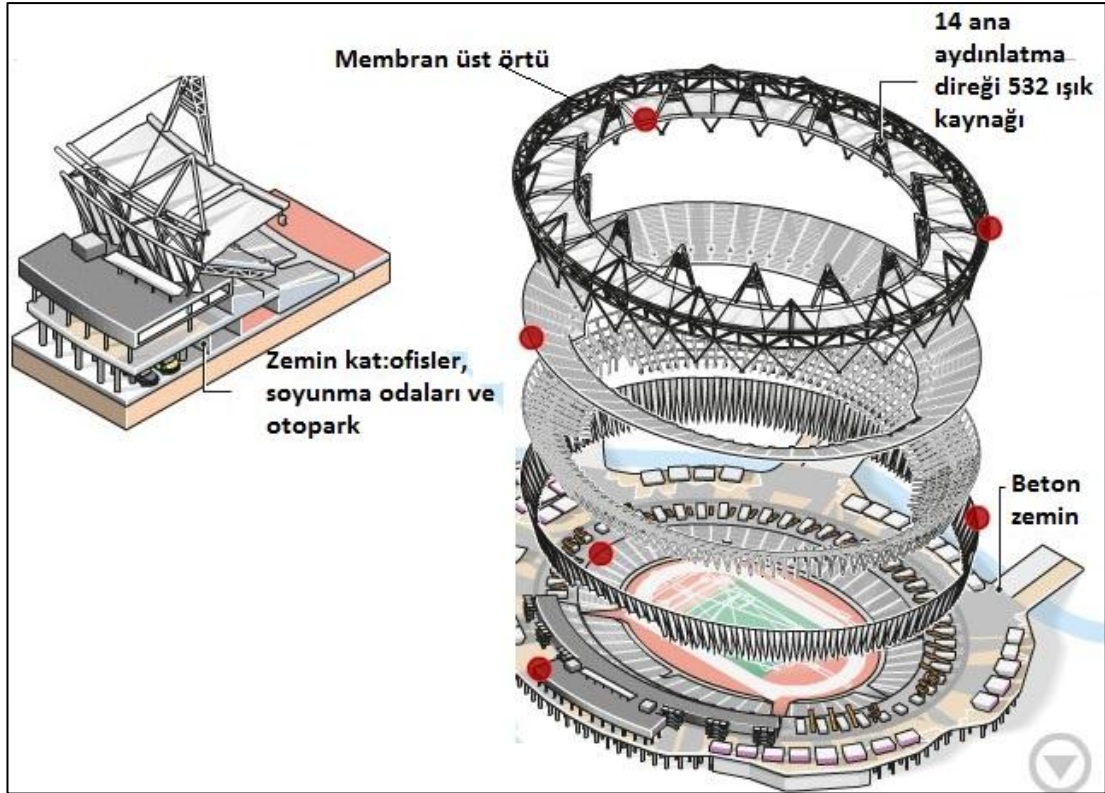
Şekil 4.4 Stadyum iç mekan görünümü (Setterfield, 2012)



Şekil 4.5 Londra olimpiik stadyumu (Setterfield, 2012)

Yapım Özellikleri: Günümüzde giderek önem kazanan sürdürülebilirlik kavramı stadyumun tasarlanmasında büyük rol oynamıştır. Bu sayede, hafif bir strüktür tasarlanarak kullanılan çelik malzemesi ve beton minimize edilmiştir. Sistemdeki çelik konstrüksiyon ağırlığı 10.000 tondur. Böylece hem yapım hem de malzeme bakımında çok verimli bir çözüm elde edilmiştir.

Stadyum üst örtüsü, 112 parça her biri 210 m² olan 1mm kalınlığındaki PVC (phthalate- polyvinyl chloride) kaplı polyester membranlardan oluşmaktadır. Membran, Fransız firması Ferrari tarafından üretilmiştir. Ayrıca, toplam olarak 6.000 m çelik halat kullanılmıştır (Setterfield, 2012).



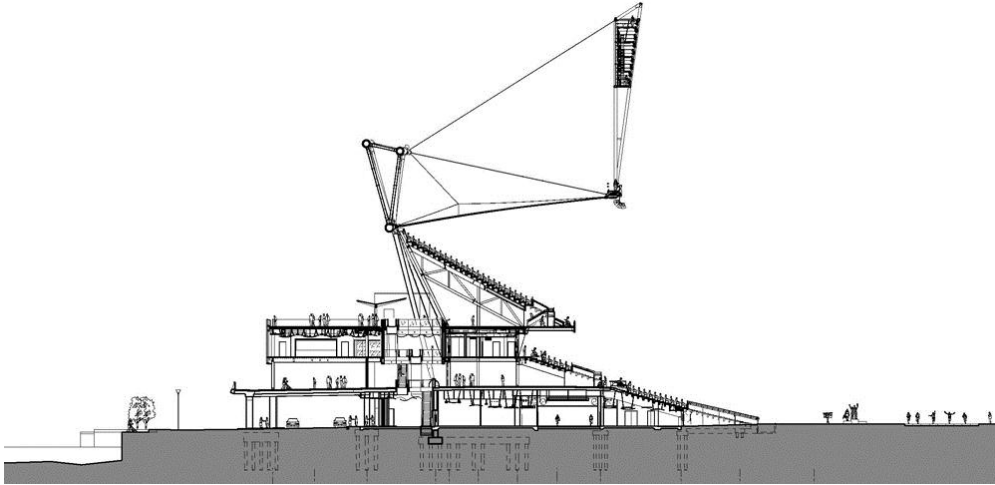
Şekil 4.6 Stadyumun yapımında malzemenin kullanımının minimize edildiğini gösteren diyagram (Stadyumun yapımında malzemenin kullanımının minimize edildiğini gösteren diyagram, b.t.)

Pekin 2008 Olimpiyat Oyunları için tasarlanan Beijing Ulusal Stadyum'u ile karşılaştırıldığında üst örtü 70 m yükseklikte, Londra Olimpik Stadyumu ise 36 m yüksekliğe sahiptir.

Ana stadyum strüktürü, çatının birbirine eklenen üçgenlerden oluşan beyaz çelik dikmeler ve iç kısımda geçici tribünleri taşıyan ince siyah çelik bir strüktür yer almaktadır. Tasarım, stadın çevresindeki iskeletin, çatının iç kısımdaki çekme çemberi ve buradan iskelete uzanan çelik halatlar tarafından çekilip gerilmesi ilkesine dayanmaktadır (Setterfield, 2012).



Şekil 4.7 Londra olimpik stadyumu kesitini gösteren maketi (Rocns, 2012)



Şekil 4.8 Çatı konstrüksiyonunun çekme çemberine bağlanma durumunu gösteren doğu kesiti (Setterfield, 2012)



Şekil 4.9 Yapım aşamasında çelik halatlar ve makaslar arasına gerilen ilk membran parçası (Setterfield, 2012)



Şekil 4.10 Yapım aşamasından fotoğraflar (Setterfield, 2012)

4.1.2 Bao'an Stadyumu

Tablo 4. 2 Bao'an Stadyumu genel bilgiler

Yapım Yılı	2011
Yeri	Shenzen, Çin
Mimarı	Meinhard von Gerkan, Stephan Schütz ve David Schenke
Mühendis	Schlaich bergemann&partner-Sven Plieninger, Wei Chen
İşlev	Atlezim Stadyumu
Örtülen Alan	60.000m ²
Kullanılan Membran Tipi	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik hatalar, merkezde basınç çemberi, dikmeler

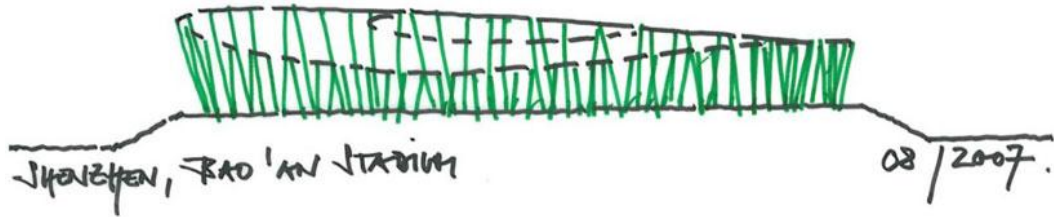


Şekil 4.11 Bao'an stadymu (Grieco, 2012)

Genel Bilgiler: Bao'an Stadyumu 2011 yılında Dünya'nın en büyük spor etkinliklerinden biri olan Universiade için Çin'de yapılmıştır. Kentin Bao'an bölgesindeki, etkinlikler boyunca futbol maçları için kullanılmıştır.

40.000 kişi kapasiteli atletizm stadı, tasarımı 2007 yılında yapılan bir mimari yarışma sonucunda birinci olarak seçilmiştir. Yapının uygulanmasına ise 2009 yılında başlanmıştır.

Mimari Özellikleri: Tasarımında Güney Çin'e özü geniş bambu ormanlarından esinlenilmiştir. Bambu konseptinin iki işlevi vardır. Birincisi bölgenin kimliği yansıtması, ikincisi ise stadyumun tribünleri ve geniş çatı strüktürü için taşıyıcı görev üstlenmesidir. Bambu ormanının doğal görünümü, ince uzun dikmelerin gölgeler arasındaki ışık ve gölge oyunları ile strüktürde büyük ölçekli ve soyut bir biçimde yorumlanmıştır (Grieco, 2012).



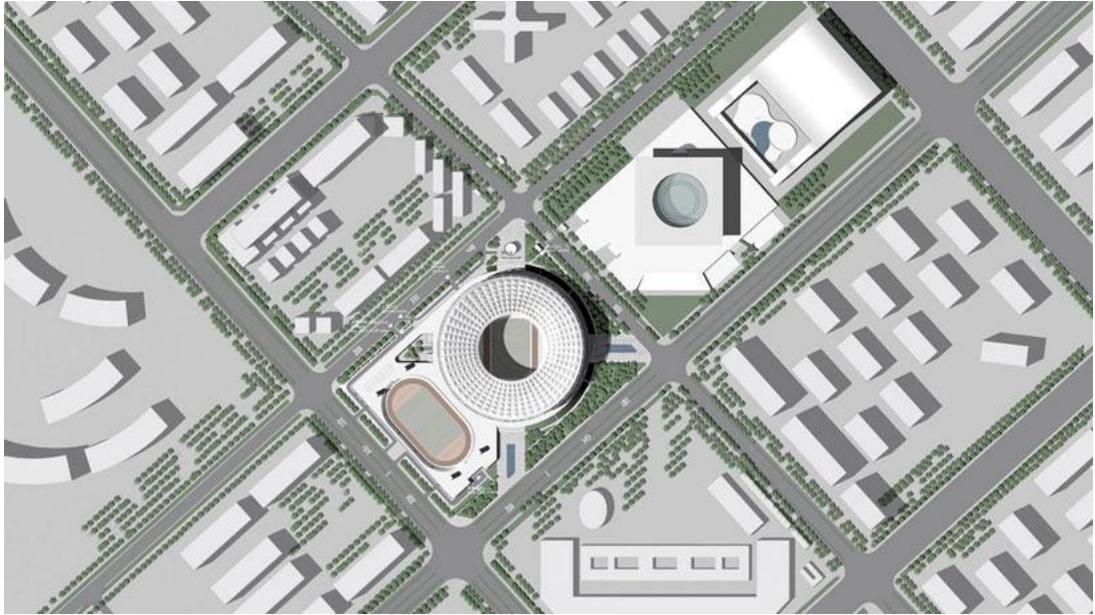
Şekil 4.12 Tasarım aşamasından bir eskiz (Grieco, 2012)

Engibeli üst tribünde sahanın uzun kenarı boyunca koltuk sayısı artarken kısa kenarda azalmaktadır. Bu durum yapının sahip olduğu formu oluşturmuştur.

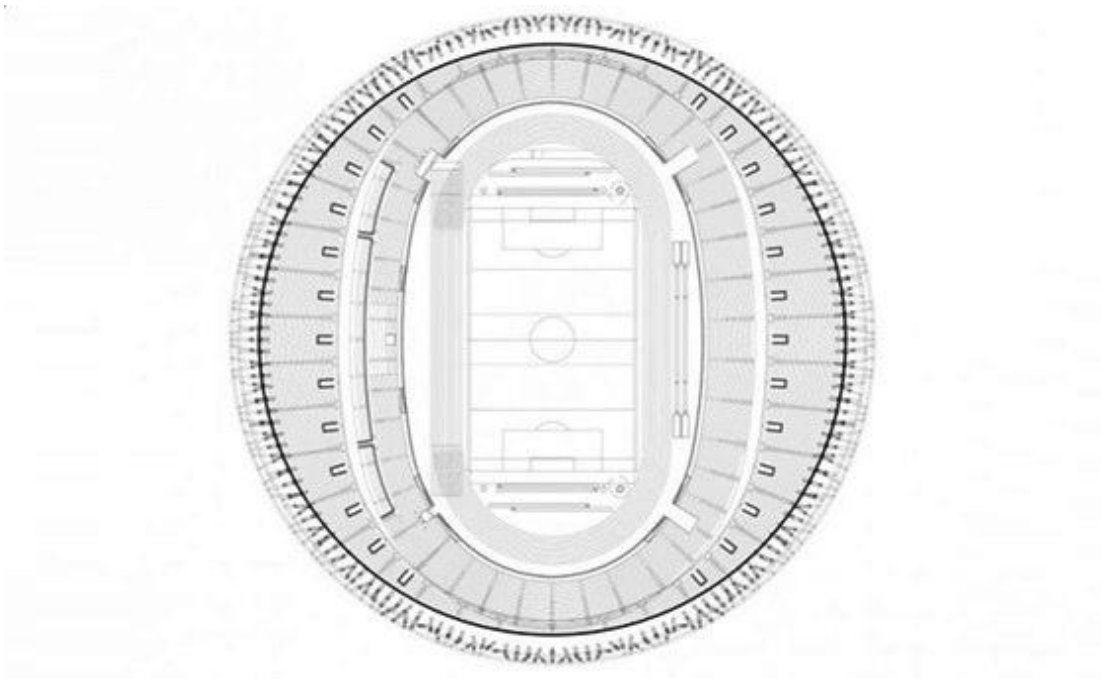


Şekil 4.13 Stadyumun gece görünümü (Grieco, 2012)

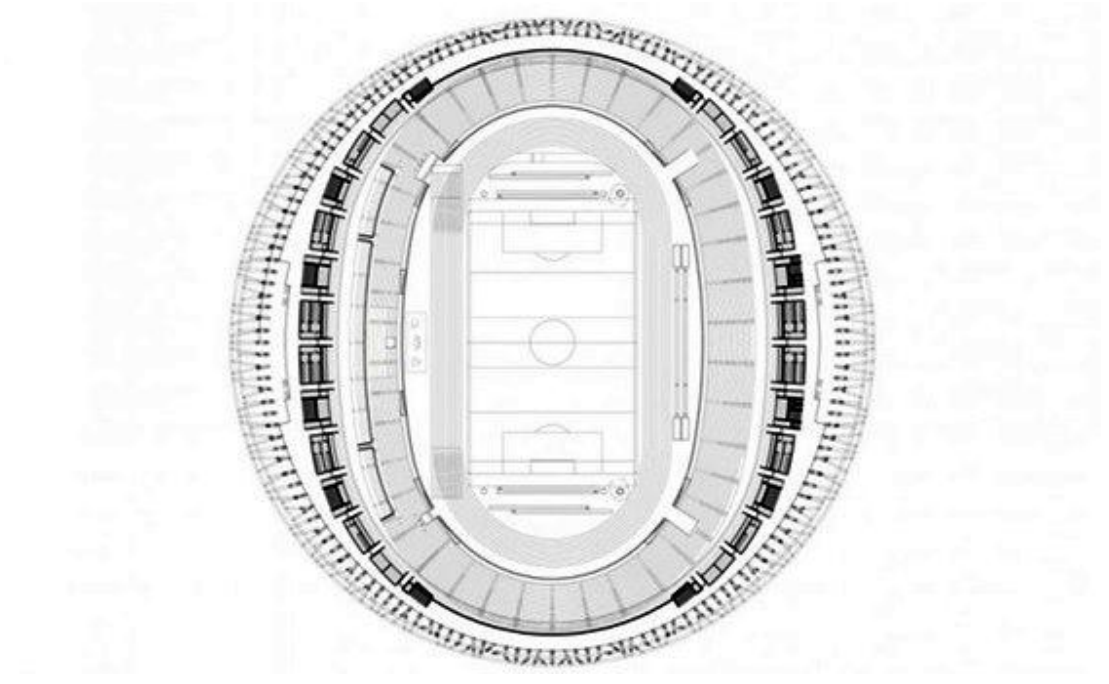
Stadyuma giriş, dolaşım alanına girmeden önce çelik dikmelerden oluşan bambu ormandan geçilerek tribünlere ulaşılmaktadır.



