



**HAREKETLİ YAPI SİSTEMLERİ VE GEÇİCİ AFET KORUNAKLARINA
UYGULAMASI**

Zeliha Tamer Uçar

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2015

Zeliha TAMER UÇAR tarafından hazırlanan “HAREKETLİ YAPI SİSTEMLERİ VE GEÇİCİ AFET KORUNAKLARINA UYGULAMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Abdussamet ARSLAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan : Prof. Dr. Kurtuluş SOYLUK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye : Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 08/05/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Zeliha TAMER UÇAR

15/05/2015

HAREKETLİ YAPI SİSTEMLERİ VE GEÇİCİ AFET KORUNAKLARINA UYGULAMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Zeliha TAMER UÇAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2015

ÖZET

Hareketli ve açılıp-katlanabilir yapılar; genel olarak sıkıştırılmış ve katlanmış bir şekilde saklanabilir ve kolayca taşınarak, açılıp kullanılabilen yapılar olarak tarif edilmektedir. Bundan dolayı, hızlı ve kolay kurulum ve yeniden kullanım gerektiren uygulamalar için idealdir. Hareketli ve açılıp-katlanabilir yapılar konusundaki çalışmalar ve gelişmeler geçmişte en çok uzay uygulamalarına odaklanmıştır. Antenler ve uzay üsleri gibi büyük yapıların bir fırlatma aracına sığacak biçimde paketlenmeleri ve yörüngeye ulaşıldığında açılmaları gerekmektedir. Bu tür amaçlarla geliştirilmiş katlanabilir yapıların küçük sıkıştırılmış hacme sahip olmaları, çabuk birleştirilmeleri ve kolay kurulabilmeleri gibi avantajları vardır. Bu gibi olumlu nitelikleri nedeniyle hareketli ve açılıp-katlanabilir yapılar dünya yüzeyinde de stadyum çatıları, askeri köprüler ve çeşitli sığınak yapıları gibi uygulamalarda da uygulanmaktadır. Birinci bölümde hareketli yapı kavramı, avantajları incelendikten sonra sınıflandırması yapılmıştır. İkinci bölümde dünyadaki hareketli yapı sistemleri uygulamaları genel olarak değerlendirilip, katlanabilir çubuk yapılarının geometrileri incelenmiştir. Sonraki aşamada Cambridge Üniversitesi Katlanabilir Yapılar Laboratuvar'ı ekibi tarafından geliştirilmiş olan çok-açılı elemanlar incelenmiştir. Üçüncü bölümde uzayda kullanım için tasarlanan hareketli yapı sistemleri ele alınmıştır. Son bölümde deprem sonrası ülkemizde kullanılan mevcut barınma yapıları incelenmiştir. Hareketli yapı sistemlerinin geçici afet korunaklarına uygulanması fikrinden yola çıkılarak bir hareketli afet korunağı tasarımı yapılmış ve üç boyutlu modellenmesi ve canlandırması yapılmıştır. Bu yapının gerilme analizi yapılmış ve açılma boyunca oluşacak gerilmeler grafik halinde sunulmuştur.

Bilim Kodu : 911.1.144
Anahtar Kelimeler : Hareketli yapılar, açılabilir yapılar, afet korunakları
Sayfa Adedi : 253
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Abdussamet ARSLAN

DEPLOYABLE STRUCTURES AND APPLICATION TO EMERGENCY SHELTERS

(M. Sc. Thesis)

Zeliha TAMER UÇAR

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2015

ABSTRACT

Deployable structures can be stored in a compact, folded configuration and are easily deployed into load-bearing open forms. Hence, they are suitable for applications where speed and ease of erection and reusability are desired. The study and development of deployable structures has been primarily focused on aerospace applications. Large structures, such as antennas and spacecraft, must be packaged to fit into a launch vehicle and then expanded when reaching orbit. Deployable structures developed in response to those issues have the advantages of a small compacted volume, rapid assembly, and ease of deployment. Because of these positive qualities, deployable structures are also applied on earth for retractable stadium roofs and shelters of various types. In the first chapter, the term of deployable structures, advantages and the classification of these structures are researched. After looking into the studies of deployable structures in the world, the geometries of deployable basic bar structures are examined. In the following stage, multi-angulated elements, developed by the working group of Deployable Structures Laboratories in the Cambridge University, is studied on. Earth-Based deployable structures are researched. In the third chapter, deployable structures for space applications are studied. In the final chapter, available emergency temporary structures in Turkey are examined. Starting from the idea of application of deployable structures to emergency temporary shelters, a deployable emergency temporary structure is designed. 3D-Modelling of this design is made. The stress analysis of this deployable structure is done, and the stresses during deployment are shown on the diagram.

Science Code	: 911.1.144
Key Words	: Deployable structures, movable structures, emergency shelters
Page Number	: 253
Adviser	: Prof. Dr. Abdussamet ARSLAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Abdussamet ARSLAN'a, gönderdiği dökümanlardan dolayı Cambridge üniversitesi öğretim görevlisi Prof. Dr. Sergio Pellegrino'ya , sabır ve anlayışlarında dolayı çocuklarım Zeynep, Enes ve eşim Fatih Uçar'a teşekkürü borç bilirim. Beni yetiştiren özverili annem Hicaziye Tamer'e ve her düştüğümde kalkmayı ve vazgeçmemeyi öğreten babam Ekrem Tamer'e özel teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xx
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xxv
SİMGE VE KISALTMALAR	xxvi
 1. GİRİŞ	 1
 2. HAREKETLİ YAPI SİSTEMLERİ	 3
2.1. Hareketli Yapı Sistemi Kavramı	3
2.2. Dünden Bugüne Hareketli Yapılar	3
2.3. Mevcut Uygulamalar	7
2.4. Avantajlar	8
2.5. Hareketli Yapı Tipleri	9
2.6. Hareketli Yapı Çalışmaları	9
 3. DÜNYA YÜZEYİNDE YAPILAN HAREKETLİ YAPI UYGULA MALARI	 21
3.1. Sınıflandırma	21
3.2. Pantografik Açılıp-Katlanabilir Çubuk Yapıları	21
3.2.1. Hoberman'ın açılı elemanı	49
3.2.2. Genelleştirilmiş açılı elemanlar	51

	Sayfa
3.2.3. Katlanabilir dairesel yapılar	58
3.2.4. Genel şekilli katlanabilir yapılar	68
3.3. 2-D Panellerden Yola Çıkılarak Yapılan Hareketli Yapılar	74
3.4. Kablo ve Membran Açılabilir Yapılar	86
3.5. Pnomatik Açılabilir Yapılar	95
3.6. Gerilim Bütünlüğüne Sahip Açılabilir Yapılar	104
3.7. Hareketli Çatı Sistemleri	108
3.7.1. Hareketli çatılara genel bir bakış	110
4. UZAYDA AÇILABİLEN HAREKETLİ YAPI UYGULAMALARI ..	117
4.1. Giriş	117
4.2. Açılabilen Direkler	118
4.2.1. İnce duvarlı boru bomları	119
4.2.2. Teleskopik direkler	120
4.2.3. Kıvrılıp bükülebilen direkler	122
4.2.4. Eklemlı kafesler	122
4.3. Açılabilen Reflektör Antenler	126
4.3.1. Ağ antenleri	127
4.3.2. Katı yüzey antenler	138
4.3.3. Şişme antenler	141
5. TÜRKİYEDE GEÇİCİ AFET KORUNAĞI UYGULAMALARI	145
5.1. GİRİŞ	145
5.2. Türkiye’ de Yaşanan Büyük Deprem Felaketleri	146
5.3. Afet Sonrası Barınma	149

6. HAREKETLİ YAPI SİSTEMLERİNİN GEÇİCİ AFET KORUNAK LARINA UYGULAMASI	157
6.1. Acil Durum ve Barınma Eylemi	157
6.2. Acil Durum Kavramı	157
6.3. Afet Sonrası Acil Durum Barınma Eylemi	158
6.4. Acil Durum Barınma Sorununa İlişkin Yaklaşımlar	162
6.4.1. Afet öncesi aşaması (Pre-Disaster Phase)	164
6.4.2. Acil yardım aşaması (Immediate Relief Period)	166
6.4.3. Rehabilitasyon aşaması (Rehabilitation Period)	167
6.4.4. Yeniden yapım aşaması	169
6.5. Türkiye’de Afet Sonrası Geçici Barınma Sorunları	170
6.6. Modelin Tanım ve Amacı	174
6.7. Modelin Tasarım İlkeleri	176
6.7.1. Ekonomik ve teknik ilkeler	177
6.7.2. Fonksiyonel ilkeler	182
6.8. Modelin Tasarım Birleşenleri	186
6.9. Hareketli Geçici Afet Korunağının Statik Analizi	197
6.9.1. Tam kapalı halin analizi	201
6.9.2. %25 Açık halin analizi	203
6.9.3. %50 Açık halin analizi	205
6.9.4. %75 Açık halin analizi	207
6.9.5. %100 Açık halin analizi	209
6.10. Seçilen Noktalara Ait, Yerdeğiştirme, İç Kuvvet, Gerilme Değişimleri	211
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	245
KAYNAKLAR	249

ÖZGEÇMİŞ	253
----------------	-----

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. Acil yardım aşaması barınmaya ilişkin yaşanan sorunlar	172
Çizelge 6.2. Rehabilitasyon aşaması barınmaya ilişkin yaşanan sorunlar	173
Çizelge 6.3. Tam kapalı halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti	202
Çizelge 6.4. %25 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti	204
Çizelge 6.5. %50 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti	206
Çizelge 6.6. %75 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti	208
Çizelge 6.7. %100 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti	210
Çizelge 6.8. Noktalara ait x eksenindeki şekil değiştirmeler	213
Çizelge 6.9. Noktalara ait Yeksenindeki şekil değiştirmeler	214
Çizelge 6.10. Noktalara ait iç kuvvet değerleri.....	215
Çizelge 6.11. Noktalara ait moment değerleri	217
Çizelge 6.12. Noktalara ait gerilme değerleri	218
Çizelge 6.13. Açıklık yüzdesi-maksimum gerilme.....	223
Çizelge 6.14. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (1-15-16. noktalar)	224
Çizelge 6.15. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (2. ve 14. noktalar)	225
Çizelge 6.16. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (3., 12., 13. noktalar)	226
Çizelge 6.17. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (4., 10., 11. noktalar)	227
Çizelge 6.18. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (5., 9. noktalar)	227
Çizelge 6.19. Noktalara ait x eksenindeki şekil değiştirme değerleri (6., 7., 8. noktalar)	228
Çizelge 6.20. Noktalara ait y eksenindeki şekil değiştirme değerleri (1-8 arası noktalar).	230

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.21. Noktalara ait y eksenindeki şekil değiştirme değerleri (9-16 arası noktalar)	231
Çizelge 6.22. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (1., 15., 16. noktalar)	232
Çizelge 6.23. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (2., 14. noktalar)	232
Çizelge 6.24. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (3., 12., 13. noktalar)	233
Çizelge 6.25. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (4., 10., 11. noktalar)	234
Çizelge 6.26. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (5., 9. noktalar)	234
Çizelge 6.27. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (6., 7., 8. noktalar)	235
Çizelge 6.28. Noktalara ait moment değerleri (1., 15., 16. noktalar)	236
Çizelge 6.29. Noktalara ait moment değerleri (2., 14. noktalar)	236
Çizelge 6.30. Noktalara ait moment değerleri (3., 12., 13. noktalar)	237
Çizelge 6.31. Noktalara ait moment değerleri (4., 10., 11. noktalar)	238
Çizelge 6.32. Noktalara ait moment değerleri (5., 9. noktalar)	238
Çizelge 6.33. Noktalara ait moment değerleri (6., 7., 8. noktalar)	239
Çizelge 6.34. Noktalara ait gerilme değerleri (1., 15., 16. noktalar)	240
Çizelge 6.35. Noktalara ait gerilme değerleri (2., 14. noktalar)	241
Çizelge 6.36. Noktalara ait gerilme değerleri (3., 12., 13. noktalar)	241
Çizelge 6.37. Noktalara ait gerilme değerleri (4., 10., 11. noktalar)	242
Çizelge 6.38. Noktalara ait gerilme değerleri (5., 9. noktalar)	243
Çizelge 6.39. Noktalara ait gerilme değerleri (6., 7., 8. noktalar)	243