Şekil 4.14 Vaziyet planı (Gmp Arhitekten, 2011)

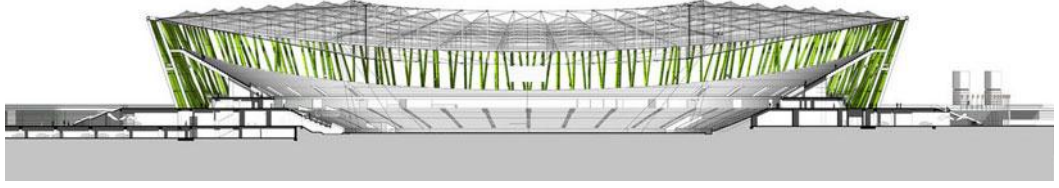


Şekil 4.15 Zemin kat planı(Gmp Arhitekten, 2011)



Şekil 4.16 1.kat planı(Gmp Arhitekten, 2011)

Stadyumun eni 245,80 m, boyu 245,80 ve en yüksek noktası 39,65 m ‘dir.



Şekil 4.17 Bao'an stadyumu kesit (Gmp Arhitekten, 2011)

Yapım Özellikleri: Bambu ormanını oluşturan çelik dikmelerden iç sıradakini oluşturanlar engebeli beton strüktüre bağlı olup üst tribünleri taşımaktadırlar. Yine bu bambu ormanı içinde olan ve çatı örtüsünü oluşturan membran strüktür tamamıyla beton strüktürden ayrı olarak çalışmaktadır.



Şekil 4.18 Bao'an merkezdeki basınç çemberinin detayını gösteren fotoğraf (Grieco, 2012)

Yükseklikleri 32 m'yi aşan çelik dikmeler taşıdıkları yüklerin farklılığından ötürü farklı çap ve ağırlıktadırlar. Taşıyıcıların çapları 550 mm ve 800 mm arasında değişmektedir.



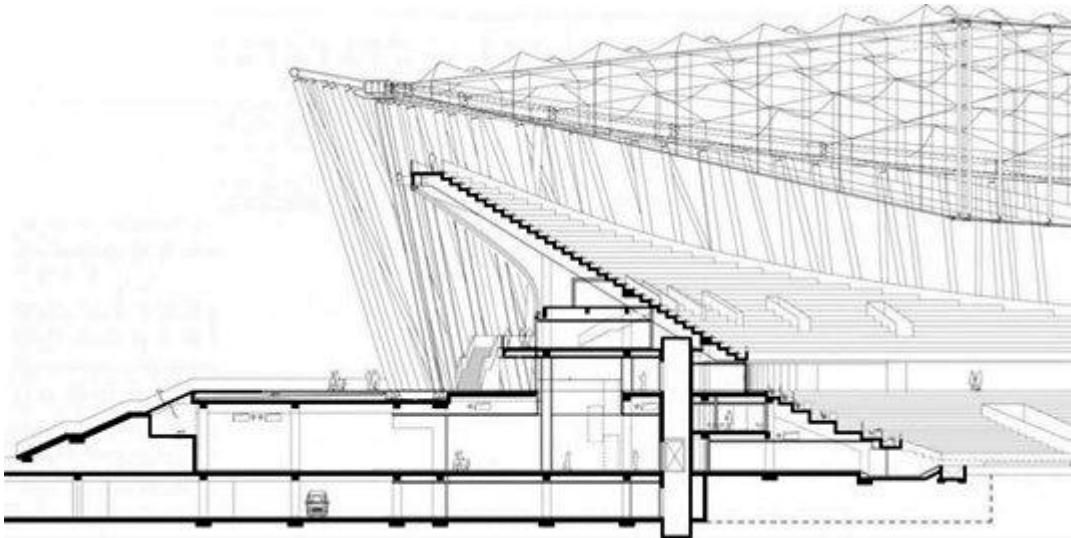
Şekil 4.19 Bambu çelik dikmeler ve strüktüre bağlantı detayını gösteren fotoğraf (Grieco, 2012)



Şekil 4.20 Farklı yükseklik ve çaptaki bambu çelik dikmeler (Gmp Arhitekten,2014)

Stadyumun çatısının tasarımında ise daha sürdürülebilir bir yapı inşa etmek üzere, malzeme kullanımında verimliliğe özellikle önem verilmiştir. Bu doğruda hafif bir strüktür örneği olan membran sistem tercih edilmiştir. Bu sayede bu kadar geniş bir açıklığın kapatılmasında en az malzeme kullanılmıştır.

230 m çapında ve her iki tarafta tribünleri örten 54 m konsola sahip ve çevresi 600 m uzunluğunda olan membran çatı strüktürü, sahanın üzerinde dairesel çift gerilimli kablolar tarafından ön gerilimi sağlanan 36 çift kablo ile taşınmaktadır. Farklı yükseklikte yer alan gerilim halkaları birbirlerine, 18 m yükseklikte uçan payandalar ile bağlanmaktadır.



Şekil 4.21 Bao'an tribün detay kesiti (Gmp Arhitekten,2014)

4.1.3 Bigo (Eski Liman Cenova)

Tablo 4.3 Bigo genel bilgiler

Yapım Yılı	1992
Yeri	Cenova, İtalya
Mimarı	Renzo Piano
Mühendis	Arup
İşlev	Çok Amaçlı Aktivite Alanı
Örtülen Alan	1800 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik hatalar, kemerler ve pylonlar

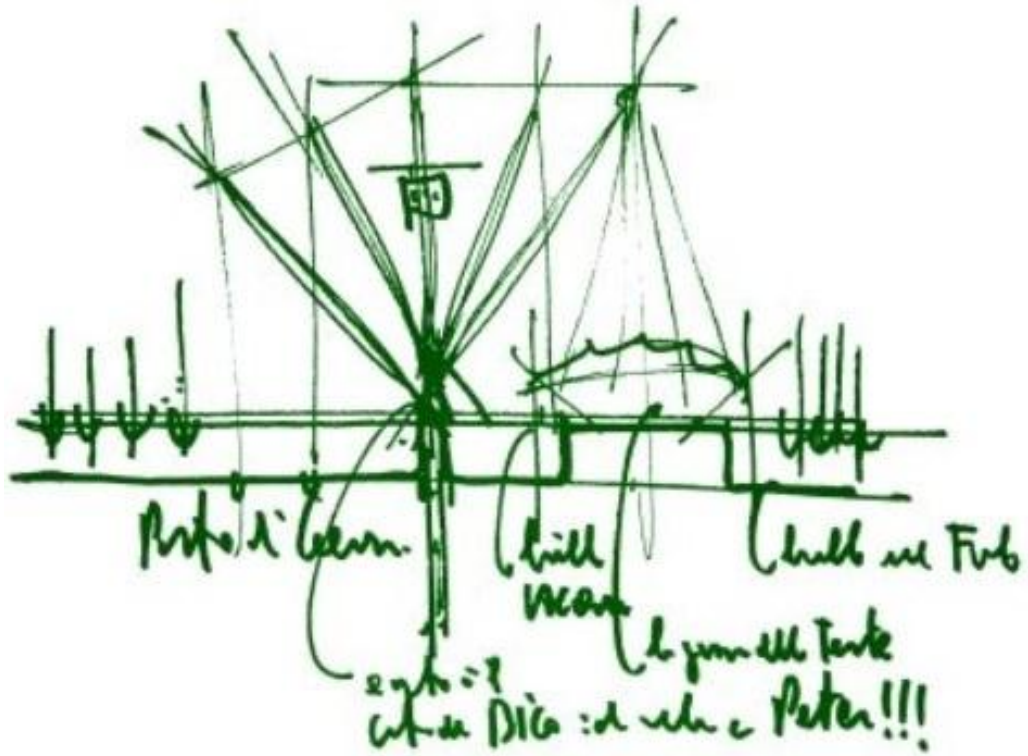


Şekil 4.22 Bigo' 92 (Paola, 2009)

Genel Bilgiler: 1980'lerin sonunda Cenova Belediyesi Cristof Colomb 'un Amerika'yı keşfinin 500. Yıl dönümü kutlamaları çerçevesinde limanda bulunan birçok tarihi yapının restorasyonu ve yeni bir proje olan Bigo'nun inşasına karar verilmiştir.

Bigo, kışın buz pisti yazın ise konser alanı olarak kullanılmaktadır. İtalyan mimar Renzo Piano tarafından tasarlanmıştır ve yapımı 1992 yılında tamamlanmıştır. Eski Liman, Bigo ve restorasyonu tamamlanan birçok yapı sayesinde kamuya açık bir alan haline gelmiştir.

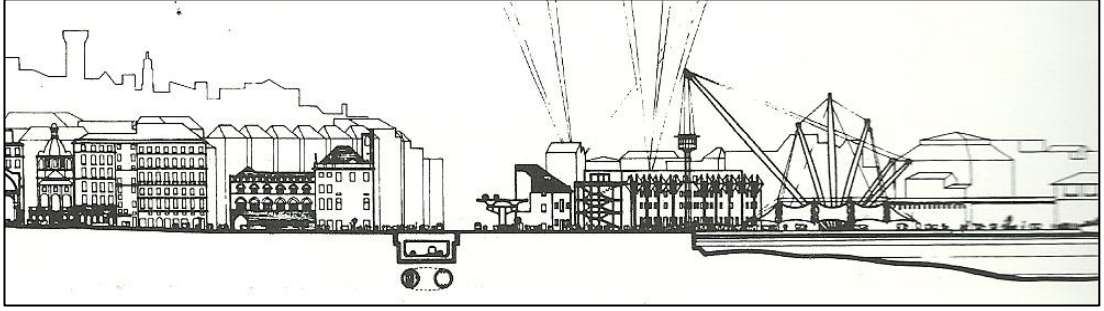
Mimari Özellikleri: Eski bir Cenovalı kelimesi olan "Bigo" gemi vinci anlamına gelmektedir. Yapının tasarımı sekiz dev pilonu ile bir vinci andırmaktadır. PTFE membran örtü, kablolar tarafından çelik kemerler asılmıştır (Gmp Arhitekten, 2014).



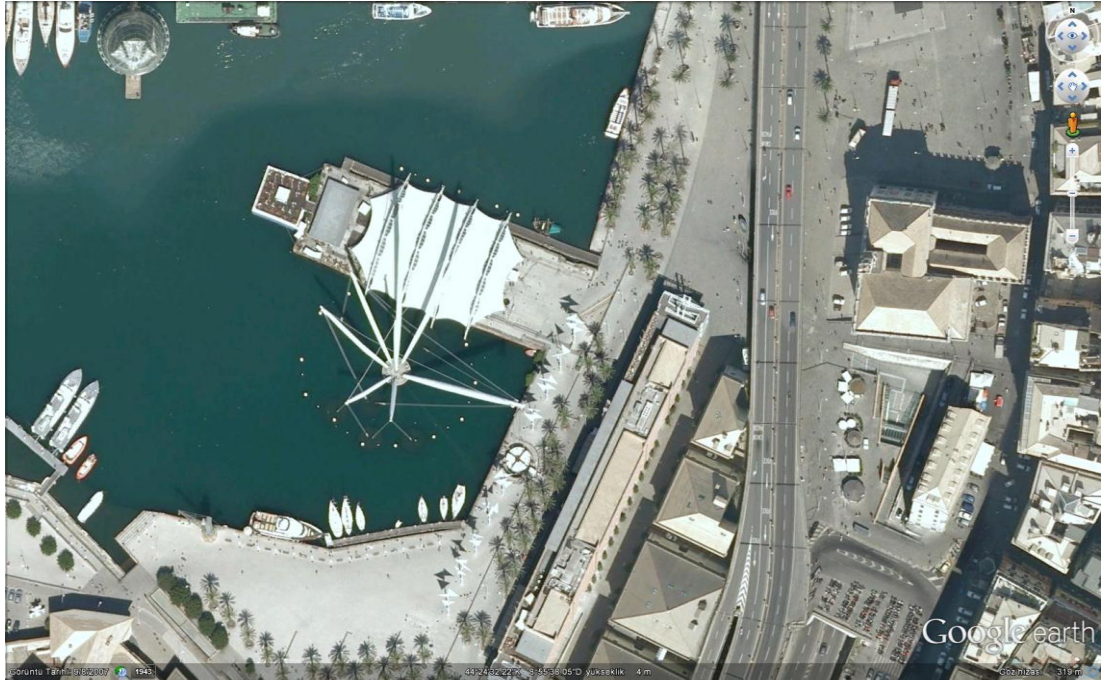
Şekil 4.23 Tasarım aşamasından bir eskiz çalışması (Paola, 2009)

Liman girişindeki “The Wind of Columbs” yani Columb’un Rüzgarı adındaki Susumu Shingu tarafından PTFE kullanılarak yapılan, 9 kinetik heykel ise asma-germe yapı ile bir bütünlük oluşturmaktadır.

Membran kanopinin uzunluğu 60 m, genişliği ise 40 m’dir. 8 pilyondan 2’si kanopiye taşımaktadır.



Şekil 4.24 Cenova Liman’ı ve çevresi kesiti (Lampugnani, 1995)



Şekil 4.25 Vaziyet planı

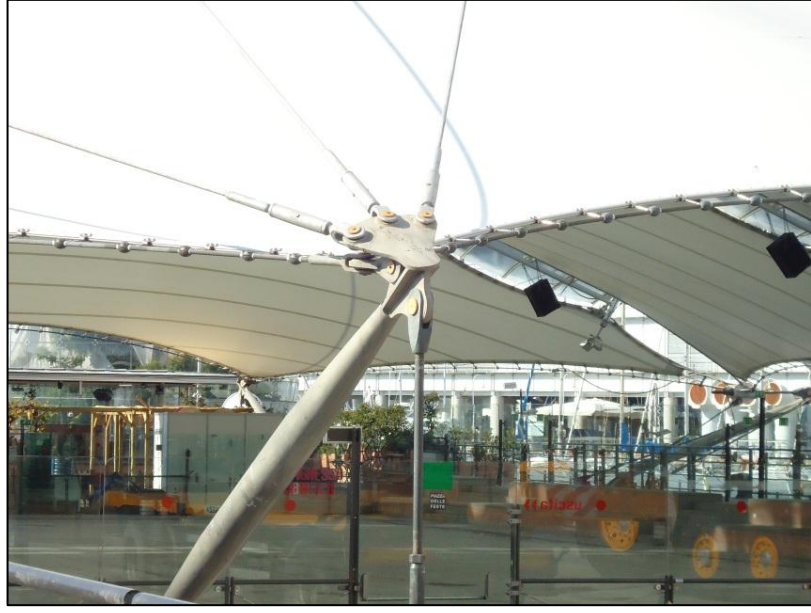
Strüktürü oluşturan birimlerden biri de ziyarete gelenler için Cenova manzarasının panoramik bir şekilde görünümünü sağlayan dairesel formdaki asansör pilonlardan birinin üzerinde bulunan makara sayesinde yukarı-aşağıya çelik halatlar yardımı ile hareket etmektedir.

Yapım Özellikleri: Mafsallı pylonlar deniz içerisinde oluşturulan adacık görünümünde bir platformun üzerinde bulunmaktadır. Membran sistemi taşıyan iki pilyondan her biri 48 m yüksekliğindedir.



Şekil 4.26 Deniz üzerinde oluşturulan betonarme platform (Özat, 2012)

Yapının taşıyıcı sistemi esas, 4 çelik kemerin her birinin 8 noktadan kablolar ile 2 dev pilyona asılması temelini dışında, strüktürün dengede olmasını sağlayan destekleyici elemanların varlığı söz konusudur.



Şekil 4.27 Çelik halatlar ve dikmenin birleşim detayı (Özat, 2012)

Sistemde bu dikmelerden 10 tane bulunmaktadır. Kemerlerin merkez noktasının uzantısında bulunan gözler cam yüzeyler ile kaplanmıştır ve kenar kabloları yardımı ile membran örtüye bağlanarak membranın gerilimi sağlanmıştır. Cam kaplı gözler 4 eşit parçaya bölünerek çelik kemerlere 6 noktadan asılmaktadırlar.



Şekil 4.28 Pilonlar görünüş (Özat, 2012)

4.1.4 Şangay Expo 2010

Tablo 4.4 Şangay Expo 2010 genel bilgiler

Yapım Yılı	2010
Yeri	Şangay, Çin
Mimarı	SBA GmbH Shanghai/Stuttgart
Mühendis	Knippers Helbig Advanced Engineering
İşlev	Expo Yapı
Örtülen Alan	65 000 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Basınç çemberi ve çelik dikmeler



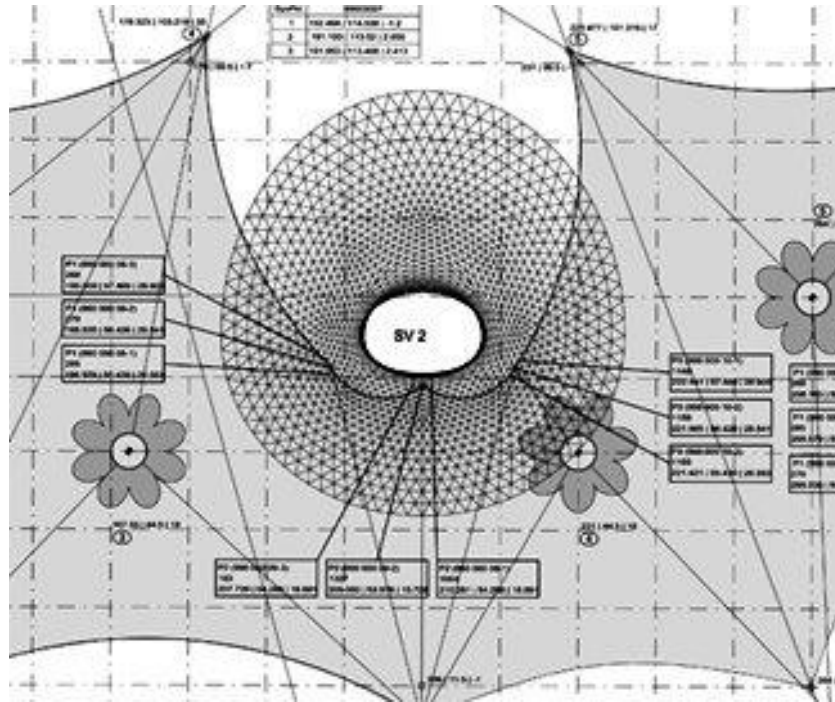
Şekil 4.29 Şangay expo görünüm (Helbig,2010)

Genel Özellikler: Şangay Expo 2010 için tasarlanmış görkemli strüktür diğer pavyonlara geçişi sağlayan giriş kısmını tanımlamaktadır. Yapı, dev bir giriş holünü andırmaktadır.

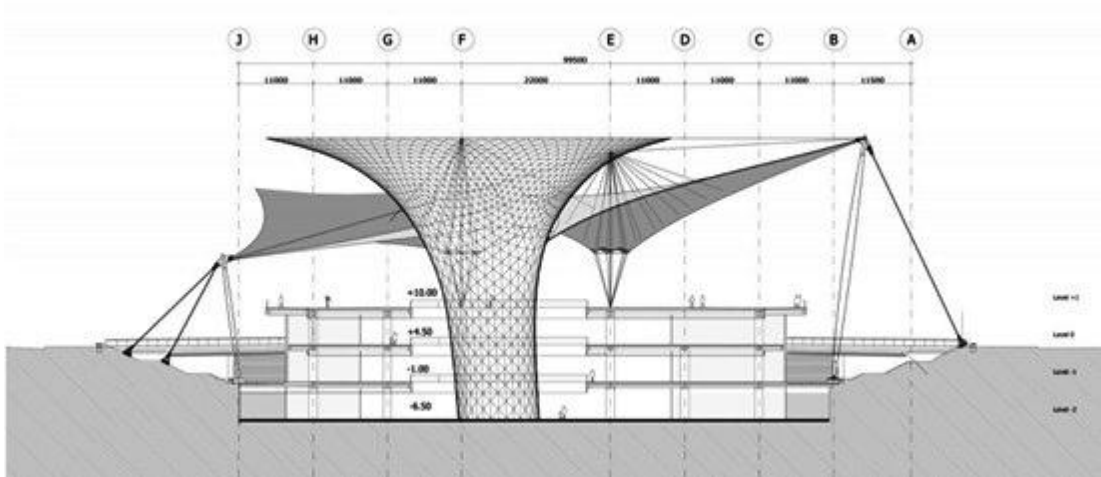
Şangay’ın yeni kentleşme sürecindeki önemli beş yapıdan biridir. Yapı, inovatif kent konsepti düşüncesi kapsamında “Daha iyi şehir, daha iyi yaşam” teması ile Huanghu Nehri güneyinde konumlandırılmıştır.

Mimari tasarımı, SBA GmbH firması ve Knippers Helbig Advanced Engineering ise yüklenici firmasıdır. Mimarlık ve mühendisliğin ortak çalışma ürününün en güzel örneklerinden biri olduğu düşünülmektedir. Tasarımı kentsel çevre planlaması açısından da değer taşımaktadır. SBA GmbH firması bu yönlü bir yapı tasarladığı için mimari tasarım yarışmasında bu dalda bir ödül almaya hak kazanmıştır.

Mimari Özellikleri: Tasarım konsepti itibari ile gişe, güvenlik, restoranlar, mağazalar ve merkezi noktalar ile gerekli olan tüm tesislerin bulunduğu diğer bir anlamda ise tüm ihtiyacı karşılamak düşüncesi ile kompakt bir yapı oluşturulmuştur. Yapının 1/3’lük bir kısmı sıfır kotu üzerinde kalan görünen kısımdır.

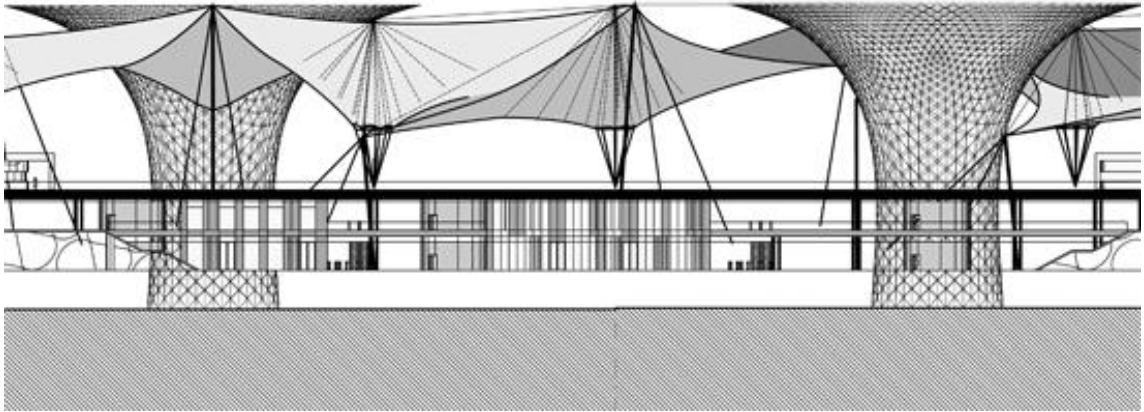


Şekil 4.30 Şangay expo plan (Fiona, 2010)



Şekil 4.31 Şangay expo 2010 kesit (Fiona, 2010)

Ters şemsiye formundaki 6 üç boyutlu cam kabuk strüktür ve onları birbirine bağlayan membran örtü strüktüründen oluşan yapının tamamı 350 000 m² alana sahiptir. 65 000 m²'lik kısmı ise membran strüktür ile kapatılmıştır. Yapı, 100 m açıklığa sahiptir ve 1 km boyundadır. Geniş açıklık geçilirken malzemeden tasarruf edilmiştir (Fiona, 2010).



Şekil 4.32 Şangay expo 2010 görünüş çizimi (Fiona, 2010)

Membran örtü ve merkezil 6 mega cam kabuk strüktür sayesinde yapının bodrum katları dahil olmak üzere gün ışığından maksimum seviyede yararlanılmaktadır. Bu üç boyutlu cam kabuk strüktürlere ‘Sun Valley’ (Güneş Vadisi) adı verilmiştir.



Şekil 4.33 Yapının uydu üzerinden görünümü

Yapım Özellikleri: Membran örtüyü destekleyen sistemde içte 19 dışta 31 dikme mevcuttur. Yapı, 45 m yüksekliğindedir. Yapıyı oluşturan 3 boyutlu cam kabuk strüktürü 10000 birleşim noktasına sahiptir ve her bir birleşim noktası farklı açılarda birleşmektedir (Basel, 2011).

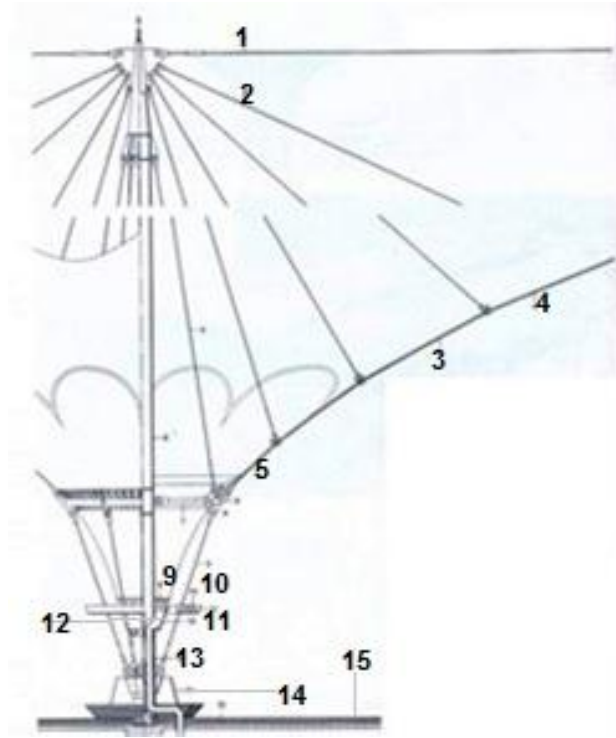


Şekil 4.34 Cam kabuk ve membran örtü birleşim detayı (Fiona, 2010)

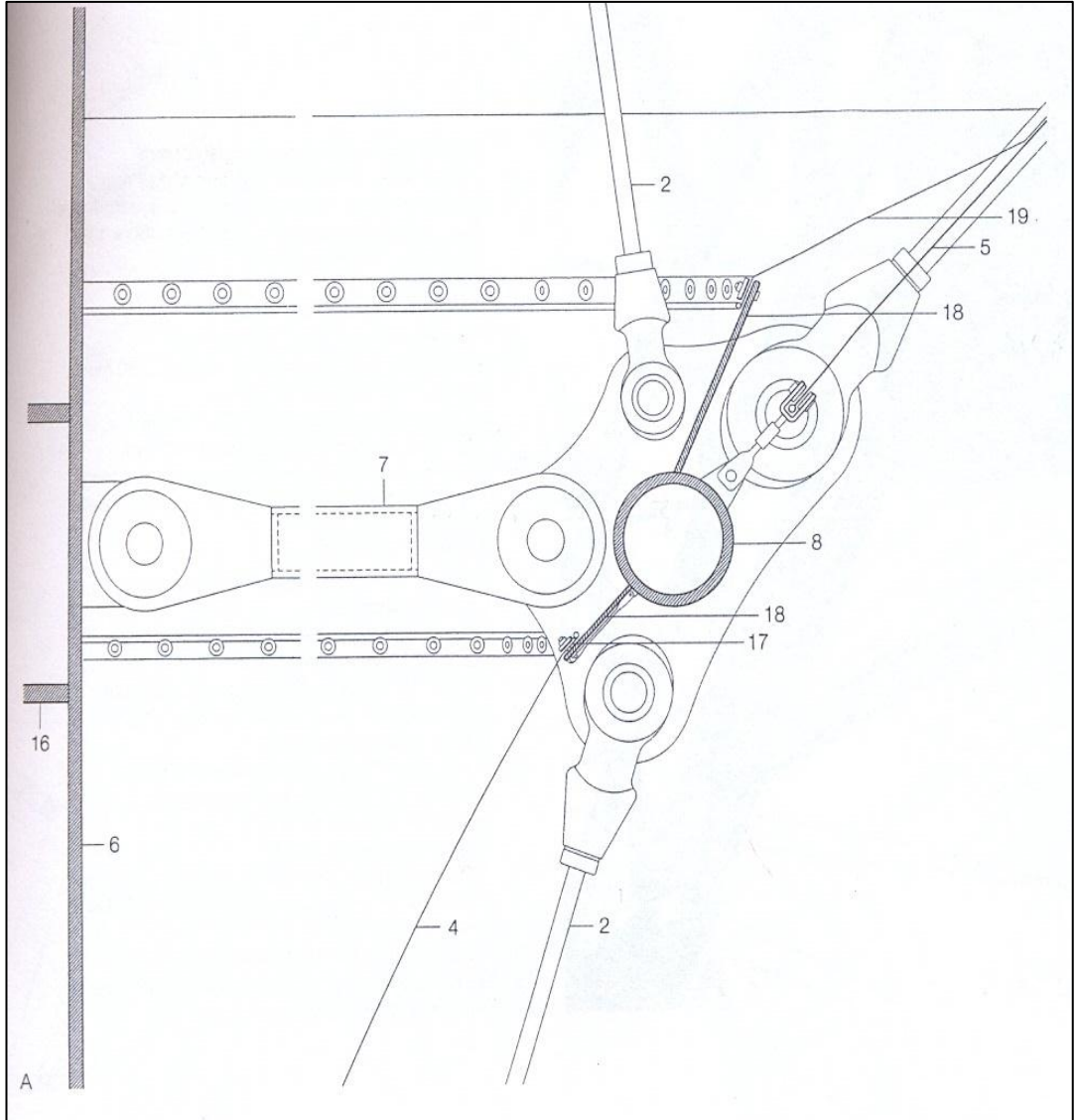
Membran strüktür oluşumunda 100 000 m² PTFE kaplı cam elyaf esaslı membran kullanılmıştır. Strüktürün taşıyıcı sistem kurgusu incelendiğinde merkezde bulunan dikmeler ve membranın basınç ve gerilimini sağlayan çekme çemberi ile strüktürü dıştan destekleyen dikmeler bulunmaktadır.