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Geçici berber çadırı	6
Şekil 2.2. Geçici çadırların toplanıp katlanması	6
Şekil 2.3. Leonardo da Vinci'nin tasarımı olan hareketli yapılar	6
Şekil 2.4. Kubbenin katlanmış ve açılmış şekilleri	9
Şekil 2.5. Origami katlama sanatı örneği	10
Şekil 2.6. Fener balığı, Lophius' un ağzının açılma mekanizması	11
Şekil 2.7. Çiçeğin açılıp kapanması	11
Şekil 2.8. İki yönlü kafes : Polar elemanlı silindirik kafes (üstte), dönel elemanlı düzlem kafes(alta)	13
Şekil 2.9. İki yönlü polar elemanlı küresel kafesin yan ve üst görünüşü (üstte) ve üç yönlü polar elemanlı küresel kafesin üst ve yan görünüşü (altta)	14
Şekil 2.10. Polar elemanlı geodezik kafesin yan ve üst görünüşü	15
Şekil 2.11. Zalewski'nin başlangıç bükülebilir hareketli yapı fikirlerinden bir tanesi ..	16
Şekil 2.12. Kaplama elemanı ile kaplanmış açılmanın orta safhasındaki çok açılı elemanlı yapı	18
Şekil 2.13. Farklı açılma aşamalarıyla iris tipi hareketli yapı	19
Şekil 2.14. Üstte polar ötelenen elemanlardan oluşan iki hareketli yapı, altta sırasıyla mafsallı çubuklu hareketli yapı, açılı çubuklu hareketli dikme	19
Şekil 3.1. Uzatılabilir pantografik kol yapısı.....	22
Şekil 3.2. Açılabilir portatif köprü	22
Şekil 3.3. Açılabilir putrel yapı	23
Şekil 3.4. Uzatılabilir kol	23
Şekil 3.5. Ayarlanabilir pantografik merdiven	24
Şekil 3.6. Pantograf tip robot kol	27
Şekil 3.7. Dört pantografik kanatlı hava laboratuvarı uzay gemisi	25

Şekil	Sayfa
Şekil 3.8. Pantografik manyetometre kollu manyetik alan uydusu	25
Şekil 3.9. Makas tipi elemanı	26
Şekil 3.10. Zeigler'in açılıp- katlanabilir kendinden destekli kubbesi ve temel unite ...	27
Şekil 3.11. Trissor kinematığı	29
Şekil 3.12. Escrig'in yapısında çubukların birleştirilmesi	30
Şekil 3.13. Küresel bir yüzeyin alt bölümlere ayrılması	31
Şekil 3.14. Alt bölümlere ayırmanın alternatif yolları	31
Şekil 3.15. Tek tip paralelkenarlı kubbe modülleri	32
Şekil 3.16. Lamel Paralelkenarlı alt bölümler şekli	33
Şekil 3.17. Kenarlara doğru katlanan sıg (iç bükeyliği bozuk) lamel kubbe	33
Şekil 3.18. Yarı küresel lamel kubbe	34
Şekil 3.19. Dörtlü makas kafesleri	34
Şekil 3.20. Gelişigüzel eğim derecesi için geometrik koşullar	35
Şekil 3.21. İki yönlü silindirik ızgaralar	37
Şekil 3.22. Üç yönlü silindirik ızgaralar	38
Şekil 3.23. İki yönlü küresel ızgaralar	39
Şekil 3.24. Üç yönlü küresel ızgaralar	39
Şekil 3.25. Jeodezik Iızgaralar	40
Şekil 3.26. Küresel lamel ızgaralar	41
Şekil 3.27. İki takım düz, paralel çubuktan oluşan kafes tipi katlanabilir yapılar	43
Şekil 3.28. (a) Düz çubuklardan oluşan sıradan bir pantografik eleman (b) Sabit sarım açısı olan simetrik açılı elman $\overline{AE} = \overline{BE} = \overline{CE} = \overline{DE}$	44
Şekil 3.29. Hoberman'ın <i>birbirinin aynı</i> açılı çubuklardan oluşan genel tipteki elemanı $\overline{AE} = \overline{DE}$, $\overline{BE} = \overline{CE}$, $\psi = \varphi$. ADE ve BCE benzer ikizkenar üçgenlerdir	46
Şekil 3.30. Iris Kubbesi	46

Şekil	Sayfa
Şekil 3.31. Eşit yarı uzunlukta fakat farklı kıvrımlı açılı çubuklardan oluşan en basit tip I GAE tipi. $\overline{AE} = \overline{DE}$, $\overline{BE} = \overline{CE}$, $\psi = \varphi$. ADE ve BCE benzer ikizkenar üçgenlerdir	50
Şekil 3.32. İki paralelkenar ile birbirine bağlanan iki ikizkenar üçgenden oluşan genel Tip I GAE	52
Şekil 3.33. Birbirine orantılı yarı uzunluklu ve eşit kıvrılma açısına sahip çubuklardan oluşan en basit GAE Tip II. $\overline{AE} / \overline{DE} = \overline{CE} / \overline{BE}$, $\psi = \varphi$, ADE ve BCE benzer üçgenlerdir	55
Şekil 3.34. İki paralelkenarla birbirine bağlanmış iki benzer üçgenden oluşan genel tip II GAE	56
Şekil 3.35. Birbirinin aynı, 135° kıvrılma açısına sahip açılı çubuklardan oluşan katlana bilir halka yapısı (a) “açılmış” ve (c) “katlanmış”	59
Şekil 3.36. Şekil 3.35.’deki katlanabilir halkalar gibi iki katlanabilir halkanın Birbirine bağlanması sonucu elde edilen katlanabilir dairesel yapı. $A_0 A_1 A_2 A_3 A_4$ gibi elemanlar çok açılı çubuklardır	62
Şekil 3.37. Çok açılı çubuk	63
Şekil 3.38. 165° lik kıvrılma açısı olan çok açılı elemanlardan oluşan dairesel katlanabilir yapılar	65
Şekil 3.39. 24 adet üç- parçalı çok- açılı çubuk içeren dairesel katlanabilir yapı modeli	67
Şekil 3.40. Verilen poligon boyunca katlanan kapalı döngüsel katlanabilir yapı. açılı elemanlar benzer eşkenar dörtgenler oluşturmaktadır	70
Şekil 3.41. Şekil 2.40.’daki poligon boyunca katlanan, fakat benzer paralel kenarlardan oluşan, kapalı döngüsel açılıp-katlanabilir yapı	71
Şekil 3.42. İç sınırları yuvarlak köşeli dikdörtgen şekline sahip açılıp- katlanabilir kapalı döngüsel yapı (a)benzer eşkenar dörtgen (b)Tip I ve Tip II GAE’lerin simetrik olarak biraraya getirilmesine dayanan yapı	71
Şekil 3.43. Üç açılıp-katlanabilir yapı: (a) birçok paralel kenardan oluşan temel yapı; (b) ek mafsallanmış çubuklarla genişletilmiş yapı; (c)çok-açılı çubuklardan oluşmuş rijit bir şekilde bağlanmış yapı	72
Şekil 3.44. (a) eşkenar dörtgenler ve (b)paralelkenarlarla mozaik bezeme yapan çok-açılı çubuklardan oluşmuş açılıp-katlanabilir eliptik yapılar	73
Şekil 3.45. Foster’in modülünün temel düzenlemesi	75

Şekil	Sayfa
Şekil 3.46. Farklı modüllerin kombinasyonu.....	76
Şekil 3.47. 90 ⁰ tepe açılı en basit yapı	77
Şekil 3.48. Uçlarından birleştirilmiş 90 ⁰ ye sahip iki modülle oluşturulmuş yapı	77
Şekil 3.49. 120 ⁰ tepe açılı yapı	78
Şekil 3.50. Uçlarından birleştirilen iki adet 120 ⁰ modülle oluşturulan yapı	78
Şekil 3.51. 90 ⁰ , 60 ⁰ ve 30 ⁰ li elemanlarla oluşturulan yapı	79
Şekil 3.52. Üçgenlere ayrılmış katlanabilir silindirler	82
Şekil 3.53. Üçgenlere ayrılmış katlanabilir silindir düğümlerinin geometrik tanımı	83
Şekil 3.54. a ve b sarmallarını tanımlayan parametreler ve koordinat silindir	84
Şekil 3.55. Membran sarılarak katlama şekli	85
Şekil 3.56. Katı yüzeyli açılabilir antenin açılma aşamaları (SSDA)	86
Şekil 3.57. Hava destekli membran prensibi	96
Şekil 3.58. Havayla şişirilmiş membran prensibi	96
Şekil 3.59. Üç baskı destekli basit bir gerilim bütünlüğüne sahip yapı	105
Şekil 3.60. Burkhardt tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip üçayak	105
Şekil 3.61. Burkhardt tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip kubbe	105
Şekil 3.62. Bouderbala tarafından yapılan sökülebilir gerilim bütünlüğüne sahip yapı.	107
Şekil 3.63. Bouderbala tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip yapının katlanma süreci	107
Şekil 3.64. Roma’ da bir kolezyum	109
Şekil 3.65. Çeşitli katlanabilir çatılar	110
Şekil 3.66. Çatının açık ve kapalı durumları için boykesitleri	116
Şekil 3.67. Oito Sports Park ana stadyumunun hareketli çatı sistemi	116
Şekil 4.1. Tübüler Bomlar (a) STEAM, (b) İki-STEAM Ve (c) birbirine kilitlenmiş İki- STEAM	120

Şekil	Sayfa
Şekil 4.2. Bir teleskopik direğin açılması: (a) sırayla ve (b) eş zamanlı	121
Şekil 4.3. FAST direğinin ilkesi	124
Şekil 4.4. Çember /sütün antenin açılma aşamaları	132
Şekil 4.5. Ayçiçeği anten: (a) katlanmış, (b) açılmış plan görüntüsü	139
Şekil 4.6. DAISY anten: (a) katlanmış, (b) açılmış	140
Şekil 6.1. Afet döngüsü temel aşamaları	163
Şekil 6.2. Afet sonrası aşamalar ve konvansiyonel yapım sistemleri	175
Şekil 6.3. Afet sonrası aşama önerisi	176
Şekil 6.4. Barınma ön ve alt amaç şeması	178
Şekil 6.5. Tır ölçüleri	180
Şekil 6.6. Pantograf sisteminin çalışma mekanizması	188
Şekil 6.7. Modelin mekanik düzenek – mil birleşim nokta detayı	189
Şekil 6.8. Kuvvet-Yer değiştirme grafiği	198
Şekil 6.9. Noktalara ait açıklık yüzdesi-x eksenindeki şekil değiştirmeler grafiği	213
Şekil 6.10. Noktalara ait açıklık yüzdeleri- Y eksenindeki şekil değiştirmeler grafiği .	214
Şekil 6.11. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği	216
Şekil 6.12. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği	217
Şekil 6.13. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği	219
Şekil 6.14. Açıklık yüzdesi-maksimum gerilme grafiği	223
Şekil 6.15. Noktalara (1.,15.,16.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği	224
Şekil 6.16. Noktalara (2. ve 14.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği	225
Şekil 6.17. Noktalara (3., 12., 13.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği	226

Şekil	Sayfa
Şekil 6.18. Noktalara (4., 10., 11.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği	227
Şekil 6.19. Noktalara (5., 9.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği .	228
Şekil 6.20. Noktalara (6., 7., 8.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği	229
Şekil 6.21. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-şekil değiştirme değerleri grafiği (1-8 arası noktalar)	230
Şekil 6.22. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-şekil değiştirme değerleri grafiği (9-16 arası noktalar)	231
Şekil 6.23. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (1., 15., 16. noktalar)	232
Şekil 6.24. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (2., 14. noktalar)	233
Şekil 6.25. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (3., 12., 13. noktalar)	233
Şekil 6.26. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (4., 10., 11. noktalar)	234
Şekil 6.27. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (5., 9. noktalar).	235
Şekil 6.28. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (6.,7.,8. noktalar)	235
Şekil 6.29. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (1., 15., 16. noktalar)	236
Şekil 6.30. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (2.,14. noktalar).	237
Şekil 6.31. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (3., 12., 13. noktalar)	237
Şekil 6.32. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (4., 10., 11. noktalar)	238
Şekil 6.33. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (5., 9. noktalar)..	239
Şekil 6.34. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (6., 7., 8. noktalar)	239
Şekil 6.35. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (1., 15., 16. noktalar)	240