Şekil 4.35 Şangay expo 2010 yapım aşamasından görünüm (Fiona, 2010)



Şekil 4.36 Şangay expo asılma kablosu ve merkezil dikme ankraj detayı (Basel,2011)

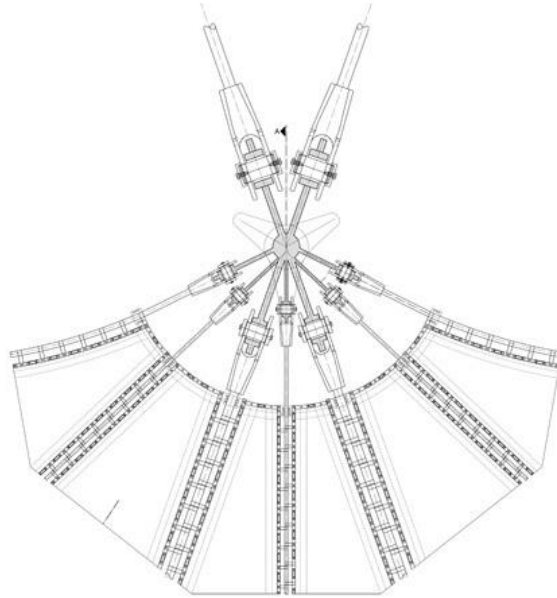


Şekil 4.37 Şangay expo ana strüktüre bağlantı detayı (Basel, 2011)

Şekil 4.36 ve şekil 4.37’da numara ile gösterilmiş nokta detaylarına ait açıklamalar aşağıdaki gibidir.

1. İç dikme ile dış dikme arasındaki çelik kablo $\varnothing$ 50 mm
2. İstinat kablosu $\varnothing$ 50 mm
3. Rüzgâr yüküne karşı destekleyici kablo $\varnothing$ 80 mm
4. PTFE kablo 1,1 mm
5. PTFE kablo 1,1 mm
6. Galvaniz kaplı çelik dairesel içi boş boru $\varnothing$ 750 x 35 mm
7. Galvaniz kaplı çelik dairesel içi boş boru $\varnothing$ 159x 16 mm
8. Galvaniz kaplı dairesel çelik basınç çemberi $\varnothing$ 299 x 25 mm

9. Galvaniz kaplı çelik plaka, 10 mm
10. Led aydınlatma, 45 W
11. Galvaniz kaplı çelik plaka, 8mm
12. Yağmur suyu toplama hunisi, galvaniz kaplı çelik 30 mm
13. Yağmur suyu, iniş borusu, galvaniz kaplı çelik $\varnothing$ 200 mm
14. Betonarme platform
15. Döşeme
16. Galvaniz kaplı çelik güçlendirici, 10 mm
17. Membran birleşim elemanı 50 x 12 mm
18. Galvaniz kaplı çelik plaka
19. Ana membran örtüye kaynaklı parça membran



Şekil 4.38 Şangay expo köşe plaka detayı (Basel,2011)

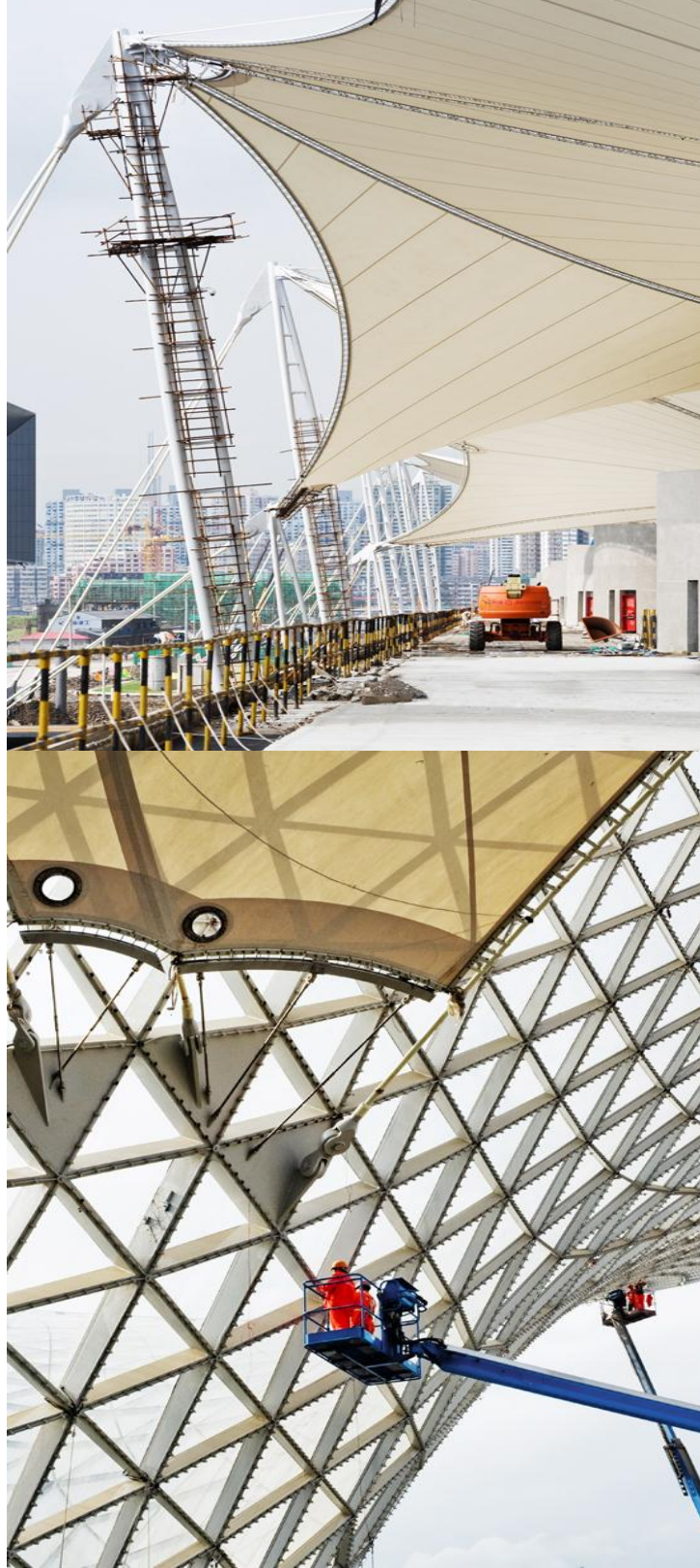
Merkezil dikmeler, güçlü bir rüzgârda meydana gelebilecek olan deformasyonu minimize etmektedirler. Yapı, asılma kablosu adı ile bilinen dokuz ana kablo birleşimine sahiptir. Asılma kablolar dikmelere mafsallı bir şekilde bağlanmaktadır.



Şekil 4.39 Şangay expo asılma kabloları detayı (Basel,2011)

Yapını formu itibari ile yağmur ve kar sularının tahliye edilmesi amacı ile her bir cam kabuk stüktürün ve membran stüktürü taşıyan merkezli dikmelerin içerisinde ayrıca drenaj hattı yapılmıştır. Ayrıca toplanan yağmur suyu sürdürülebilirlik mantığı ile geri dönüşümde tekrar kullanılabilir.

Şangay Expo 2010 yapısını genel olarak değerlendirdiğimiz de üç boyutlu cam kabuk stüktür yapısının ve membran stüktürün form ve statik açıdan uyumu ve bu tekniğin günümüzdeki uygulanabildiği son nokta olarak adlandırabiliriz.



Şekil 4.40 Şangay expo yapım sürecinden fotoğraflar (Basel,2011)

4.1.5 Old Spinning Mill

Tablo 4. 5 Old Spinning Mill genel bilgiler

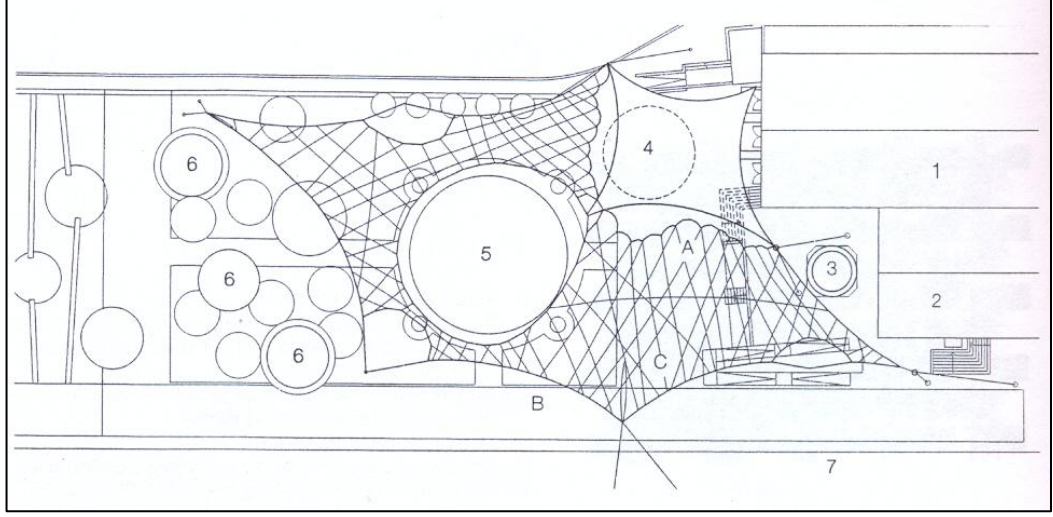
Yapım Yılı	2010
Yeri	Kolbermoor, Almanya
Mimarı	Behnisch Architekten
Mühendis	Knippers Helbig Advanced Engineering
İşlev	Çok amaçlı yarı açık alan
Örtülen Alan	2.700 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Ahşap dikmeler ve membran şerit ağ



Şekil 4.41 Old spinning mill görünüm (Glander, 2011)

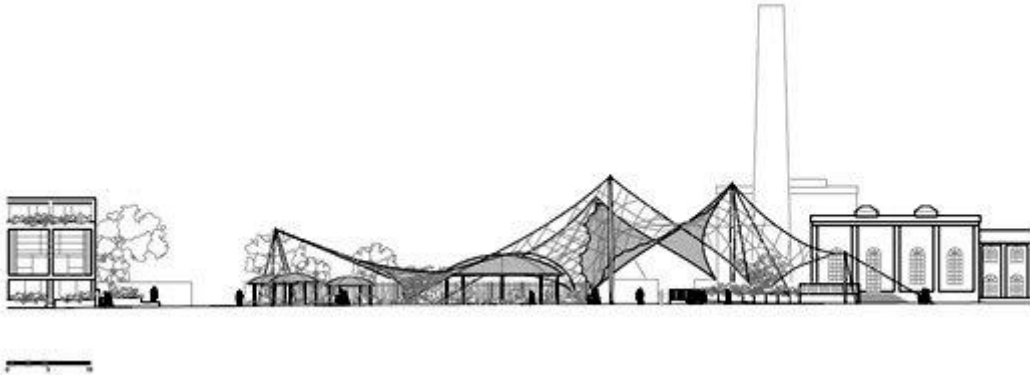
Genel Bilgiler: Yapı, Almanya'nın Kolbermoor kentinde 19. Yüzyılın yarılarında pamuk dokuma fabrikası olarak kurulmuştur. Açık alanları, çok amaçlı yarı açık alanlar olarak değerlendirmek amacı ile membran sistem yapı uygulaması kullanılmaya karar verilmiştir. Böylelikle sergi, konser ve etkinliklerin yapılabileceği bir alan oluşturulmuştur.

Mimari Özellikleri: Kompleksin arazi üzerindeki konumlandırılması incelendiğinde, membran sistemin vaziyet planı üzerinden merkezde olduğu anlaşılmaktadır.

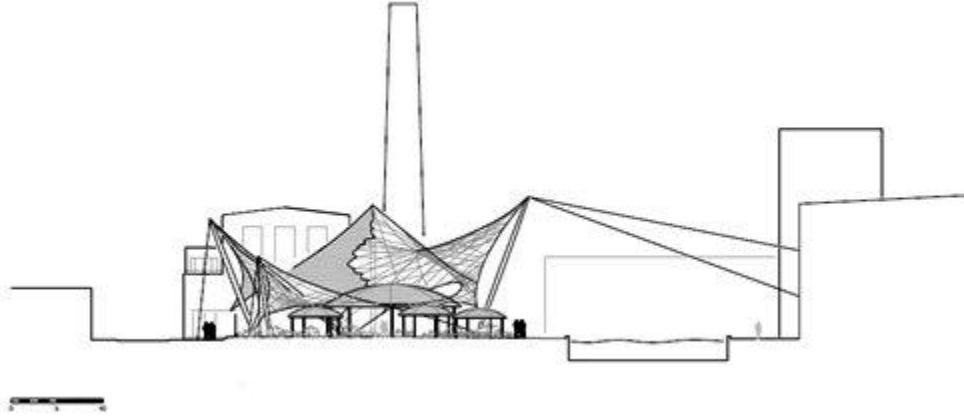


Şekil 4.42 Old spinning mill vaziyet planı (Basel, 2011)

Şekil 4.42 üzerinde numaralar ile gösterilen yapılar; 1. Kazan dairesi 2. Kafeterya 3. Baca 4. Etkinlik Alanı 5. Pagoda 6. Geçici pagoda 7. Kanal 'dır. Membran örtü 2.700 m²'lik bir alanı örtmektedir.



Şekil 4.43 Old spinning mill güney cephesi çizmi (Behnisch, 2010)



Şekil 4.44 Old spinning mill batı cephesi çizmi (Behnisch, 2010)



Şekil 4.45 Old spinning mill genel görünüm (Glander, 2011)

Membran sistemin yapımı ile fabrikanın çehresi değişmiş, sosyal bir mekân hissi oluşturulmuştur. Açık alan tanımlanmış, kullanılan sistem ile birçok olumsuz hava koşulunda bile dışarı etkinlik yapabilme durumu sağlanmıştır. Az malzeme ile estetik ve ekonomik bir çözüm yaratılmıştır.



Şekil 4.46 Old spinning mill batı cephesi görünümü (Glander, 2011)

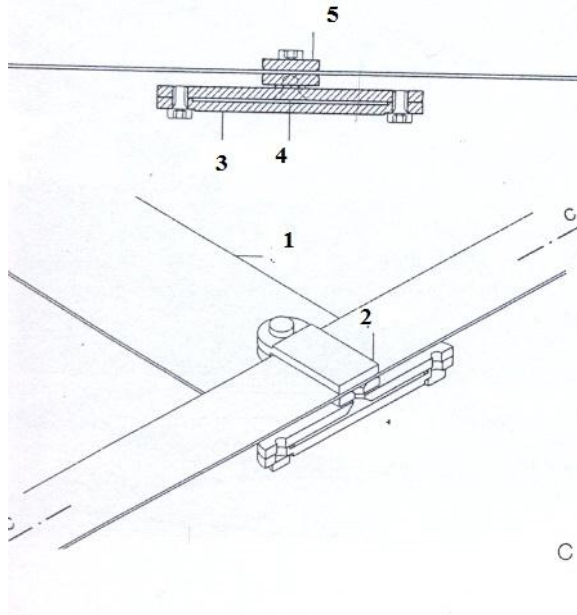
Membranlar, şeritler halinde kesilerek, ana membran örtü ile birleştirilmiştir. Bu şeritlerin enleri 10 cm, boyları ise 40 m uzunluğa kadar ulaşmaktadır. Şeritler, çelik kablolarla paslanmaz çelik kelepçelere bağlanmaktadır. Kelepçeler, bu proje için özel olarak üretilmiştir (Şekil 4.46).

Her bir pilon tutkal tabakalı ahşaptan üretilmiştir. Pilonlar, yükün bağlantı noktalarından zemine aktarılmasını sağlamaktadırlar. Yağmur suyu, sistemdeki, iki alçak dikme ile bahçeye ve membran ile oluşturulan bir cep ile binaya ait yağmur iniş borusuna aktarılmaktadır (Basel, 2011).



Şekil 4.47 Çelik kabloya bağlanan kelepçe detayı (Glander, 2011)

Çelik kabloların bir kısmı kanalın diğer tarafında bulunan binalara ankre edilmiştir.



Şekil 4.48 Membran halat kelepçe detayı (Basel,2011)

Şekil 4.48 'de gösterilen 1.PTFE kapı cam elyaf esaslı 0.7 mm kanlığındaki membran, 2. , 3., 5Membran kelepçe 140 x30 x 4 mm ve 140 x 30 x 6 mm boyutlarındaki profil levhalar 4. Merkez altıgen cıvata

4.1.6 50. Yıl Buz Pisti

Tablo 4.6 50. Yıl Buz Pisti genel bilgiler

Yapım Yılı	2009
Yeri	Ankara, Türkiye
Mimarı	Fabricart Yapı
Mühendis	Atak İnşaat Ltd. Şti.
İşlev	Buz Pisti Üst Örtüsü
Örtülen Alan	576 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PVDF kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik kemerler ve dikmeler



Şekil 4.49 50. yıl buz pisti (Erdoğan, 2009)

Genel Bilgiler: 50. Yıl Parkı, Ankara'da Cebeci Ertuğrul Gazi Mahallesi sırtlarındaki tepede yer almaktadır. 1937 yılında Cumhuriyetin 50. Yılı nedeniyle açılmış olan Park 135 bin m² bir alana yayılmıştır.

Çocuk oyun alanları, lunaparklar, çeşmeler ve buz pisti gibi birçok aktivite alanını bünyesinde barındırmaktadır. 2009 yılında yapımı tamamlanarak kullanıma açılmıştır.

Mimari Özellikleri: Olumsuz hava koşullarından etkilenmeden pistin kullanımı için üst örtü tasarlanmıştır. Membranın formu kemerler destekleri ile oluşturulmuştur. 14 m genişliğindeki yapı 32 m boyundadır. Membran 576 m²'lik bir alan örtmektedir.

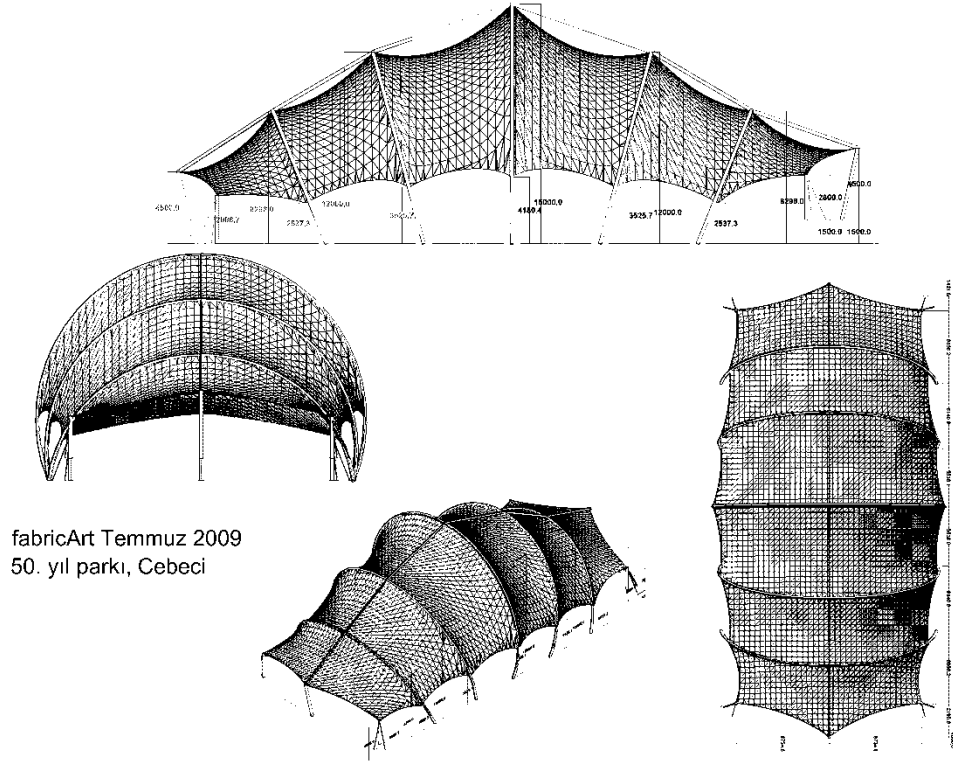
Yapım Özellikleri: Buz pisti üst örtüsü olarak tasarlanmıştır. Strüktür 5 çelik kemer ve 4 dikmeden oluşmaktadır. Kemerler uzay kafes kirişlerden oluşturulmuşturlar.



Şekil 4.50 50. yıl buz pistinden görünüm (Erdoğan, 2009)

576 m²'lik bir alanı kaplayan üst örtü, en büyük kemer merkezde olmak üzere, merkezde bulunan kemerin sağ ve sol taraflarında 2 kemer ile desteklenmektedir. Merkez kemerin yüksekliği 15 m, ikincil kemerlerin yükseklikleri 12 m ve üçüncül kemerlerin yükseklikleri 8 m'dir.

Sistem yapıyı dıştan destekleyen kemerler ve uç kısımlardaki dikmeler sayesinde ayakta tutabilmektedir. Dikmeler içi dolu çelik borulardan oluşmaktadır. Membran yükü kemerlere ve dikmelere aktararak sistemi dengede tutmaktadır.



Şekil 4.51 50. yıl buz pisti görünüş ve perspektifler (Fabricart, 2010)

Yapıda kullanılan membran malzemesi 1 mm kalınlığındadır ve $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasında membran özelliğini koruyabilir. Membran, 180 cm genişliğinde ki şeritler halinde üretilmiştir. Ayrıca %10 ışık geçirgenliği özelliğine sahiptir. Dış etkilerden korunmak ve membran ömrü uzaması açısından membrana PVDF kaplama yapılmıştır. PVDF malzemesinin örtü üzerindeki kalınlığı 300 microns'tur (Fabricart, 2010)



Şekil 4.52 50. yıl buz pisti detay perspektif (Erdoğan, 2009)



Şekil 4.53 50. yıl buz pisti görünüm (50. yıl buz pisti görünüm, b.t.)

4.1.7 Soyak Mavişehir Çocuk Oyun Alanı Üst Örtüsü

Tablo 4.7 Soyak Mavişehir Çocuk Oyun Alanı Üst Örtüsü genel bilgiler

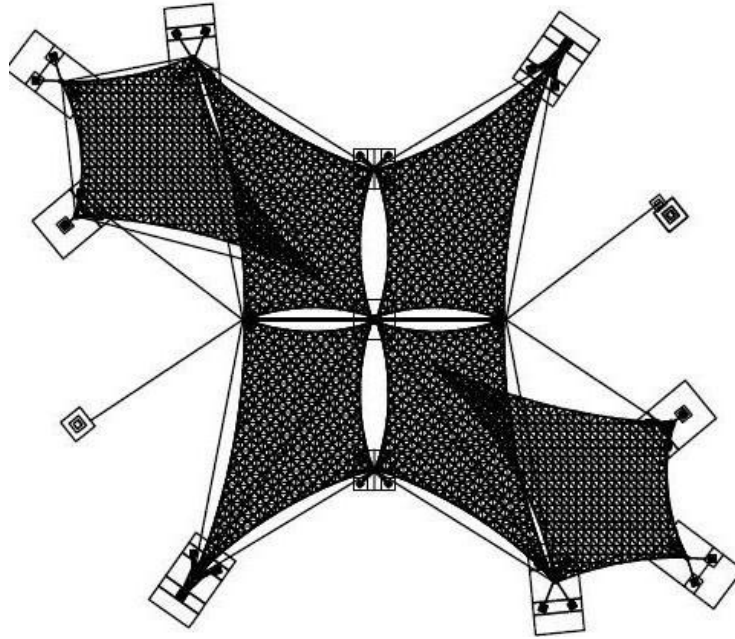
Yapım Yılı	2008
Yeri	İzmir, Türkiye
Mimarı	Tolga Çetin
Mühendis	Mehmet Yılmaz
İşlev	Oyun Alanı Üst Örtüsü
Örtülen Alan	1107 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PVDF kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik dikmeler



Şekil 4.54 Mavişehir soyak çocuk oyun alanı(Tensaform,2010)

Genel Özellikleri: Mavişehir Soyak Sitesi'nde bulunan çocuk oyun alanı üst örtüsü olarak tasarlanan yapı 1107 m²'lik bir alanı örtmektedir. İnşaa aşaması Haziran 2008'de başlayarak, yaklaşık bir ay gibi bir sürede Temmuz 2008 'de tamamlanmıştır.

Mimari Özellikleri: Çocuk oyun alanı üst örtüsü olumsuz hava koşullarında da kullanabilmek adına tasarlanmış. Soyak'a ait İzmir Mavişehir'de bulunan bir toplu konut projesinde bulunmaktadır. Daha önce bu alan için başka bir membran örtü sistemi tasarlanmıştı fakat rüzgar yükü hesaplarının hatalı yapılması sonucu sistem yıkılmıştır. Bunun üzerine İTÜ tarafından oluşturulan rapora göre tekrardan yeni bir sistem tasarlanarak, uygulanmıştır. 34.96 m uzunluğunda bir açıklık geçilmektedir. En yüksek kolon 9 m ve en alçak kolon ise 2.50 m yüksekliğindedir. Yapının boyu ise 31.66 m'dir. 1107m²'lik bir alan kapatılmaktadır. Hiperbolik parabolit formu yakalanmaya çalışılmıştır (Tensaform, 2010).

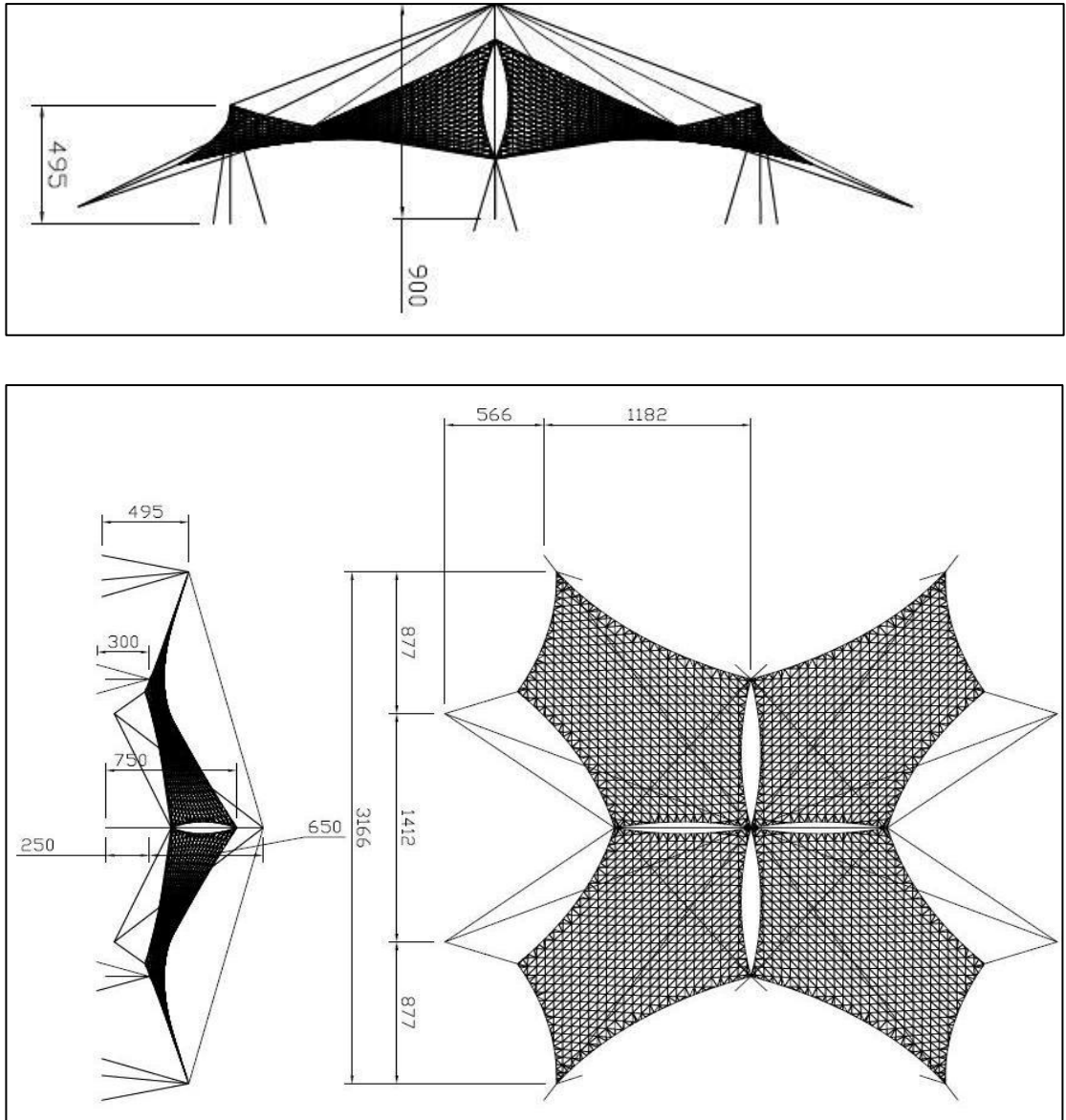


Şekil 4.55 Mavişehir soyak çocuk oyun alanı planı ankraj noktaları gösterimi (Tensaform, 2010)

Yapım Özellikleri: Kullanılan membran malzemesi, 0.78 mm kalınlığında ve %10 ışık geçirimi sağlayan bir yapıdadır. 6 dikdörtgen geometrideki membran örtünün

elik dikmeler ve kablolar ile ters eğrilikli hiperbolik paraboloid formunu alması sağlanmıştır. Elektrostatik galvanizli içi boş elik dikmeler kullanılmıştır.