Şekil	Sayfa
Şekil 6.36. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (2., 14. noktalar)..	241
Şekil 6.37. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (3., 12., 13. noktalar)	242
Şekil 6.38. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (4., 10., 11. noktalar)	242
Şekil 6.39. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (5., 9. noktalar) ...	243
Şekil 6.40. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (6., 7., 8. noktalar)	244

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tundra ve İran’ daki göçebe çadırları	5
Resim 2.2. Amerikan yerlilerine ait hareketli Kızılderili çadırları ve Moğol yurtları ...	5
Resim 2.3. Pinero ve onun gezici açılıp-katlanabilir tiyatrosu	12
Resim 2.4. Hoberman’ın hareketli kemeri	18
Resim 3.1. Seville’de Escrig tarafından tasarlanan katlanıp- açılabilir yüzme havuzu .	42
Resim 3.2. EXPO 2000 Hanover, Almanya Iris Kubbesi – Jeodezik kubbenin açılımı	47
Resim 3.3. Kısmen açık ve tamamen katlanmış modeller	76
Resim 3.4. 120 ⁰ ’ li modüllerle yapılmış geçici aşama kabuk	80
Resim 3.5. İki katlı 90 ⁰ ’li elemanlarla yapılmış kısmen dikilmiş kolon	80
Resim 3.6. 120 ⁰ ’ li, modüllerle çevrelenmiş geçici arena	80
Resim 3.7. Açık çerçeveli kolon	81
Resim 3.8. Bölme sağlamak için kullanılan gerilim kablosu	81
Resim 3.9. Renzo Piano tarafından yapılan mobil şehir aracı çadırının açılması	87
Resim 3.10. Renzo Piano tarafından yapılan IBM gezici çadırı	87
Resim 3.11. Açılabilir membran çatının monte edilmesi	88
Resim 3.12. Buro Happold tarafından yapılan Antartik seyahat çadırı	89
Resim 3.13. RSSB çadırının kurulması	89
Resim 3.14. Kurulmuş RSSB çadırı	90
Resim 3.15. Kadillak Tiyatro’nun kurulması	90
Resim 3.16. Kurulmuş kadillak tiyatrosu	91
Resim 3.17. Carlos moseley müzik çadırının kurulma süreci	91
Resim 3.18. Manhattan silüetine karşı Carlos Moseley Müzik Çadırı	91
Resim 3.19. Medine Mescid-i Nebevi ‘ de açılıp-katlanabilir şemsiyeler	93
Resim 3.20. Zaragoza- İspanya’ da açılıp- katlanabilir çatı	95

Resim	Sayfa
Resim 3.21. Birleşik Devletler Atom Enerjisi Komisyonu Gezici Sergi Çadırı	97
Resim 3.22. Barracuda hava destekli yapının taşınması, kurulması ve son şekli	98
Resim 3.23. ML havayla şişirilmiş ikil duvar yapısının taşınması ve nihai şekli.....	99
Resim 3.24. Pnomatik ofis binasının taşınması, kurulumu ve son şekli	100
Resim 3.25. Fuji Grup çadırının kurulum aşamaları	101
Resim 3.26. Taşınabilir bakım çevrili alanının farklı görünüşleri ve katlanma aşamaları	102
Resim 3.27. Gezi, fuar ve konferans salonu	103
Resim 3.28. Stuttgart yakınında Alman firması Festo tarafından yapılan pnomatik fuar alanı yapısı	103
Resim 3.29. Snelson tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip kolon modeli	106
Resim 3.30. Shelter Systems (© Shelter-Systems.com) tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip barınak	106
Resim 3.31. Georgia Kubbesi	108
Resim 3.32. Top Kubbe' nin açılması	112
Resim 3.33. Fukuoka Kubbesi	113
Resim 3.34. Milenyum Stadyumu' nun çatısı	113
Resim 3.35. Vista Alegre boğa güreşi ringi üzerindeki hareketli çatıdan görünüm..	114
Resim 3.36. Oita Spor Parkı ana stadyumu katlanabilir çatısı	115
Resim 4.1. Katlanır tübüler direği	121
Resim 4.2. Somunu döndürmek suretiyle kıvrılıp bükülebilen bir direğin açılması	123
Resim 4.3. ISS için FAST direği	125
Resim 4.4. ADAM açılma aşamaları	125
Resim 4.5. Galileo misiyonu için 5 m çapında rijid kaburga anten	128
Resim 4.6. Sarma-kaburga reflektör anten	130
Resim 4.7. ACeS sistemi için 12 m çapında menteşeli kaburga anten	131

Resim	Sayfa
Resim 4.8. A 5,6 çaplı bir EGS antenin uzayda görüntüsü. MIR yörünge istasyonundan 28 Temmuz 1999 tarihinde alınan fotoğraf	133
Resim 4.9. Katlanmış geri- çekme yaylı anten	135
Resim 4.10. HALCA için bir gerilme-kafes anteni	136
Resim 4.11. AstroMesh açılabilir reflektör anten: (a) konsepti, (b) ve (c) Thuraya için 12,25 m çapında reflektör	137
Resim 4.12. Kablo-Sertleşmeli pantografik açılabilen antenin 3,5 m çapında olan modelinin açılma aşamaları	138
Resim 4.13. Şişme uzay rijidleştirilmiş reflektör anteninin 12 m çaplı modeli	142
Resim 4.14. 14 m çaplı IAE reflektör antenin uzayda görüntüsü	143
Resim 5.1. Deprem sonrası acil barınma çadırları	151
Resim 5.2. Mevlana evleri	152
Resim 5.3. Mevlana evlerinin montajı	152
Resim 5.4. Mevlana evinin içten görünüşü	152
Resim 5.5. Mevlana evi iç görüntüsü	153
Resim 5.6. Mevlana evinden bir görünüş	153
Resim 5.7. 2011 Van depreminde deprem bölgesinde kurulan prefabrik barınma yapıları	154
Resim 5.8. 2011 Van deprem bölgesinde kurulan prefabrik deprem konutlarından bir görünüş	154
Resim 6.1. Hareketli afet korunağının tam kapalı hali	187
Resim 6.2. Hareketli afet korunağının açılma aşaması 1	190
Resim 6.3. Hareketli afet korunağının açılma aşaması 2	190
Resim 6.4. Açılma sırasında çatının görünüşü	191
Resim 6.5. Tam açılmış hal	191
Resim 6.6. Tam açılmış halde çatı panelleri bağlantı detayı	192
Resim 6.7. Katlanabilir yatağın açılma aşaması	193

Resim	Sayfa
Resim 6.8. Tekerlek detayı	193
Resim 6.9. Yan duvar panellerinin açılma aşaması 1	193
Resim 6.10. Yan duvar panellerinin açılma aşaması 2	194
Resim 6.11. Yan duvar panellerinin tam açılmış hali	195
Resim 6.12. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 1	195
Resim 6.13. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 2	196
Resim 6.14. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 3	196
Resim 6.15. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 4	197
Resim 6.16. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 5	197
Resim 6.17. Hareketli geçici afet korunağının tam kapalı hali	201
Resim 6.18. Hareketli geçici afet korunağına kapalı haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası	200
Resim 6.19. Tam kapalı halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri	201
Resim 6.20. Hareketli geçici afet korunağının %25 açık hali	202
Resim 6.21. Hareketli geçici afet korunağına %25 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası	202
Resim 6.22. %25 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri	203
Resim 6.23. Hareketli geçici afet korunağının %50 açık hali	203
Resim 6.24. Hareketli geçici afet korunağına %50 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası	204
Resim 6.25. %50 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri	205
Resim 6.26. Hareketli geçici afet korunağının %75 açık hali	205
Resim 6.27. Hareketli geçici afet korunağına %75 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası	206
Resim 6.28. %75 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri	207
Resim 6.29. Hareketli geçici afet korunağının %100 açık hali	207

Resim	Sayfa
Resim 6.30. Hareketli geçici afet korunağına %100 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası	208
Resim 6.31. %100 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri ...	209
Resim 6.32. Grafiklerde yer alan noktaların sistemdeki yerleri	209
Resim 6.33. Grafikte yer alan noktaların sistemdeki yerleri	210
Resim 6.34. Tam kapalı halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi	220
Resim 6.35. %25 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi	221
Resim 6.36. %50 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi	221
Resim 6.37. %75 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi	222
Resim 6.38. %100 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi	222
Resim 6.39. Sağ makas grafikte yer alan noktaların sistemdeki yerleri	224

HARİTALARIN LİSTESİ**Harita****Sayfa**

Harita 5.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası	145
---	-----

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar ;açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
1-D	Tek boyutlu
2-D	İki boyutlu
α	Hoberman'ın açılı elemanında elemanın karşılık geldiği açı
θ	Hoberman'ın açılı elemanında açılma açısı
aces	Asya hücresel uydu sistemi
adam	Able açılabilen eklemli direği
afra	Gelişmiş katlama kaburga anteni
arise	İleri radyo interferometri
brc	Çift yönde kararlı-sarılmış kompozit
cfrp	Karbon fiberli takviyeli plastiktir
cspda	Kablo-sertleşmeli pantografik açılabilen anten
ctm	Katlanabilir tüpüler direği
dsl	Açılabilir yapılar labaratuvarı
daisy	Açılabilir anten entegre sistemi
egs	Enerji-gpı-uydu
ets-viii	NASDA mühendislik uydu testi viii
fast	Katlanır eklemli kare kafes giriş direği
gae	Genelleştirilmiş açılı elemanlar
gae tip I	Bir açılı çubuk takımının her iki uçta da eşkenar üçgenlerden herhangi bir sayıda paralel kenar zinciri oluşturmasından ortaya çıkan gae
gae tip II	Bir açılı çubuk takımının her iki uçta da benzer üçgenlerden herhangi bir sayıda paralel kenar zinciri oluşturmasından ortaya çıkan gae
hca	Çember / Sütun Anteni
hra	Menteşeli kaburga anteni
hst	Hubble uzay

Simgeler**Açıklama**

iae	Şişme anten deneyi
jpl	NASA jetli sürüş laboratuvarı
k	Her bir açılı elemandaki çubuk sayısı
l	Çok açılı elemanları oluşturan her bir çubuğun uzunluğu
n	Daire parçası sayısı
rf	Radyo frekans
rra	Rijit-kaburga anteni
sba	Geri-çekme yaylı anten
sle	Makas tipi eleman
ssda	Katı yüzeyli açılabilir anten
stem	Depolanabilir tüpüler uzayabilir eleman
tdrs	NASA izleme ve bilgi aktarma uydusu
ats-6	Uygulamalar teknoloji uydusu
wra	Sarma kaburga anteni

Kısaltma**Açıklama**

DLR	Alman Uzay Araçlar Merkezi
ESA	Avrupa Uzay Ajansı
ISS	Uluslararası Uzay İstasyonu
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NASDA	Japonya Ulusal Uzay Geliştirme Kurumu
RSSBR	Radha Soamy Satsan Beas
STRM	Shuttle Radar Topografi Misyonu
UNDRO	Birleşmiş Milletler Afet Koordinatörü Bürosu
LaRC	NASA Langley Araştırma Merkezi
HALCA	ISAS iletişim ve astronomi yüksek düzeyde gelişmiş laboratuvar

1. GİRİŞ

Hareketli ve açılıp-katlanabilir yapılar sıkıştırılmış ve katlanmış bir şekilde saklanabilir ve kolayca yük taşıyıcı açık biçimlere getirilebilir. Bu nedenden dolayı, hızlı ve kolay kurulum ve yeniden kullanım gerektiren uygulamalar için uygundur.

Hareketli yapılar konusundaki çalışmalar ve gelişmeler en çok uzay uygulamalarına odaklanmıştır. Antenler ve uzay üstleri gibi büyük yapıların bir fırlatma aracına sığacak biçimde paketlenmeleri ve yörüngeye ulaşıldığında açılmaları gerekmektedir. Bu tür amaçlarla geliştirilmiş açılıp-katlanabilir yapıların küçük sıkıştırılmış hacme sahip olmaları, çabuk birleştirilmeleri ve kolay kurulabilmeleri gibi avantajları vardır. Bu gibi olumlu nitelikleri nedeniyle açılıp-katlanabilir yapılar dünya yüzeyinde de stadyum çatıları, askeri köprüler ve çeşitli sığınak yapıları gibi yapılarda da uygulanmaktadır.