Membran st örtü merkezde bir pilon, dış kısımda bulunan 8 dikme ve kablolar ile desteklenmektedir. Merkezde bulunan pilona bağlanan kablolar hiperbolik paraboloid geometrisindeki membran st örtülere köşe noktalarından bağlanarak sisteme öngerilme verilmiştir.



şekil 4.56 Mavişehir soyak ocuk oyun alanı plan, kesit ve görünüşleri (Tensaform, 2010)

4.18 Arhavi Gösteri Merkezi

Tablo 4. 8 Arhavi Gösteri Merkezi genel bilgiler

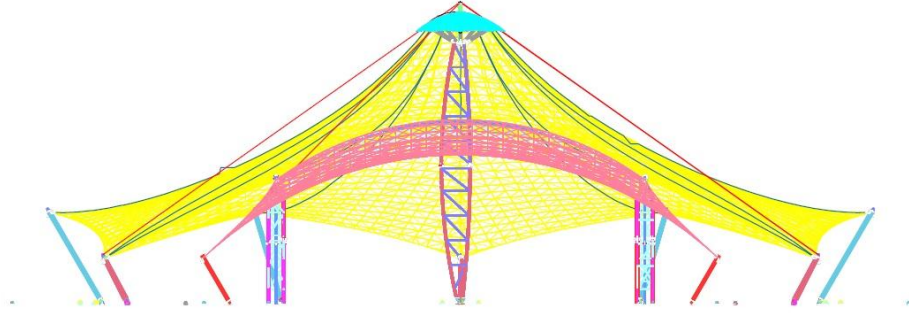
Yapım Yılı	2011
Yeri	Artvin, Türkiye
Mimarı	Fabricart Yapı
Mühendis	Fabricart Yapı
İşlev	Konser Alanı Üst Örtüsü
Örtülen Alan	2605 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PVC kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik dikmeler, basınç çemberi, uzay kafes kolonlar



Şekil 4.57 Arhavi gösteri merkezi (Fabricart, 2013)

Genel Özellikler: Artvin'in Arhavi ilçesinde gösteri ve konser alanı olarak tasarlanmıştır.

Mimari Özellikleri: Yapı, iki farklı formun birleştirilmesinden oluşturulmuş bir kombinasyon örneğidir. Çerçeve destekli sistem ile merkezden pilon destekli sistem birleştirilmiştir ve farklı bir form oluşturulmuştur. Yapının boyu 70 m olup, 55 m açıklık geçilmektedir. 2605 m²'lik bir alan örtülmektedir.



Şekil 4.60 Arhavi gösteri merkezi b-bkesiti (Fabricart, 2013)

Yapım Özellikleri: Sistemde taşıyıcı eleman olarak çelik dikmeler, uzay kafes kolonlar ve merkezil uzay kafes pylon ile çerçeve sistem bulunmaktadır. Merkezil pylon 6 m çapında bir basınç çemberi ile membran örtüye birleştirilmiştir.

Membran örtü 9 dikme ve çelik halatlar ile zemine akre edilmiştir. Dikmelerin 5 tanesi 4 m yükseklikte, 4 tanesi 7 m yüksekliğindedir. Ayrıca sistem diğer kalan iki noktadan 20 m eni ve 24m boyunda uzay kafes sistem ile oluşturulmuş bir çerçeve sisteme dahil olmaktadır (Fabricart, 2012).

Çerçeve sisteme ait kabloları zemine akre eden 2 dikme 3.5 m diğer 2 dikme ise çerçeve sistem ile aynı yükseklikte olup, 7m'dir.



Şekil 4.61 Merkezil pylon destekli kısım (Fabricart, 2013)



Şekil 4.62 Çerçeve destekli kısma ait cephe (Fabricart, 2013)

4.1.9 Stuttgart Gottlieb-Daimler Stadyumu

Tablo 4. 9 Stuttgart gottlieb-daimler stadyumu genel bilgiler

Yapım Yılı	2005
Yeri	Stuttgart, ALMANYA
Mimarı	Arat, Siegel und Partner
Mühendis	Schlaich, Bergermann und Partner SBP GMBH
İşlev	Stadyum
Örtülen Alan	34 000 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PVC kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik dikmeler, çekme çemberi

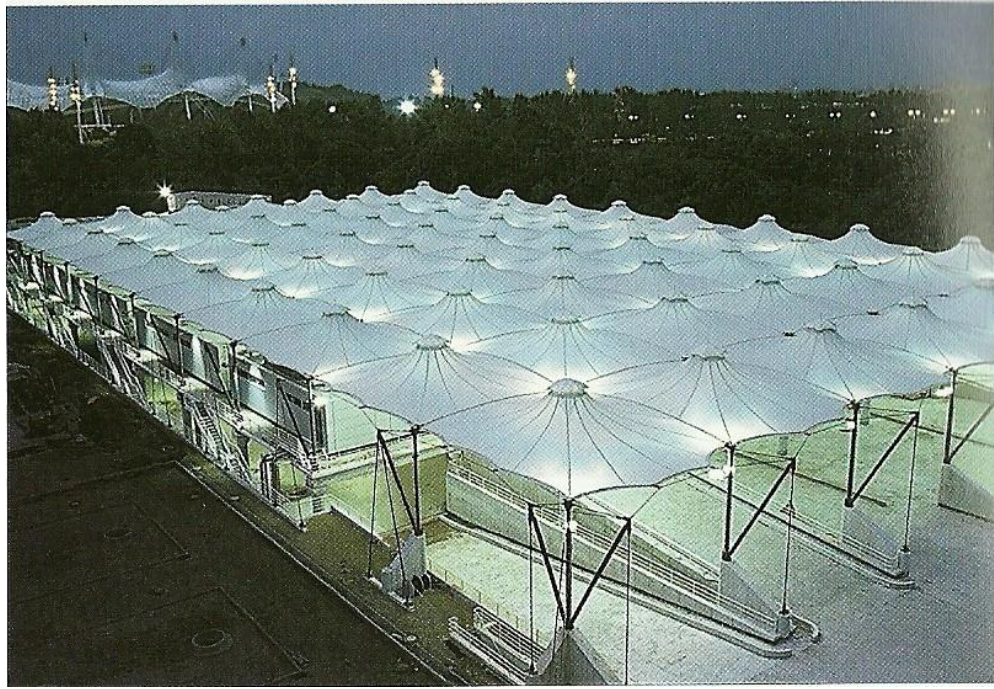


Şekil 4.63 Stuttgart Gottlieb-Daimler stadyumu (Calcio, 2013)

4.1.10 M n h Kamyon Park 

Tablo 4.10 M n h kamyon park  genel bilgiler

Yapım Yılı	2000
Yeri	M�n�h, ALMANYA
Mimar�	Ackermann & Partner
Mühendis	Schlaich, Bergermann und Partner SBP GMBH
�şlev	Kamyon Park Alanı
Örtülen Alan	8 400 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar	�elik dikmeler, çekme çemberi, kare �er�eve modüller



Şekil 4.64 M n h kamyon park alanı (Drew, 2008)

4.1.11 Century Lotus Spor Parkı

Tablo 4. 11 Century lotus spor parkı genel bilgiler

Yapım Yılı	2006
Yeri	Foshan, Çin
Mimarı	GMP Von Gerkan, Marg and Partners
Mühendis	Beinjing N&L Fabric Tec.Co.Ltd.
İşlev	Stadyum
Örtülen Alan	53 420m ²
Kullanılan Membran Tipi	PVC kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik dikmeler, çekme ve basınç çemberi



Şekil 4.65 Century Lotus spor parkı (Liang, 2009)

4.1.12 Skysong Asu

Tablo 4. 12 Skysong asu genel bilgiler

Yapım Yılı	2010
Yeri	Arizona, ABD
Mimarı	FTL Design and Engeneering Studio
Mühendis	FTL Design and Engeneering Studio
İşlev	Sosyal alan
Örtülen Alan	4 645 m ²
Kullanılan Membran Tipi	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik dikmeler, çekme çemberi ve kemerler



Şekil 4.66 Skysong asu (Bruhnke, 2010)

4.1.13 Rosa Park Transit Center

Tablo 4. 13 Rosa park transit center genel bilgiler

Yapım Yılı	2010
Yeri	Detriot, ABD
Mimarı	FTL Design and Engeenring Studio
Mühendis	FTL Design and Engeenring Studio
İşlev	İstasyon
Örtülen Alan	5 945m ²
Kullanılan Membran Tipi	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Çelik dikmeler,çekme çemberi ve kemerler



Şekil 4.67 Rosa park transit center (Ferreira, 2009)

4.1.14 Hakuryu Dome

Tablo 4. 14 Hakuryu dome genel bilgiler

Yapım Yılı	1993
Yeri	Daiwa-cho, Hiroshima, Japonya
Mimarı	Takenaka Corp.
Mühendis	Takenaka Corp.
İşlev	Spor salonu
Örtülen Alan	2620m ²
Kullanılan Membran Tipi	PVC kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar	Tutkalı tabakalı ahşap kemer



Şekil 4.68 Hakuryu dome (Awen, 2008)

4.2 Örneklerin Karşılaştırılması

Aşağıda örneklere ait karşılaştırma tabloları ile sonuçları ile oluşturulan grafikler bulunmaktadır. Örneklerin karşılaştırılmasında; yapım yılı, işlevi, örtülen alan,geçilen açıklık, kullanılan membran malzemesi, sistemi destekleyen elemanlar bütünü, sistemi destekleyen elemanların malzemesi kriterleri temel alınmıştır.

4.1 başlığında detaylı olarak açıklanan 14 örnek incelenmektedir.14 örnekte sosyal merkezlerdir. Bu örnekler; 2 stadyum, 1 expo yapısı, 4 sosyal alan ve 1 pist bulunmaktadır.

1992 ile 2012 yılları arasında yapılmış olan geniş açıklıklı membran yapılar incelenmiştir.

En büyük alan örtülen örnek 65 000 m² olmak ile birlikte en az alanın kapatıldığı örnek ise 576 m²'dir. En büyük açıklık 310m ve en az açıklık ise 14 m'dir.

Yapılan inceleme ile kullanılan malzemelerin değişimi ve yıllara göre daha geniş açıklık geçilebilme durumu incelenecektir.

Tablo 4.15 Membran sistemlerin karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi

Yapı:	Londra Olimpiyat Stadyumu	Bao'an Stadyumu	Bigo (Eski Liman Cenova)	Şangay Expo 2010
Yapım yılı:	2012	2011	1992	2010
İşlevi:	Stadyum	Stadyum	Çok amaçlı aktivite alanı	Expo Yapısı
Örtülen alan:	24,500 m ²	60,000 m ²	1800 m ²	65 000 m ²
Geçilen açıklık:	310 m	245 m	30 m	100 m
Kullanılan membran:	PVC kaplı polyester membran	PTFE	PTFE	PTFE
Sistemi destekleyen elemanlar:	Çekme çemberi, dikme, kablolar	Basınç çemberi, dikme, kablolar	Kemerler, pylonlar, kablolar	Basınç çemberi, kablolar ve dikmeler
Sistemi destekleyen elemanların malzemesi	Çelik	Çelik	Çelik	Çelik



Tablo 4.16 Membran sistemlerin karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi

Yapı:	Old Spinning Mill	50. Yıl Buz Pisti	Soyak Mavişehir Çocuk Oyun Alanı	Arhavi Gösteri Merkezi
Yapım Yılı:	2010	2009	2008	2011
İşlevi:	Çok amaçlı yarı açık alan	Buz pisti	Oyun parkı	Konser alanı
Örtülen Alan:	1,200 m ²	576 m ²	1,107 m ²	2,605 m ²
Geçilen Açıklık:	40 m	14 m	30 m	55 m
Kullanılan Membran:	PTFE	PVDF	PVDF	PVC kaplı polyester
Sistemi Destekleyen Elemanlar:	Dikme ve membran ağ şeritler	Kemerler ve dikmeler	Dikmeler	Basınç çemberi, dikmeler, uzay kafes çerçeve
Sistemi Destekleyen Elemanların Malzemesi	Tutkal tabakalı ahşap	Çelik	Çelik	Çelik



Tablo 4.17 Membran sistemlerin karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi

Yapı:	Stuttgart Gottlieb-Daimler Stadyumu	Münih Kamyon Park Alanı	Century Lotus Spor Parkı	Skysong Asu
Yapım Yılı:	2005	2000	2006	2010
İşlevi:	Stadyum	Kamyon Park Alanı	Stadyum	Sosyal alan
Örtülen Alan:	34 000 m ²	8 400 m ²	53 420 m ²	4 645 m ²
Geçilen Açıklık:	200 m	84 m	350 m	50 m
Kullanılan Membran:	PVC Kaplı polyester membran	PVDF kaplı polyester membran	PVC kaplı polyester membran	PTFE
Sistemi Destekleyen Elemanlar:	Dikmeler, çekme çemberi	Dikme, çekme çemberi, kare çerçeve modüller	Dikmeler, çekme ve basınç çemberi	Dikmeler, çekme çemberi ve kemerler
Sistemi Destekleyen Elemanların Malzemesi	Çelik	Çelik	Çelik	Çelik



Tablo 4.18 Membran sistemlerin karşılaştırılması ve taşıyıcı sistem analizi

Yapı:	Rosa Park Transit Center	Hakuryu Dome
Yapım Yılı:	2010	1993
İşlevi:	İstasyon	Spor Salonu
Örtülen Alan:	5 945 m ²	2 620 m ²
Geçilen Açıklık:	36 m	46 m
Kullanılan Membran:	PTFE	PVC Kaplı polyester membran
Sistemi Destekleyen Elemanlar:	Dikmeler, çekme çemberi ve kemerler	Kemer
Sistemi Destekleyen Elemanların Malzemesi	Çelik	Tutkal tabakalı ahşap

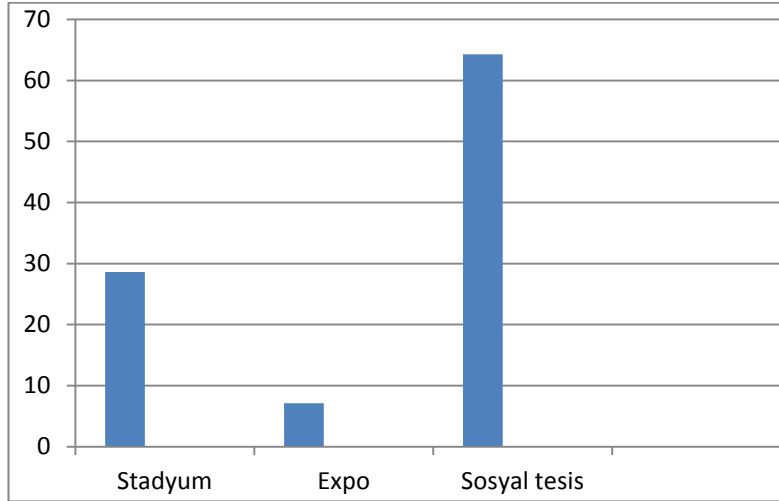


Tablo 4.19 Yapıların yapım yıllarına ait yüzde grafiği



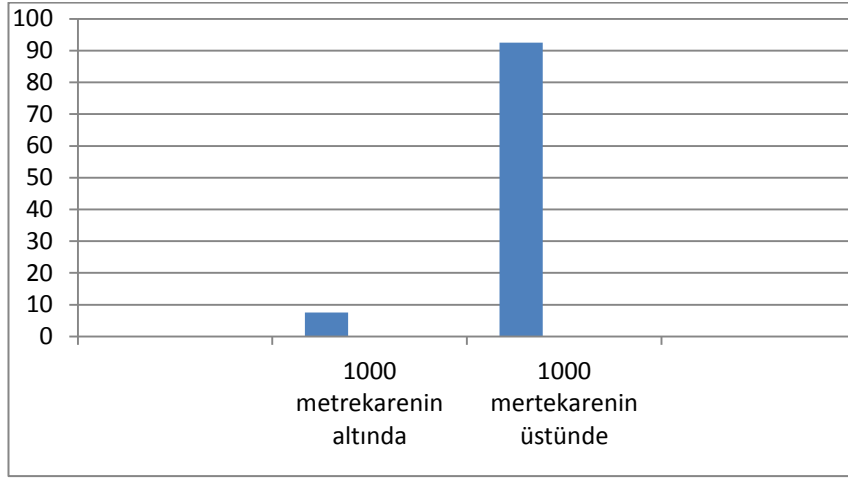
Asma germe yapılara ait örnekler tezde belirli yıllar arasındadır. Grafik incelendiğinde yapıların, %14'ü 2000 yılı öncesi %86'sı ise 2000 yılı sonrasında tasarlanmıştır.

Tablo 4.20 Yapıların işlevine ait yüzde grafiği



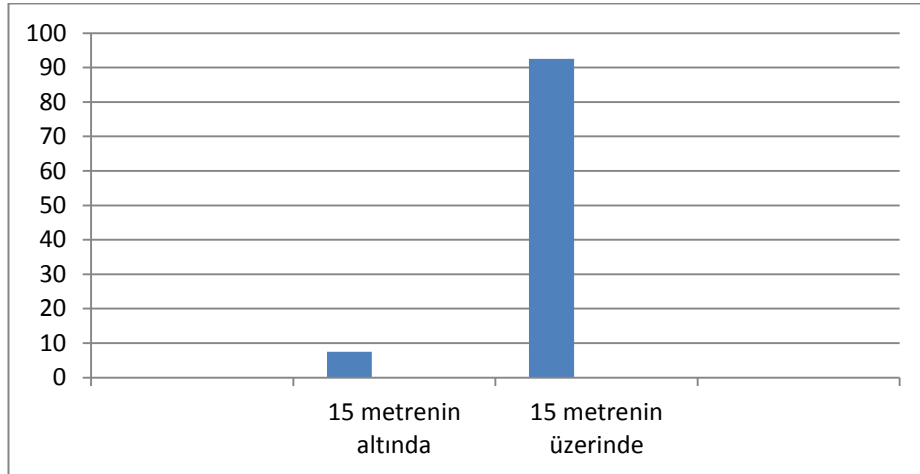
Yapıların işlev yüzdesine ilişkin grafikte yapıların %64'ü sosyal tesis olarak tasarlanmıştır. %29 u stadyumdur. Geri kalan %7 ise expo olarak tasarlanmıştır.

Tablo 4.21 Örtülen alana ait yüzde grafiği



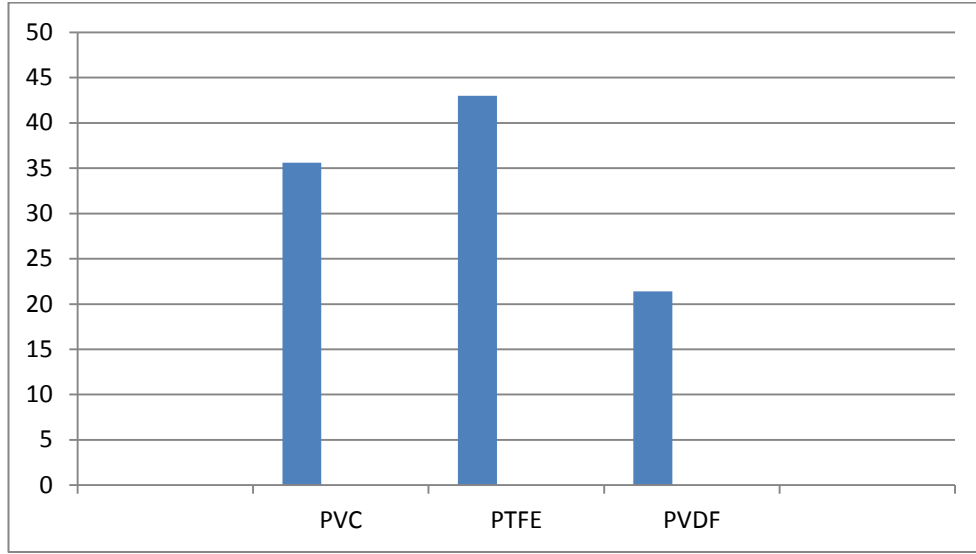
İncelenen örnekler geniş açıklıklı yapılardır. Yapıların örtebildikleri alana ait yüzde grafiğinde ise; %8 oranında 1000 m² ‘nin altında %93 oranında ise 1000 m²’nin üzerinde bir alan örtülmüştür.

Tablo 4.22 Geçilen açıklığa ait yüzde grafiği



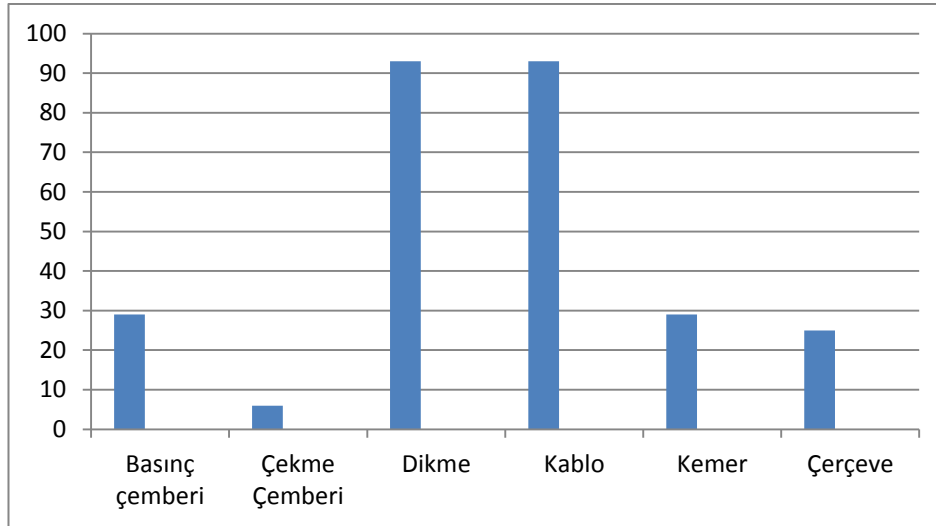
Yapıların %8’i 15 metrenin altında açıklık geçebilirken, %93’ü 14 metre ve üzerinde açıklık geçebilmektedir. %93 oranındaki yapılar arasında en geniş açıklık 350 m iken en kısa açıklık 30 m’dir.

Tablo 4.23 Kullanılan membran malzemesine ait yüzde grafiği



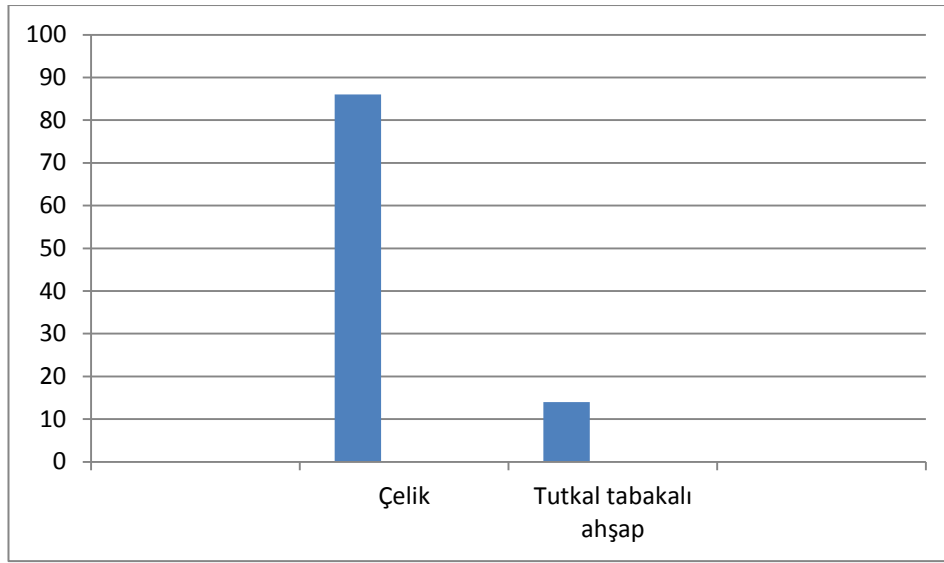
Yapılarda kullanılan membran malzemesinde farklı seçimlere gidilebilmektedir. Yapının geçeceği açıklık uzunluğu, güneşe dayanıklılığı ve malzeme ömrü gibi etkenler kullanılacak kumaşın seçilmesinde önem taşır. Örnekler incelendiğinde yapıların %36'sında PVC kaplı polyester membran, %43'ünde PTFE kaplı polyester membran ve %21'inde PVDF kaplı membran kullanılmıştır.

Tablo 4.24 Destek elemanlarına ait yüzde grafiği



Asma germe yapılarda destekleyici elemanların kullanımı incelendiğinde kablo ve dikmelerin bütün sistemlerde mevcut olduğu görülmektedir. Açıklığın fazla olduğu örneklerde basınç çemberi kullanılmıştır ve yapıların %30'ubasınc çemberli örneklerdir. %29 'unde kemer desteği kullanılmıştır. Geri kalan %41'i ise çekme çember ve çerçeve destekleridir.

Tablo 4.25 Destek elemanları malzemelerine ait yüzde grafiği



Asma germe yapılarda %86 oranında malzeme çelik %14 oranında ise tutkal tabakalı ahşap olarak tercih edildiği görülmektedir. Çelik daha hafif, maliyeti ucuz ve bakımı kolay bir malzeme olduğu için daha çok tercih edilmektedir.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Bu çalışmadan edinilen bilgilere ait sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır.

- Membran sistemlerin çıkış nedenleri arasında yapımının hızlı oluşu, az malzeme kullanılan ve hafif yapılar oluşturulabilme ihtiyacının karşılanmasıdır.
- Neredeyse sınırsız sayıda form oluşturulabilmesi nedeni ile süre gelen yapılardan farklı tasarımlara imza atılmaktadır.
- Hafif strüktürlerdir. Varolan bir strüktür sisteme dahil olabilir veya tek başına bir strüktür sistem oluşturabilirler.
- Membran sistemlerde ana malzemenin membran olması nedeni ile yapının ömrü membranın ömrü ile sınırlıdır. Dokuma ve kimya sanayinde ki gelişim ile 25 yıl ile 100 yıl arasında ömre sahip kumaşlar üretilmektedir. Tasarlanan yapının mimari ve statik özellikleri ile ortam koşulları göz önünde bulundurularak, hangi sınıf ve tipte membran malzeme kullanılacağına karar verilir.
- Sistemin konvansiyonel sistemlerden farklı olarak rutin bakım periyodları vardır. Düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Bu durum yapı sahibine belli bir maliyet ve gidere neden olmaktadır.
- Geniş açıklıklı ve büyük metrekaRELere sahip yapılarda, gündüz aydınlatma ihtiyacı doğmaktadır. Sürdürebilir mimarlık ile yapıların kendi enerjilerini kendileri üretmesi sağlanmakta veya enerji tasarrufu yapılmaktadır. Asma germe yapı sistemlerinde membran gün ışığını geçiren bir malzeme olması nedeni ile gündüz aydınlatmaya ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Form bulma ve statik hesaplamalar, asma germe membran sistemler için yapılmış bilgisayar programları ile yapılmaktadır. Türkiye’de tasarım ve uygulama süreci diğer ülkelerde yapılan uygulamalar ile karşılaştırıldığında daha ilkel kalmaktadır. Uygulama öncesi simülasyon testleri yapılmamaktadır.
- Bu çalışmada, membran sistemlere ait taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme, tasarım ile ilgili bilgi verilip, uygulanmış örnekleri incelenmiştir. Dünya’da daha geniş bir kullanım alanı olan asma germe yapı sistemleri, Türkiye’de de geçtiğimiz yıllara oranla kullanım alanlarının arttığı gözlenmektedir. Büyük projeler için uygulanan

bir sistem olmasına rağmen Türkiye’de genellikle gölgeme alanları olarak tasarımlar yapılmaktadır. Bu nedenle geniş açıklıklı örnek sayısı çok az olmak ile birlikte açıklık uzaklıkları diğer ülkelerdeki yapılar ile karşılaştırıldığında azdır. Ancak membran malzemesinin Türkiye’de üretiminin yapılması ile membran sistemlerin kullanımı yaygınlaşacaktır.