Afetler, insan ve insan yerleşimleri üzerinde fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara neden olmaktadır. Bu durum insanlara normal yaşam ve günlük faaliyetlerini durdurarak ya da kesintiye uğratarak zarar vermektedir. Afet sonrası yaşanan sorunların başında barınma ihtiyacı gelmektedir. Afetzedeler için kurulan geçici afet korunakları olumsuz çevre etkilerinden korunmayı ve günlük yaşam koşullarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Ülkemizde afet sonrası kalıcı konut yapımına kadar ; Çadır Tipi, Mevlana Evleri ve Prefabrik Konutlar geçici afet korunakları olarak kullanılmaktadır. Uzun süreli kullanım zorunluluğu halinde çadır tipi, mevlana evleri gibi ülkemizde kullanılmakta olan geçici afet korunaklarında dayanıklılık, güvenlik, sosyal ihtiyaçlar vb. şartların karşılanamaması,ve tekrar tekrar kullanıma uygun olmaması geleneksel barınma yöntemlerini kullanışsız ve ekonomik açıdan pahalı hale getirmektedir. Afetzedelerin temel ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan mutfak, tuvalet, banyo gibi temel bölümlerin geleneksel afet korunaklarında bulunmaması uzun süreli kullanımlarda afetzedelerde psikolojik ve sosyolojik bazı sorunlar yaşanmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu alanların ortak kullanımı kişisel ve ailesel mahremiyetlerin sağlanamaması sonucunu doğurmaktadır. Ayrıca ülkemizde çok farklı iklim koşulları olduğu düşünülürse, geleneksel afet

korunaklarında uzun süreli kullanımda yeterli iklimsel konforun sağlanamadığı tespit edilmiştir.

Ülkemizde sık sık yaşanan deprem gibi doğal afetler sonrası barınma ihtiyacının istenilen hız, kalite ve konforda karşılanamaması bizi hareketli yapı sistemi mantığının geçici afet korunaklarına uygulanması konusunda araştırma ve tasarım yapmaya teşvik etmiştir.

Afetzedelerin daha konforlu ve sağlıklı mekanlarda yaşamalarını sağlayabilmek için günümüzde kullanılan geleneksel yöntemlerin yerine daha gelişmiş alternatif sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Tez kapsamında bu sorunun çözümüne yönelik olarak bir model önerilmektedir. Bu model tasarımı, afetzedelerin daha konforlu, güvenli, sağlıklı ve aile mahremiyetinin korunduğu mekanlarda barınma sürecini geçirmesini sağlamak hedeflenmektedir. Günümüzdeki geçici afet korunaklarının geliştirilmesine yönelik örnek bir model tasarlanmıştır. Bu tasarımın geçici afet korunağı anlayışını değiştireceği yeni tasarımlar için yararlı bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Bu tezde hareketli yapı sistemleri mantığını geçici afet korunaklarına uygulayarak nakliye, depolama ve montaj maliyetini minimuma düşürülmesi amaçlanmıştır. Hepimizin bildiği akordeon müzik aletinden ilham alınarak; hareketli yapı sistemlerinin mantığı geçici afet korunağına uygulanarak afet sonrası kullanılmak üzere bir afet korunağı modeli tasarlanmıştır. Önerilen afet korunağının hareketli (açılıp-katlanabilir) olmasıyla nakliye, montaj, demontaj, depolama maliyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir. Model içine sabit bir hücre tasarlanmış; içine mutfak, tuvalet ve banyo kısımları sabit olarak yerleştirilmiştir. Böylece afetzedelere geleneksel afet korunaklarına göre çok daha konforlu bir yaşam alanı sunmak amaçlanmıştır.

Hareketli afet korunağı modelinin üç boyutlu animasyonu yapılmış, tasarlanan model görsel olarak anlaşılır hale getirilmiştir. Son bölümde hareketli geçici afet korunağının tam kapalı, %25 açık, %50 açık, %75 açık ve %100 açık durumlar için çarpma kuvvetinin etkisiyle statik analizi yapılmıştır. Seçilen kritik noktalara ait analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

2. HAREKETLİ YAPI SİSTEMLERİ

2.1. Hareketli Yapı Sistemi Kavramı

Hareketli ve açılıp-katlanabilir yapılar; genel olarak sıkıştırılmış ve katlanmış bir şekilde saklanabilen ve kolayca taşınarak, yük taşıyıcı açık biçimlere getirilebilen yapılardır. Bundan dolayı, hızlı, kolay kurulum ve yeniden kullanım gerektiren uygulamalar için idealdirler.

Hareketli ve açılıp-katlanabilir yapılar konusundaki çalışmalar ve gelişmeler geçmişte en çok uzay uygulamalarına odaklanmıştır. Antenler ve uzay üsleri gibi büyük yapıların bir fırlatma aracına sığacak biçimde paketlenmeleri ve yörüngeye ulaşıldığında açılmaları gerekmektedir. Bu tür amaçlarla geliştirilmiş hareketli yapıların küçük sıkıştırılmış hacme sahip olmaları, çabuk birleştirilmeleri ve kolay kurulabilmeleri gibi avantajları vardır. Bu gibi olumlu nitelikleri nedeniyle hareketli yapılar inşaat mühendisliğinde de stadyum çatıları, askeri köprüler ve çeşitli sığınak yapıları gibi yapılarda da uygulanmaktadır.

Hareketli ve açılıp-katlanabilir yapılar kavramı ile kastedilen yukarıda da söz edildiği gibi yapının sıkıştırılarak katlanabilme ve açılarak yük taşıyıcı hale getirilebilmesi özelliğine sahip olmasıdır. Hareketli ve açılıp-katlanabilir yapı kavramı yerine bundan sonra ifade kolaylığı göz önünde bulundurularak “hareketli yapı” ifadesi kullanılacaktır.

2.2. Dünden Bugüne Hareketli Yapılar

Hareketli yapıların temel karakteristiği; hızlı kurulum ve yeniden kullanım için kolay demonte edilebilmeleridir. Bu tür yapılara, insanoğlu göçebe yaşam sürülen eski zamanlardan günümüze kadar ihtiyaç duymaktadır. Resim 2.1’de görülen İran’ın göçebe çadırları, Resim 2.2’ deki Amerikan Kızılderili çadırları ve Moğol yurtları, ya da Afrika çöllerinden Şekil 2.1’ deki Berber çadırları zamanlarının kısıtlı şartları ve malzemeleriyle yapılmış hareketli yapılara ait tarihsel örneklerdir.

Bu hafif yapıların çoğunluğu bir yerden başka bir yere hayvanlar tarafından nakledilir (Şekil 2.2) ve doğrudan toprak üzerine kurulurdu. Bu yapılar basit, doğrusal elemanlardan oluşur ve dokuma kumaş ya da rijit panellerle kaplanırdı.

Hareketli yapılara ait uygulamalar: Katlanır yol haritaları, şemsiyeler, açılır radyo antenleri, elbise kurutma askıları, katlanabilir bahçe mobilyaları herkesçe yaygın olarak kullanılmaktadır.

Daha yapısal uygulamalar: Pnömatik kubbeler, açılabilen kemerler, kubbeler, hava taşıtı hangarları, arazi hastaneleri, depolar, geçici konutlar, inşaat alanlarında betonun priz alması için oluşturulan koruyucu çadırlar ve bunun gibi nice uygulamalardır.

İletişim vinci, uzay vinci ve uzay platformları, büyük yansıtıcılar, kafes örgülü yansıtıcılar ve bunları taşıyan yapılar uzay endüstrisindeki uygulama örnekleridir.

Çoğu durumda hareketli yapıların seçimi; nakil ve depolama sırasındaki maksimum şekilde yerden kazanma, montajda nispeten kolaylık, işçilikten tasarruf ve tekrar tekrar kullanım olasılığı gibi özellikler doğrultusunda yapılır.

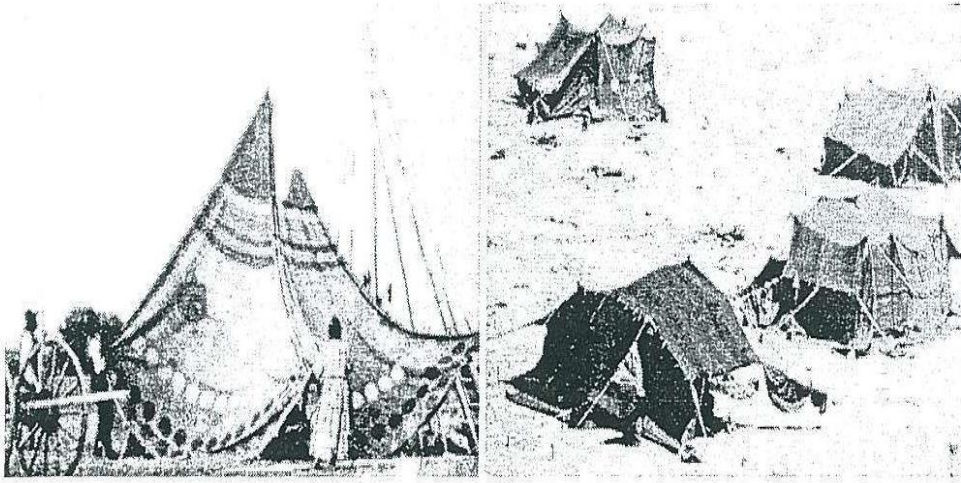
Dünden bugüne hareketli ve hızlı monte edilebilen yapı kavramı birçok tasarımcı tarafından ele alınmış ve geliştirilmiştir. Bu yapıların geliştirilmesine büyük ölçüde İspanyol mühendis Pinero öncülük etmiştir. Avcı sandalyesinden - çok geniş açıklıklı kubbelere kadar insanlık tarihi boyunca var olan katlanabilir araç-gereç ve yapılara ait geçmişi kapsayan bir bakış açısı Escrig [1996] tarafından verilmiştir. Francesco de Giorgio iterek ya da çekerek geometrik şekli değiştirmek için diagonal gergi çubukları olan makinalar tasarlamıştır. Palladio, Verantius ve Primaticio geçici köprüler tasarlamıştır. Leonardo da Vinci tarafından da Şekil 2.3a' daki şemsiye ve Şekil 2.3b' deki pantografik yük taşıma kaldırıcı gibi çeşitli tasarımlar yapılmıştır.

Zuck ve Clark [1970]' de kullanıcı tarafından montajlanabilen yapıları ele alan birtakım projeleri listelemiş ve tanımlamışlardır.

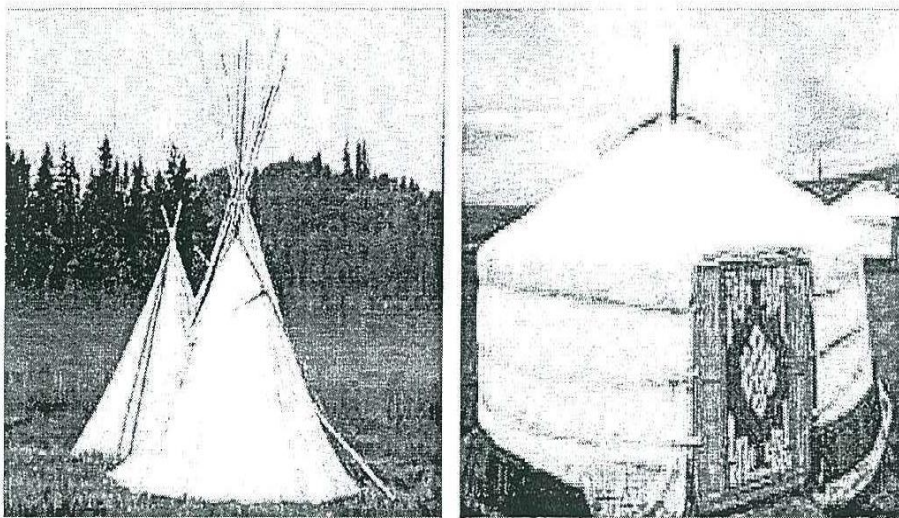
Geçmişte araştırmacılar bu yapıların analiz ve dizaynının detay prosedürüne girmeden çoğunlukla mimari bakış açısıyla ele almışlardır.

Günümüz literatüründe ise bu tip yapıların dizaynının yanı sıra, hem geometrik hem de mekanik analizi önemli konulardır.