KAYNAKLAR

- ABD’de bir kafe.* (b.t.). 10 Temmuz 2013,
<http://www.fabricaarchitecturemag.com/casestudies/exterior?page=3>
- Ahşap karkas.* (b.t.).25 Eylül 2013,
<http://asmaz.com.tr/tr/gallery.asp?ID=5&CID=42&TID=0&do=event>
- Anonim (1996) . *Uzay kafes giriş çerçeve, hansapark, sierksdorf, almanya.* 12 Eylül 2013,
http://www.sattler-ag.com/sattler_web/static/media/pdf/Supersplash_Hansapark_Sierksdorf_Engl.pdf
- Anonim (2005). *Çelik karkas.* 25 Ocak 2013, <http://villablogcu.com/montaj/2318781>
- Anonim (2006). *Expo’67 batı Alman pavyonu planı.* 25 Ekim 2013,
http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbc-drawing.cgi/Germa_Pavilion-Expo_67_Plan_2.jpg.
- Anonim (2008). *YDÜ Tıp Fakültesi katlanmış plak örneği.* 3 Ocak 2011,
<http://www.neu.edu.tr/en/nade/4144>.
- Anonim (2009). *Çerçeve destekli membran sistem örneği.* 3 Ocak 2013,
righttech.com.sg/case.htm
- Anonim (2010). *Asusskysong, Arizona, Amerika.* 10 Aralık 2010,
<http://solsi.asu.edu/facilities-2/skysong>.
- Anonim (2011). *Dikişli-ısı kaynaklı birleşim.* 16 Mayıs 2013,
<http://www.tensaform.com/tech.aspx?pid=18>.
- Anonim (2012). *Sirk çadırı örneği.* 15 Ekim 2013,
<http://www.thecircusblog.com/?paged=96>

Anonim (2013). *Fifa 2014 Dünya kupası için tasarlanan yapı*. 14 Eylül 2013, <http://www.aasarchitecture.com/2013/07/Mekene-Architecture-Wins-Rio-de-Janerio-Symbolic-World-Cup-Structure-Competition.html>.

Altan, S. (2012). Londra Olimpik Stadyumu. *Yapı*, 369, 74-79

Atalay, T. (2002). Geniş açıklıklı yapılar ve taşıyıcı sistemler. *Geniş açıklıklı mekanlar üstünü örten taşıyıcı sistemlerin incelenmesi*. İçinde (14-59). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Atkı ve özgü yönleri. (b.t.).30 Kasım 2013, <http://www.etnayapi.com/TeknikBilgi>

Awen, C. (2008). *Hakuryu dome*.24 Nisan 2012, <http://structurae.info/structures/data/index.cfm?id=s0034983>

Basel, B. (2011). *Construction Manual for Polymers + Membranes*. Münih: Uluslararası Mimarlık Enstitüsü Yayınları.

Bechthold, M. (2008). *Innovative Surface Structures*. İngiltere: The Crombell

Behnisch A. (2010). *Old spinnin mill*. 16 Eylül 2013, <http://behnisch.com/projects/788>

Betonarme karkas. (b.t.). 8 Eylül 2013, <http://www.comu.edu.tr/duyurular/detay.php?id=5445>.

Britten, N. (2009). *Yurd çadırı*. 5 Ekim 2013, http://www.solarpedia.com/13/318/3992/yurt_floor_plan.html.

Brunhnke, D. (2010). *Skysong asu*. 20 Mart 2013, <http://growthnation.com/growth-nation-now-at-skysong/>

Calcio, F. (2013). *Stuttgart gottlieb-daimler stadyumu*. 21 Aralık 2013, <http://structurae.net/structures/data/index.cfm?id=s0000700>

Ceno Tec. Gmbh (1992). *Tanıtım kataloğu*.

Club Asteria.(b.t.) 5 Mayıs 2011, <http://www.membranyapi.com/site/asteriabelek.html>.

Craven, J. (2012). *Londra olimpik stadyumu dış görünümü*.16 Ekim 2012, <http://architecture.about.com/od/stadiumsandarenas/tp/Olympic-Venues-2012.htm>

Çelik halatı meydana getiren elemanlar. (b.t.). 20 Ekim 2013, <http://www.koskerlercelikhalat.com/genel-bilgi.asp>

Dansık, F. (2002). *Configuration processing and force density*. İngiltere: Surrey Üniversitesi, Doktora Tezi

Dansık, F. (2012). Görüşmede alınan bilgiler.

Demircan, D. (2012). *Bezayağı örgü dokuma*. 30 Kasım 2013 <http://asastyle.blogspot.com.tr/2012/07/tekstil-paylasm-bezayag-nedir.html>

Drew, P. (2008). Munich Track Depot. *New Tent of Architecture*. (1 Baskı) (70-75). UK: Thames &Hudson.

Engel, H. (2004). *Strüktür Sistemler*.(1. Baskı). İstanbul: Tasarım Yayın Grubu

Erdoğan, H. (2009). *50. Yıl buz pisti*. 19 Mayıs 2010, http://wowturkey.com/t.php?p=/tr345/IHakki_Erdogan_101_3467.jpg

Etherington, R. (4 Ocak 2009)*Karuizawa Japonya’da kabuk strüktür örneği*. 11 Aralık 2011, <http://www.dezeen.com/2009/0104/Shell-by-artechnics-arhitects>.

Expo '92, İspanya. (b.t.). 22 Eylül 2013,
<http://www.tensinet.com/database/viewProject/3750.html>

Fabricart Yapı (2010). 50. Yıl buz pisti görünüş ve perspektifler.*Firma bilgileri*

Fenrich, C. (2012). *Model yapımı ile formun belirlenmesi.* 18 Mayıs 2013,
<http://www.thelegsfeedthewolf.wordpress.com/>

Ferreina, M. (2009). *Rosa park transit center.* 20 Mart 2013,
<http://www.archdaily.com/30880/rosa-parks-transit-center-ftl-design-engineering-studio/>

Fiona, D. (2010). *Shangai expo,* 27 Aralık 2012
<http://www.designboom.com/architecture/knippers-helbig-expo-boulevard-shanghai/>

Forster, B. ve Mollaert, M. (2004).*European design guide for tensile surface structure,* Leonberg: Buro Happold.

Frankfurt, *Almanya'da pnömatik sistem örneği.* (b.t.). 25 Nisan 2013,
<http://www.arhiexpo.com/prad/canobbio/pneumatic-structures-55251-148581.html>.

Geniş açıklıklı asma germe sistem örneği. (b.t.). 12 Ocak 2013,
http://cdn.hotfrog.com/companies/USA-SHADE-FABRIC-Structures_282673_image.jpg.

Gerçek, C. (1979). *Yapıda taşıyıcı sistemler.* Ankara: Doğu Matbaacılık.

Gezer, H. (2009). *Mekan Örtüsü Tekstil Malzemesi.* (1. Baskı), İstanbul: TC Maltepe Üniversitesi Yayınları

Glander, C. (2011). *Old spinning mill görünüm*, 16 Eylül 2013, <http://europaconcorsi.com/projects/168820-Behnisch-Architekten-Quest-Forum-Kolbermoor>

Gmp Arhitekten (2011). Vaziyet planı. *Yapı*, 366, 82-89

Gmp Arhitekten (2014). *Farklı yükseklik ve çaptaki bambu çelik dikmeler*. 28 Ekim 2013, <http://www.gmp-architekten.com/projects/baoan-stadium-universiade-2011.html>

Grieco, L. (2011). *Gmp architekten: baoan stadium*. 5 Kasım 2012, <http://www.designboom.com/architecture/gmp-architekten-baoan-stadium/>

Güney, D. (2013). *Asma Germe Sistemlerin Sınıflandırılması*, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi

Harris, J.B. ve Kli, K. (1996). *Masted structures in arhitecture*. Berlin: Avon

Hasol, D. (2012). *Mimarlık cep sözlüğü*, İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları

Helbig, K. (2010). *Şangay expo görünüm*. 27 Aralık 2012, <http://www.archicentral.com/tag/expo/>

İzmir Konak Meydanı. (b.t.). 4 Temmuz 2013, <http://www.izmir.bel.tr/Details.asp?textID=6682>.

Janberg, N. (2011). *Soccerfive Münih, Almanya*. 12 Eylül 2013, <http://structurae.info/photos/index.cfm?id=178954>

Kare modüllerden oluşturulmuş sistem Pratt & Whitey - THY cafe, İstanbul. (b.t.). 12 Eylül 2013, <http://www.tensaform.com/project.aspx?pid=46>

Krüger, S. (2009). *Textile architecture*. Berlin: Fbg Freiburger Graphische.

Kuban, D.(1992). Tarihsel perspektif içinde mimarlığın kurumsal sözlüğüne giriş. *Mimarlık kavramları*. (4. Baskı) içinde (9-14), İstanbul: Mimar Sinan Üniveristesi Yayınları

Küçük ölçekli çerçeve örneği. (b.t.). 7 Ocak 2014, <http://www.asmagerme.com/asma-germe-sistem-buyuk.html>

Lampugnani, V.M. (1995). *Renzo Piano 1987-1994*. İtalya: Elamand

Liang, J. (2009). Century lotus spor parkı. 7 Nisan 2012, <http://www.panoramio.com/photo/19150716>

Lisyer, M. (2010). *Dokumada iplik çapı ve atkı çözgü uzaklığı*. 30 Kasım 2013, <http://www.sciencedirect.com/>

Mavisu residence. (b.t.) 8 Ocak 2013, <http://www.onart.com.tr/projeler.html>

Menges, A. (2012). *Model yapımı ile formun belirlenmesi*. 18 Mayıs 2013, <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=7799>

Morgül, İ.E. (2006).*Çadır sistem membran kalıplarındaki fire oranının yüzey belirlenmesine etkisi* . Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Münih olimpiyat stadyumu. (b.t.). 25 Ekim 2013 http://en.wikipedia.org/wiki/olympiastadion_Munich.

Münih olimpiyat stadyumu ve kesiti. (b.t.). 26 Ekim 2013 http://www.greatbuildings.com/cgi.-bin/gloc-drawing.cgi/Olympic-Games-Tent.html/Olympis_Tent_Section.jpg

Müzik pavilyonu, federal bahçe fuarı, 1955.(b.t.). 25 Ekim 2013,
<http://www.pinterest.com/pin/504332858240951289>

Oliver, P. (2010). *Yurt çadırı.* 5 Kasım 2013, http://www.soloripedia.com/13/318/3692/yurt_floor_plan.html

Özat, S. (2012). *Fotoğraf albümü.*

Paola, A. (2009). *Bigo' 92.* 25 Kasım 2012, <http://www.comuni-italiani.it/010/025/foto/>

Pizzi, E. (2003). *RenzoPiano.* Berlin:Birkhauser

Rocns, F. (2012). *Londra olimpik stadyumu kesitini gösteren maketi.* 24 Eylül 2012,
<http://www.mirror.co.uk/londonolympics>

Sariay, İ. (2011). *Fotoğraf albümü.*

Sariay, İ (1999). *Membranların malzeme ve konstrüksiyon özellikleri açısından mimari formun oluşumundaki yeri ve konvansiyonel yapım sistemiyle yapılmış kagir malzemeli yapı örneği ile karşılaştırılması.*Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi , İzmir.

Sınır dikme örneği, Viaport Avm. (b.t.). 8 Aralık 2013,
<http://www.tensaform.com/project.aspx?pid=2>

Spencer, C. (2010). *Asimetrik çerçeve, plashet unity köprüsü.* 13 Eylül 2013,
<http://www.architen.com/projects/plashet-unity-bridge>

Spring, M. (2010). *Şangay expo görünüm.* 16 Eylül 2012,
<http://architecturelinked.com/profiles/blogs/the-shanghai-expos>

Stadyum yapımında malzemenin kullanımının minimize edildiğini gösteren diyagram. (b.t.). 11 Kasım 2013,
<http://www.pinterest.com/pin/76842737362898349/>

Stanton, J (1997). *Expo 67 alman pavyonu.* 7 Şubat 2013,
<http://www.westland.net/expo67/map-docs/architecture.htm>

Setterfield, J. (2012). *London 2012- olympic stadium.* 16 Ekim 2012,
<http://www.detail-online.com/architecture/news/london-2012-olympic-stadium-019389.html>

Siedel, M. (2009). *Tensile Surface Structures.* Berlin: Betz-druck Gmbh

Şenol Makine (2012). *Ürün kataloğu.*

Tensaform (2010). *Mavişehir soyak oyun alanı.* Firma bilgileri

Tipi çadırı. (b.t.). 23 Ekim 2013,
http://www.chebucto.ns.ca/Culture/Shifting_Boundaries/tents1.html

Tipi çadırı yapımı. (b.t.) 23 Ekim 2013,
http://www.chebucto.ns.ca/Culture/Shifting_Boundaries/tents1.html

Tuareg çadırı. (b.t.) 23 Ekim 2012,
<http://www.calaacademy.org/exhibits/africa/exhibit/sahara/tuareg/7.htm>.

Türkçü, H.Ç. (1997). *Membran taşıyıcı sistemler. Çekmeye çalışan taşıyıcı sistemler.* İzmir: Eylül Yayınları

Türkçü, H.Ç. (2009). *Çağdaş Taşıyıcı Sistemler* (2. Baskı) İstanbul: Birsen Yayınevi.

Uzay kafes kiriş had dikmesi (b.t.). 14 Mayıs 2012,
<http://www.tensilefabricstructures.com/kolkata/basic-knowledge-of-tensile-structure.html>.

Verlag, P.N. (2004). *Yığma sistem örneği ayasofya cami kesiti*. 15 Eylül 2013, tr.
[wikipedia.org/wiki/Dosya: Hagia-Sophia-Laengsschnitt.jpg](http://wikipedia.org/wiki/Dosya:Hagia-Sophia-Laengsschnitt.jpg).

Wings of glory görünüş çizimi (b.t.). September,2013,
<http://www.aasarchitecture.com/2013/07/Mekene-Architecture-Wins-Rio-de-Janerio-Symbolic-World-Cup-Structure-Competition.html>.

Yığma yapı sistemlerde kubbe ve tonoz (b.t.). 20 Kasım 2013,
<http://lusas.com/case/cvil/hagia.html>

Yorulmaz, M. (1972). *Kablolar. Kablolarla asılı çatının bugün ki durumu*. İçinde
(25-26). İstanbul: İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi

Zöhre, H. (2008). *Panama örgü dokuma*. 15 Ekim 2012,
http://www.dokuma.org/dkmclk_orglrpnm.htm

50. yıl buz pisti görünüm (b.t.). 25 Nisan 2010,
<http://www.fabricart.com.tr/projeler/show/67>.