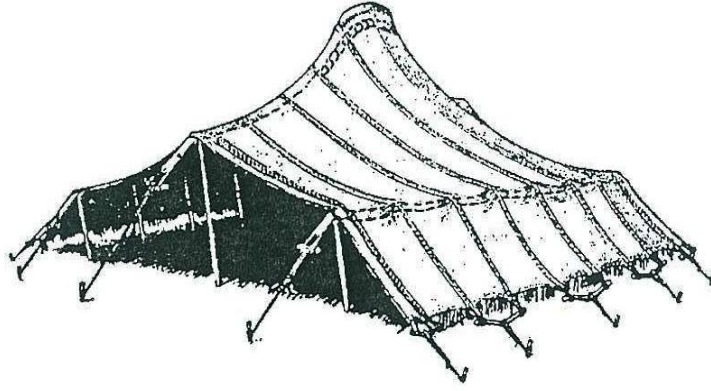
Modern hareketli yapılar öncü hareketli yapılardan imalat ve inşa yöntemleri açısından farklılık gösterirler. İlk hareketli yapıların tam tersine, bugünkü hareketli yapılar önceden tasarlanan geometrik şekli oluşturmak için fabrikada birleştirilen elemanlara sahiptir. Yapının birçok bileşenlerini basitçe eklemlerle birleştirerek hızlı bir montaj prosedürü gerçekleştirilmektedir.



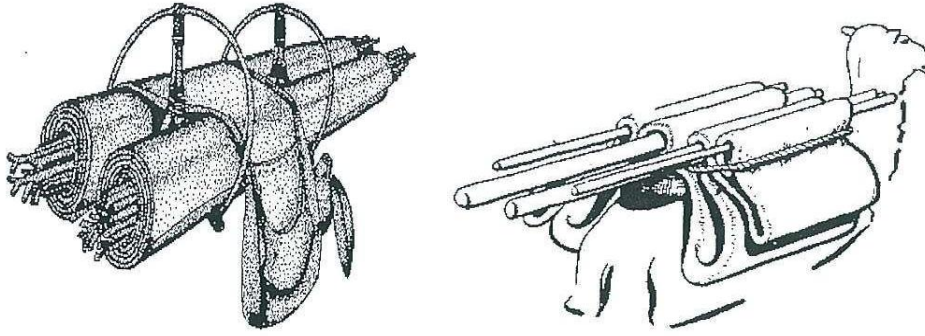
Resim 2.1. Tundra ve İran’ daki göçebe çadırları [5]



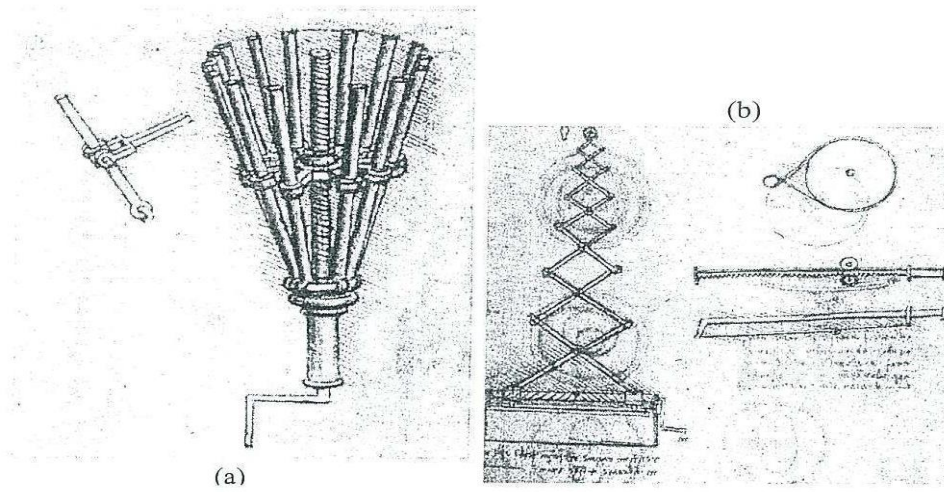
Resim 2.2. Amerikan yerlilerine ait hareketli Kızılderili çadırları ve Moğol yurtları [5]



Şekil 2.1. Geçici berber çadırı [5]



Şekil 2.2. Geçici çadırların toplanıp katlanması [5]



Şekil 2.3. Leonardo da Vinci'nin tasarımı olan hareketli yapılar [5]

Ayrıca günümüz modern hareketli yapıları ve uygulamaları tarihteki ilk uygulamalarına göre oldukça farklı ve kapsamlıdır. İlk uygulamalarında barınma amaçlı kullanılan bu yapılar günümüzde; geçici eğlence mekanları oluşturma ya da doğal afet mağdurlarını barındırma amaçlı geçici korunaklar olarak, ya da inşaat endüstrisi için kullanılmaktadır.

2.3. Mevcut Uygulamalar

Daha önce de belirtildiği gibi günümüzde hareketli yapı uygulamaları; eğlence-dinlenme mekanlarında, fuar yapılarında, uzay endüstrisinde, savunma yapılarında ve yapı endüstrisinde vb. yapılmaktadır. Acil korunak yapıları haricinde, konut projelerinde sınırlı uygulamalar yapılması beklenir. Hareketli yapılara ait bazı uygulamalar şöyle sıralanabilir:

1. Deprem ya da diğer doğal afetler sonrası ihtiyaç duyulan geçici afet korunakları ya da geçici köprüler
2. Erişimi uzak şantiye sahalarında ihtiyaç duyulan geçici yapılar
3. Yol inşaatı, harita ölçüm çalışmaları, ya da soğuk iklim şartlarında beton dökümü gibi dış mekan çalışmalarında geçici koruma ve barınma yapıları uygulamaları
4. Kapalı tenis kortları çatıları için küresel ve parabolik kubbe uygulamaları ya da beysbol ve futbol stadyumları için açılır-kapanır çatı uygulamaları
5. Geçici taşınır depolar, hangarlar ve bakım tesisleri
6. Açılıp-katlanabilir (makas tipi) iskele uygulamaları
7. Hafif kamping ve dinlenme yapıları uygulamaları
8. Güneş ya da yağmurdan korunma amaçlı açılır-kapanır tenteler
9. Fuar-sergi alanı yapıları
10. Geçici bölmeler, kafesler, kemerler, kirişler
11. Seralar ve diğer ziraat yapıları uygulamaları
12. Gezici tiyatrolar ve konser platformları
13. Oyuncak endüstrisi

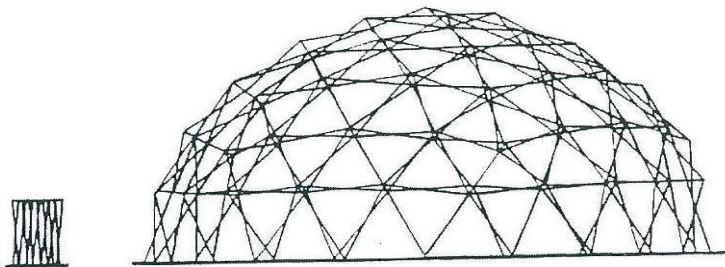
Havayla şişen yapıların uzun süre sağlam kalamaması, uzay mekiklerinin yük taşıma kapasitelerinin düşük olması ve uzayda inşa süresinin kısıtlı olması gibi nedenlerden dolayı hareketli yapılar uzay endüstrisinin büyük ilgisini çekmiştir. Sıkıştırılarak paketlenmiş hareketli yapılar aşağıdaki uzay uygulamaları için çözümler sunmaktadır.

- ✓ Uzay istasyonlarının bileşenleri
- ✓ Platformlar
- ✓ Güneş panelleri
- ✓ Radyatörler
- ✓ Uzay vinçleri ve uzaktan erişimli kumanda kolları
- ✓ Katlanabilir kanatlar ve kollar
- ✓ Çarpma koruma sistemleri
- ✓ Parabolik yansıtıcılar ve antenler
- ✓ Uzay istasyonları için oturmaya elverişli birimler

2.4. Avantajlar

Hareketli yapılar; inşa süresi ve kolaylığı gibi çok önemli faktörlerden dolayı geçici yapılar için onları uygun alternatif haline getiren çeşitli avantajlara sahiptirler. Bu avantajlar şöyle sıralanabilir:

- ✓ İnşaa-montaj süresindeki hız (Bu avantaj, acil durumlarda, kötü hava koşullarında ya da olumsuz çevre şartlarında hayati önem taşımaktadır.)
- ✓ İnşaa-montaj kolaylığı (İnşa için çok ve özel araç-gereç ve ekipmana ihtiyaç duyulmaması ve düşük iş gücü gereksinimi en önemli avantajlardan bir tanesidir.)
- ✓ Taşıma ve depolama kolaylığı (Şekil 2.4' de görüldüğü gibi katlanmış haldeki sıkıştırılmış yapı taşıma ve depolama kolaylığı sağlamaktadır.)
- ✓ Tekrar kullanılabilirlik (Sıkıştırıp katlamanın ve yeniden açıp monte etmenin kolay, hızlı ve maliyetinin düşük olması hareketli yapıların tekrar kullanımını avantajlı hale getirmektedir.)
- ✓ İnşaa, demontaj ve yeniden inşa için düşük beceri ihtiyacı
- ✓ Diğer alternatiflerle rekabet edebilir toplam maliyet



Şekil 2.4. Kubbenin katlanmış ve açılmış şekilleri [5]

2.5. Hareketli Yapı Tipleri

Hareketli yapıları farklı kriterlere göre çeşitli kategorilere ayırmak mümkündür. Bu kriterlerden birinin uygulamanın yapılacağı çevre olacağı düşünülürse; bu yapıları önce dünya yüzeyinde kullanılan hareketli yapılar ve uzayda açılabilen yapılar olarak iki ayrı şekilde inceleyebiliriz.

Hareketli yapıları aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür:

1- Dünya Yüzeyinde Kullanılan Hareketli Yapı Uygulamaları

- a- Pantografik Açılıp-Katlanabilir Yapılar
- b- 2-D Panelli Hareketli Yapılar
- c- Kablolu ve Membran Hareketli Yapılar
- d- Pnömatik Hareketli Yapılar
- e- Çubuk-Kablo Hareketli Yapılar
- f- Hareketli Çatılar
- g- Diğer Mimari Uygulamalar

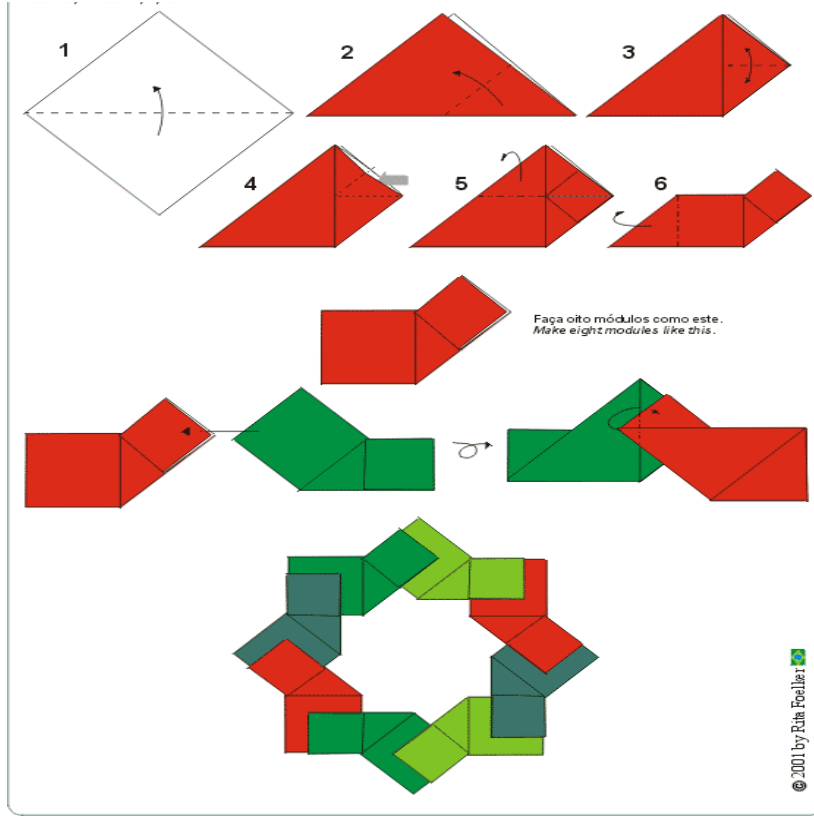
2- Uzayda Açılabilen Hareketli Yapı Uygulamaları

- a- Açılabilir Kuleler
- b- Antenler
- c- Güneş Panelleri

2.6. Hareketli Yapı Çalışmaları

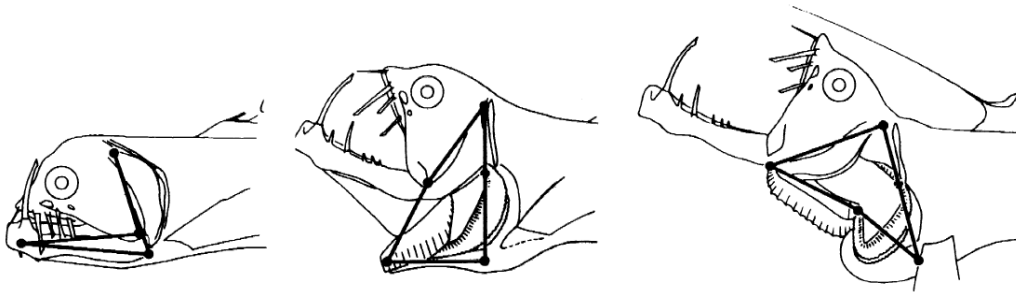
Japonya ve İspanya kültüründe origami katlama sanatı geleneğinin olması açılıp-katlanabilir hareketli yapıların geniş kapsamlı araştırılmasında ve geliştirilmesinde bu ülkeleri öne çıkarmıştır.

Japonya’ da origami geleneği, kağıt katlama sanatı çok gelişmiştir. Bu sanata ait bir örnek Şekil 2.5’de sunulmuştur.

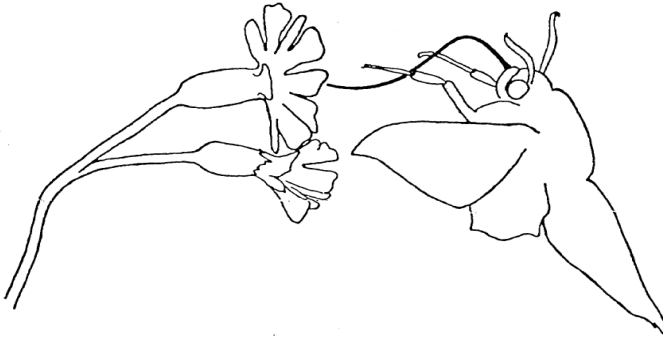


Şekil 2.5. Origami katlama sanatı örneği

Şekil 2.6 ve 2.7’de gösterildiği gibi doğadaki canlılardaki varlığı gözlemlenen açılıp-katlanabilir hareketli yapılar [16] ve origami sanatı hareketli yapılara ait araştırmaların çıkış noktasını oluşturmuştur.



Şekil 2.6. Fener balığı, Lophius’ un ağzının açılma mekanizması [Muller, 1996]



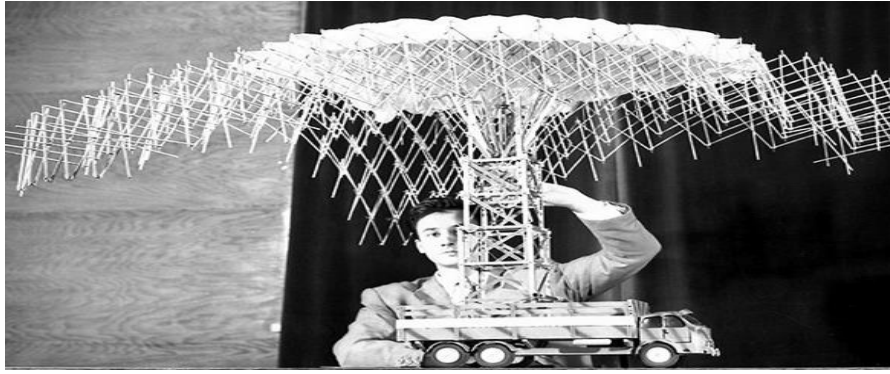
Şekil 2.7. Çiçeğin açılıp kapanması [Strasburg, 1903]

Hareketli yapılara ait araştırmalarda öne çıkan isimlerden bir tanesi Profesör Korio Miura [5] ve öğrencileridir.

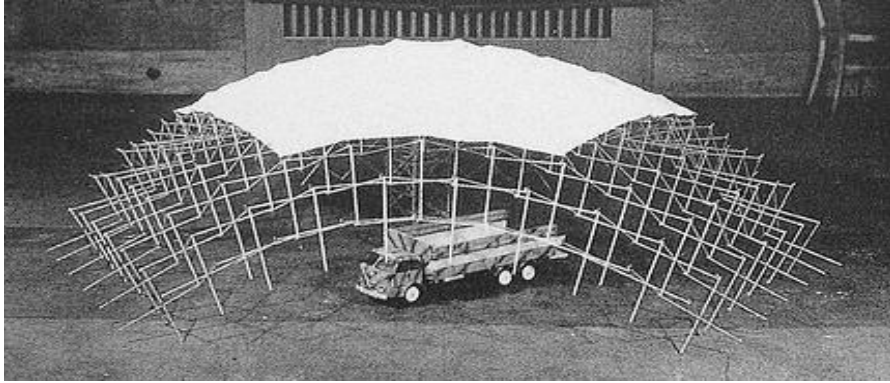
Resim 2.3’de görülen 1960 yılında İspanyol Perez Pinero’ nun çalışmaları sonucu ortaya koyduğu açılıp katlanabilir gezici tiyatro birçok mimar ve mühendisi bu konuda çalışmalar yapmaya sevk etmiştir. Pinero bu çalışmasıyla açılıp-katlanabilir makas yapılar uygulamasını tanıtmıştır [5,15]. Pinerodan önce de hareketli yapılar konusunda çalışmalar yapılmıştır, ancak Pinero’nun bu çalışması geniş alanları kapatmakta kullanılan ilk kapsamlı hareketli sistemdir [5,15]. Sistemde düz ve kubbe yapılar yer almaktadır [5,15]. Bu konudaki en aktif araştırmacılar arasında sayabileceğimiz Profesör Felix Escrig [1985,1993] ve Seville Üniversitesi mimarlık fakültesindeki çalışma arkadaşlarıdır [5,15]. Escrig ve J.P. Valcarel kafes yapılarda çift yönde polar ötelenebilen elemanlar yerleştirilerek üç boyutlu yapıların elde edilebileceğini göstermiştir.. Şekil 2.8, 2.9, 2.10 Escrig ve Valcarel’ in sayısız geometrik modellerinden bir kaçını göstermektedir [14].



a

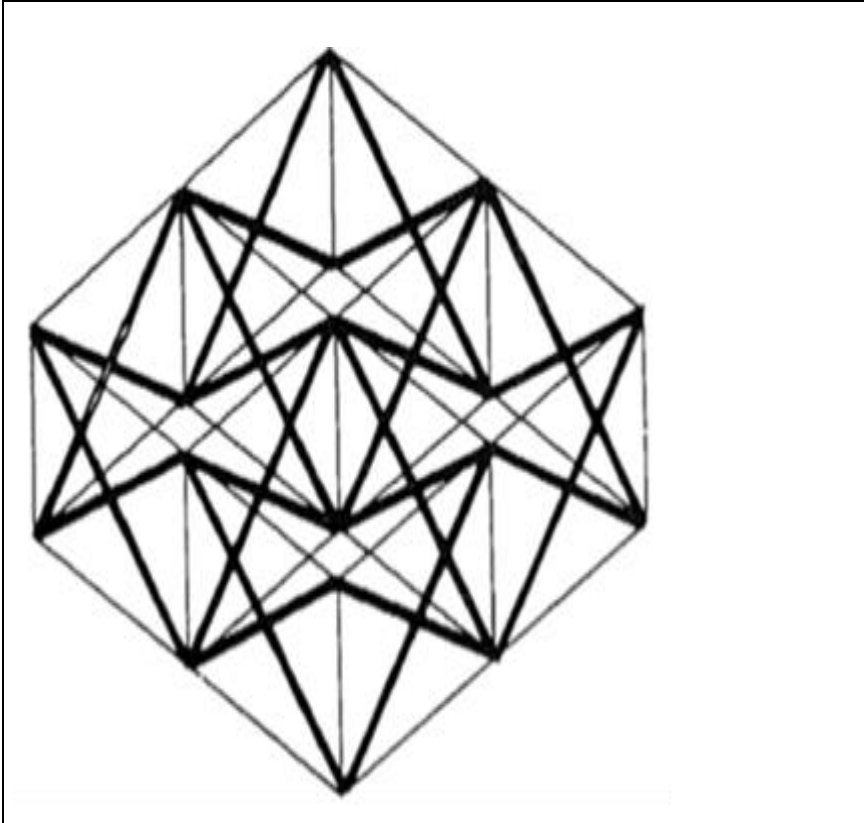
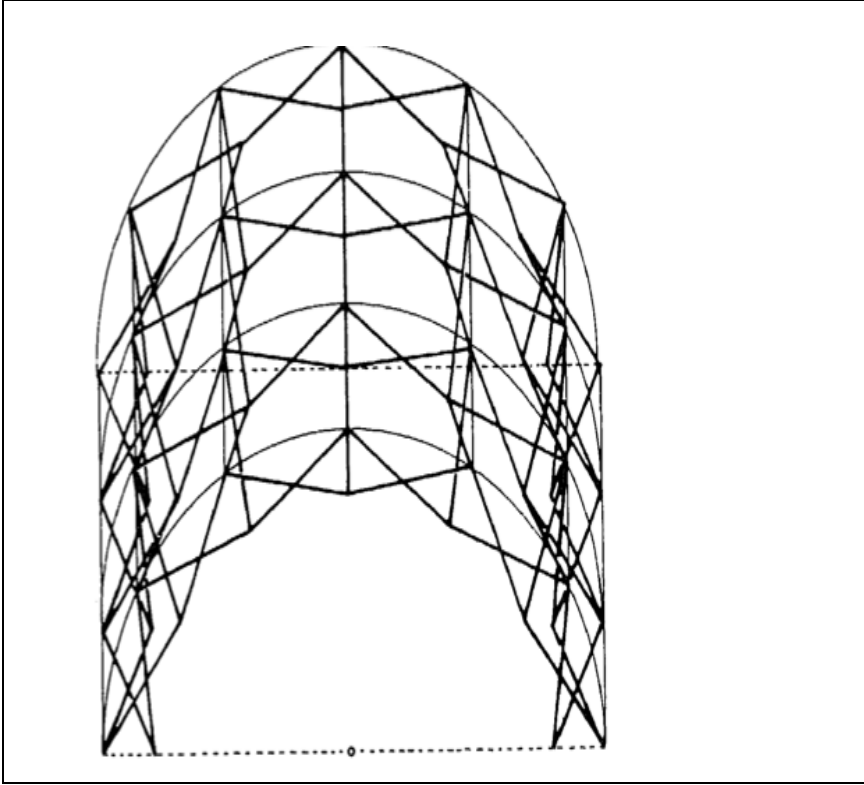


b

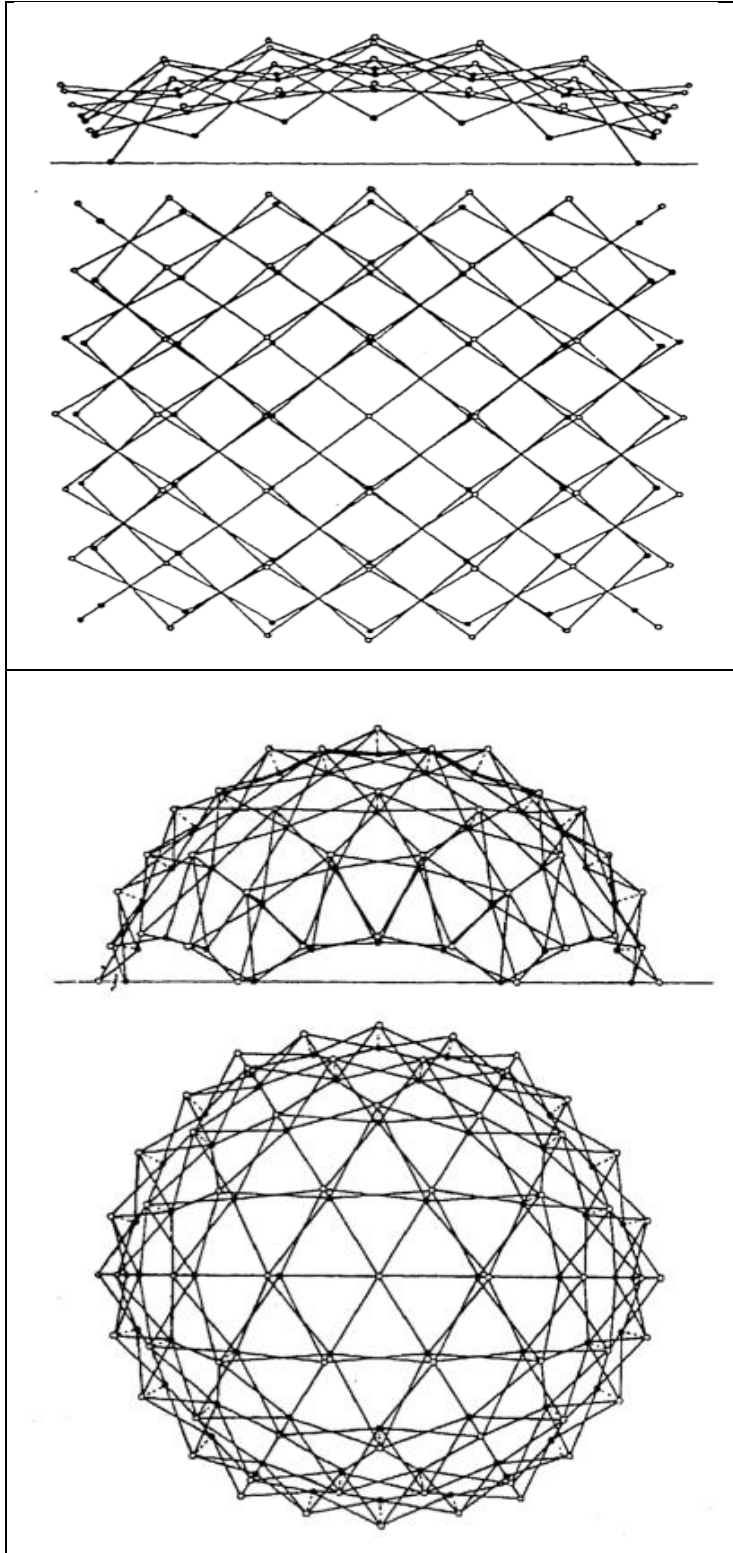


c

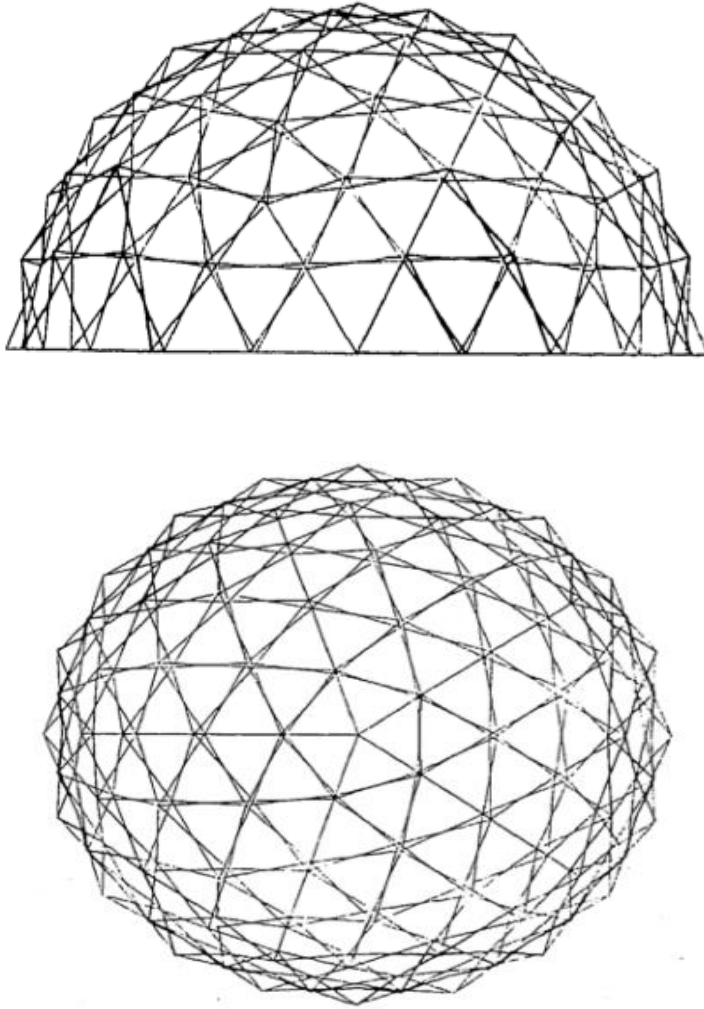
Resim 2.3. Pinero ve onun gezici açılıp-katlanabilir tiyatrosu [Emilio Perez Pinero]



Şekil 2.8. İki yönlü kafes : Polar elemanlı silindirik kafes (üstte), dönel elemanlı düzlem kafes(alta) [Escrig, 1985]



Şekil 2.9. İki yönlü polar elemanlı küresel kafesin yan ve üst görünüşü (üstte) ve üç yönlü polar elemanlı küresel kafesin üst ve yan görünüşü (altta) [Escrig, 1993]



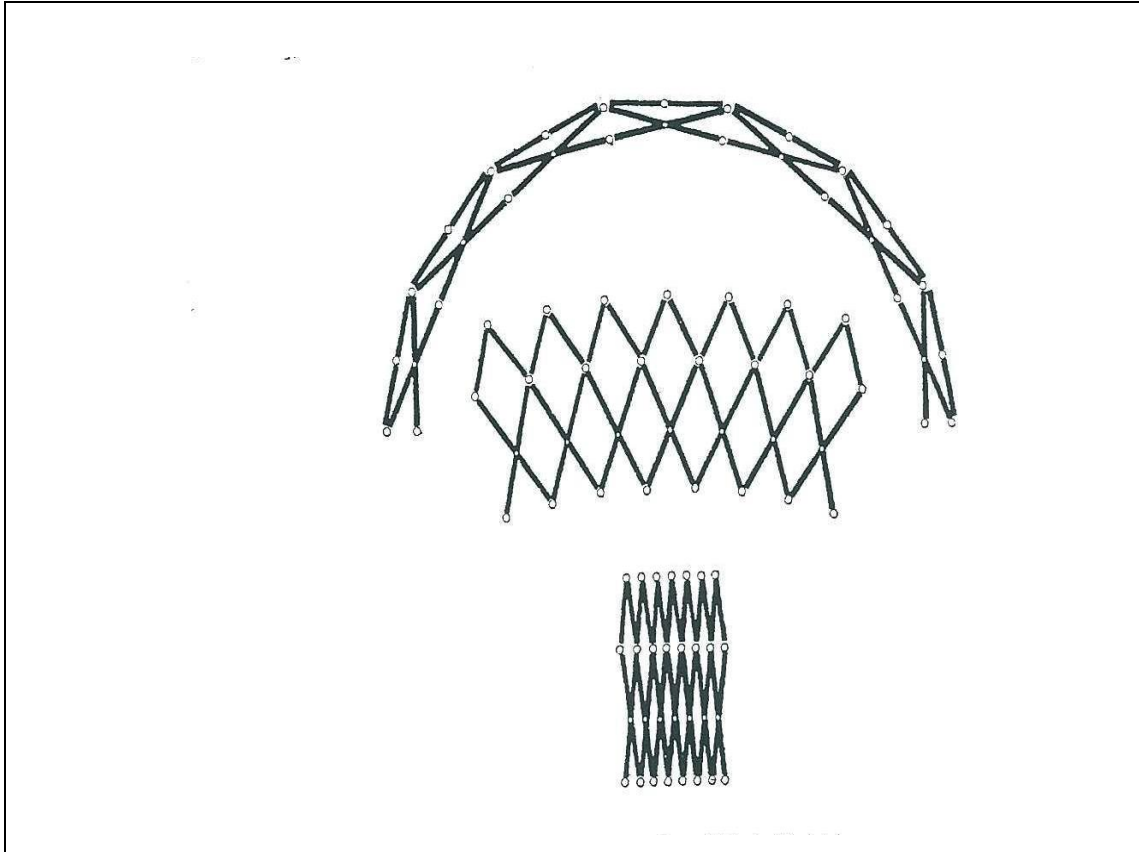
Şekil 2.10. Polar elemanlı geodezik kafesin yan ve üst görünüşü [Escrig, 1993]

Hareketli yapılar konseptinin en önemli ismi Massachusetts Institute of Technology Üniversitesi mimarlık fakültesi profesörlerinden Waclaw Zalewski ve öğrencisi Sivam Krinshnapillai'dir [5]. Profesör Waclaw Zalewski ve öğrencisi Şekil 2.11'deki bükülebilir tip hareketli yapılar fikrini literatüre kazandırmıştır. Yine bu fikir üzerine Venezuela'da çalışmalar yapan Carlos Henrique Hernandez Merchan Profesör Waclaw Zalewski'nin öğrencisidir [5].

İngiltere Cambridge Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'ndeki Dr. Sergio Pellegrino'nun kurduğu Deployable Structures Laboratory (DSL) bugün bu konularda araştırmalar yapan en kapsamlı merkezdir.

Bu merkez hareketli yapılara ait araştırmalarını dünya ve uzay için yapılacak uygulamalar olarak kurulduğu günden bugüne sürdürmektedir [5].

Dr. Pellegrino bugün hareketli yapılar konusunda çalışmalar yapmakta olan birçok öğrenci yetiştirmiştir. Dr. Pellegrino' nun öğrencilerinden Zhong You [5] benzer bir araştırma merkezini Oxford Üniversitesi'nde kurmuştur [5].



Şekil 2.11. Zalewski'nin başlangıç bükülebilir hareketli yapı fikirlerinden bir tanesi [5]

Uzay uygulamaları konusunda ihtiyaç ve talepler arttıkça NASA tarafından desteklenen Laboratories of National Air ve Space Agency bu konu da çalışmalar yapmaktadır [10]. NASA'yla birlikte çalışmalar yürüten en önemli merkez Colorado Üniversitesi'ndedir [5]. Hareketli yapılar konusuna öncülük eden bu isim ve merkezler bugün bu konunun bir çok insanın dikkatini çekmesini sağlamışlardır.

Chuck Hoberman (1990)' nın açılı çubuklu makas tip elemanı tanıtmasıyla yeni bir bakış açısı kazanılmış ve hareketli yapıların uygulama sahaları geniş çapta artmıştır [Resim 2.4]. Bu buluş, ötelenebilen ve polar elemanlarla başarı elde etmenin mümkün olmadığı

doğrusal açılmayı kanıtlayan kolaylıkla açılabilen kapalı döngü yapıların bulunmasının yolunu açmıştır [15,19]. You ve Pellegrino[1997] açılı elemanlar kavramını çok açılı elemanlar kavramına dönüştürmüştür.

Bu tip açılı makas-tip çubuklarla oluşturulan yeni sistemler You ve Pellegrino'nun (1996 ve 1997) laboratuvarında başka bir araştırma konusu oluşturmuştur. You ve Pellegrino'nun bu çalışmasına tezin Pantografik Açılıp-Katlanabilir Çubuk Yapıları bölümünde yer verilecektir.

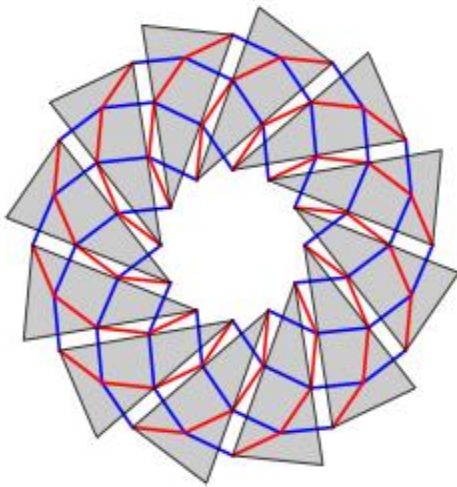
Charis Gantes [1997,2001] sistematik olarak kararsız ve bükülebilen yapıları araştırmış, ve düz kirişler, eğri kirişler ve farklı geometriye sahip yapılar için geometrik tasarım yaklaşımı geliştirmiştir [15]. Açılma boyunca doğrusal olmayan geometri olarak karakterize edilen yapısal tepki üzerine yapılan araştırmalara başkanlık etmiştir. Açılmanın simülasyonu, karmaşık sonlu eleman modellemeyi içeren analizlemede en önemli bölümdür [15].

Şekil 2.12' de görüldüğü gibi Kassabian [1999] , çok açılı elemanlar üzerini kaplama malzemesi ile kapatarak katlanır çatı uygulaması yapmıştır.

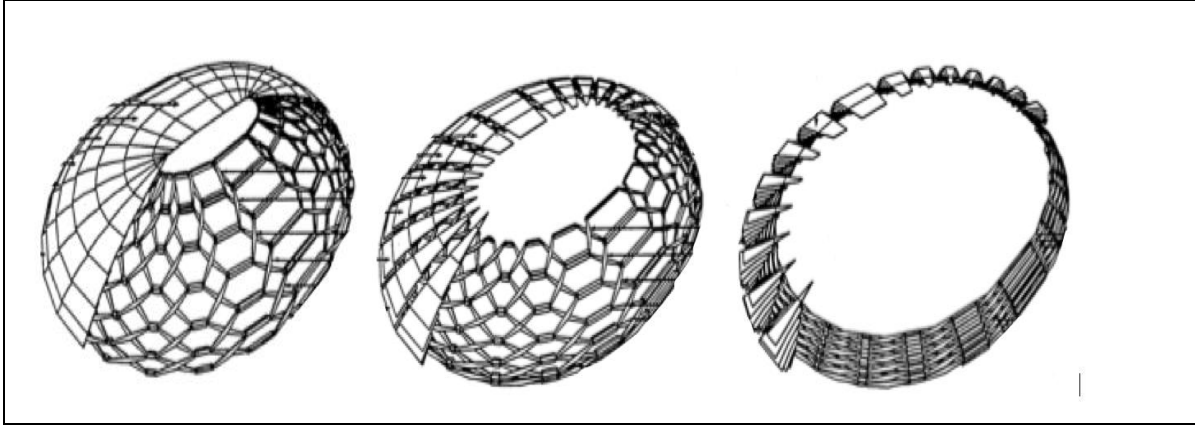
Jensen [2004] açılabilir çatılar için kaplama elemanları üzerine çalışmalar yaptı [11]. Kubbe tipli hareketli yapılar üzerine sayısız çalışmalar yapıldı. 20. yüzyılın Leonardo da Vinci' si [Baldwin,1996] olarak anılan Hoberman hareketli kubbe geometrileri üzerindeki çalışmalarıyla yeni bir çığır açtı. Iris kubbeyi tasarlayan Hoberman, 2000 yılında Hanover Fuarı'nda bu çalışmasının kaplama ile kapatılmamış bir modelini sergiledi. Şekil 2.13 kaplama elemanı monte edilmiş oval yapıda iris tipi hareketli kubbeye ait açılma aşamalarını göstermektedir.



Resim 2.4. Hoberman'ın hareketli kemeri [Hoberman, 2009]

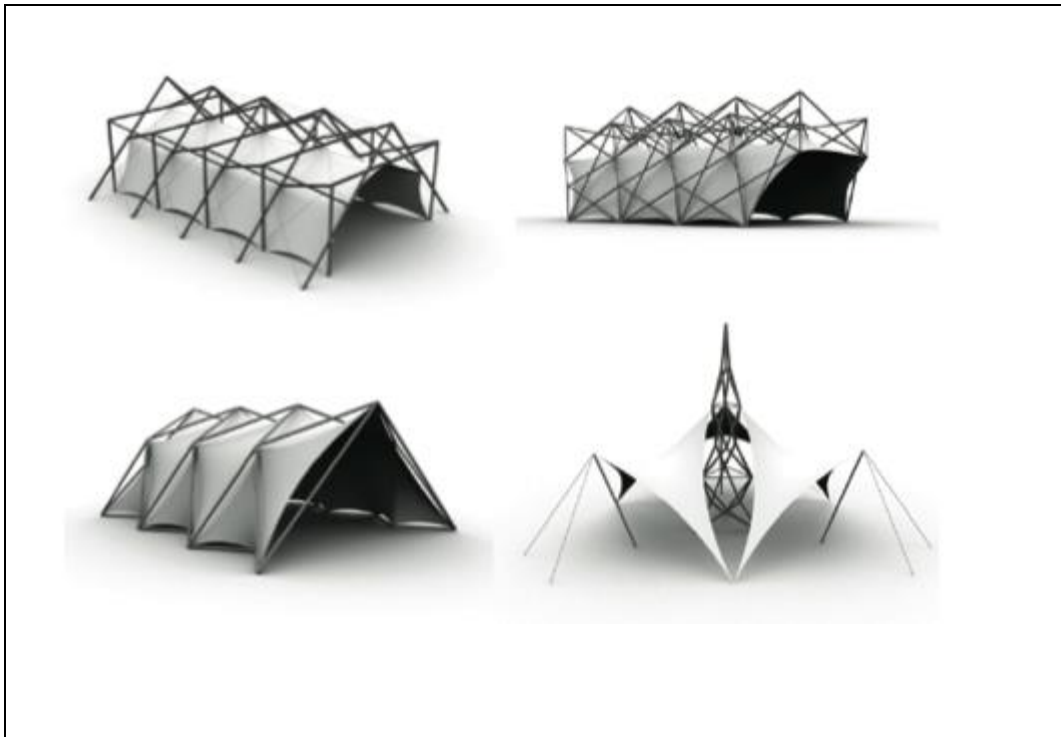


Şekil 2.12. Kaplama elemanı ile kaplanmış açılmanın orta safhasındaki çok açılı elemanlı yapı [Kassabian,1999]



Şekil 2.13. Farklı açılma aşamalarıyla iris tipi hareketli yapı [Hoberman, 1991]

2007 yılında Niels De Temmerman [De Temmerman, 2007] hareketli yapılarda uygulanabilir farklı tasarımlar sunmuştur [15]. Şekil 2.14 bu tasarımlara ait örnekler sunmaktadır.



Şekil 2.14. Üstte polar ötelenen elemanlardan oluşan iki hareketli yapı, altta sırasıyla mafsallı çubuklu hareketli yapı, açılı çubuklu hareketli dikme [De Temmerman, 2007]

3. DÜNYA YÜZEYİNDE YAPILAN HAREKETLİ YAPI UYGULAMALARI

3.1. Sınıflandırma

Birinci bölümde değinildiği gibi hareketli yapılar; inşaa edildiği yer ve kullanım amacı, yapısal eleman tipleri, elemanların yapısal sistemi oluşturmak için birleştirme şekilleri ve bunun gibi bazı kriterlere bağlı olarak çeşitli kategorilere ayrılabilir. Ana sınıflandırma; yapının dünya yüzeyinde imal edilmesi ve yine dünya yüzeyinde inşa edilmesi ya da dünyada imal edilip, katlanması ve uzayda açılarak kullanılabilmesi olarak yapılabilir.

Dünyada uygulanan hareketli yapılar çoğunlukla geçici yapılarda ve acil durum yapılarında, fuar ve sergi alanı yapılarında,oyuncaklarda, ya da sanatsal yapılarda kullanılmaktadır.

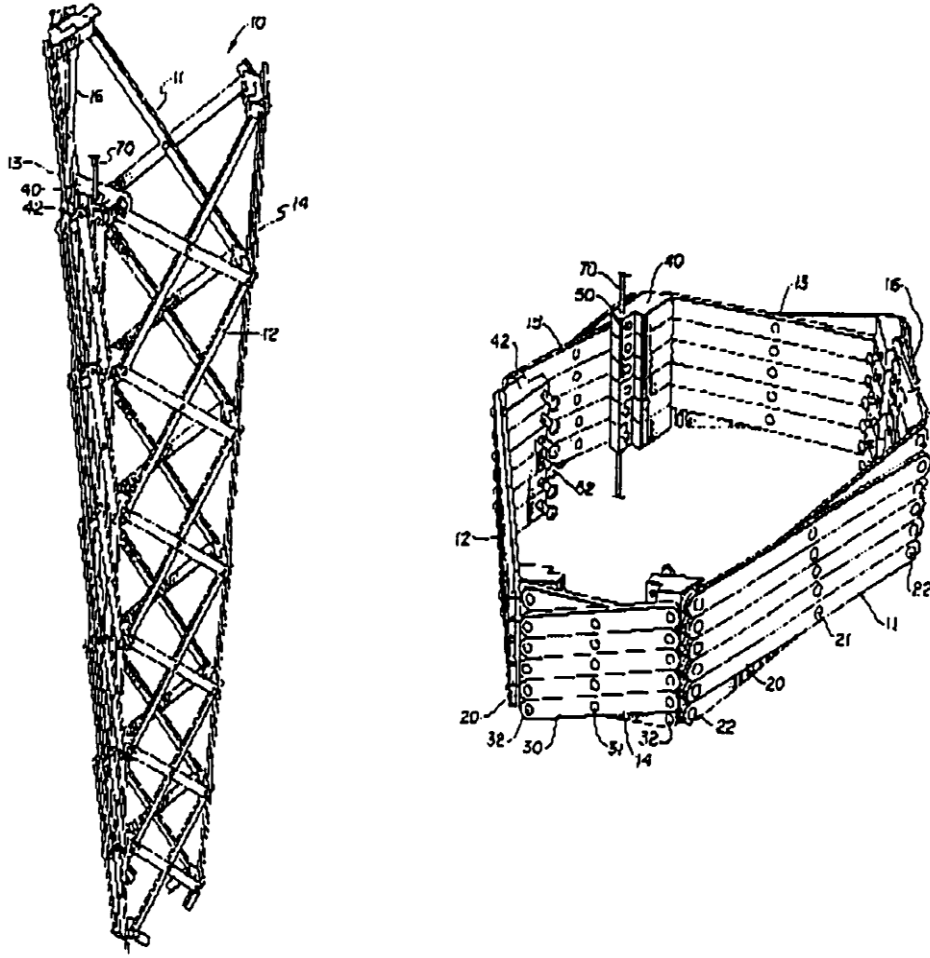
Yapısal sistem dikkate alınarak, şöyle bir sınıflandırma yapılabilir:

- ✓ Rijit 1-D (tek boyutlu) çubuklardan oluşan ve birbirine pantograf düzeninde bağlanan yapılar
- ✓ Rijit 2-D (iki boyutlu) paneller içeren yapılar
- ✓ Elastik 1-D kablolardan oluşan ya da 2-D membranlardan ya da ikisinin kombinasyonunda meydana gelen, ya öngerilmeli ya da pnömatik çekme gerilmeli yapılar
- ✓ Rijit çubukların ve elastiki kabloların kombinasyonundan oluşan çubuk-kablo yapıları
- ✓ Hareketli Çatılar

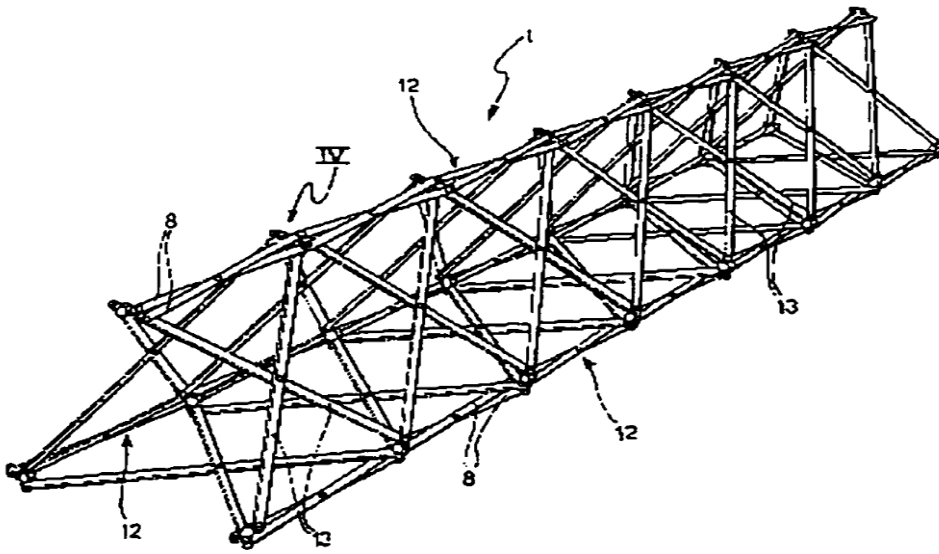
3.2. Pantografik Açılıp-Katlanabilir Çubuk Yapıları

Sözlükte ‘‘PANTOGRAF’’ Yunanca’da ‘‘panto’’-tüm ve ‘‘grafik’’ çizim kelimesini ‘‘paralelogram şeklinde önceden belirlenmiş skalaya resimleri kopyalamak için kullanılan bir araç’’ olarak tanımlanır [47].

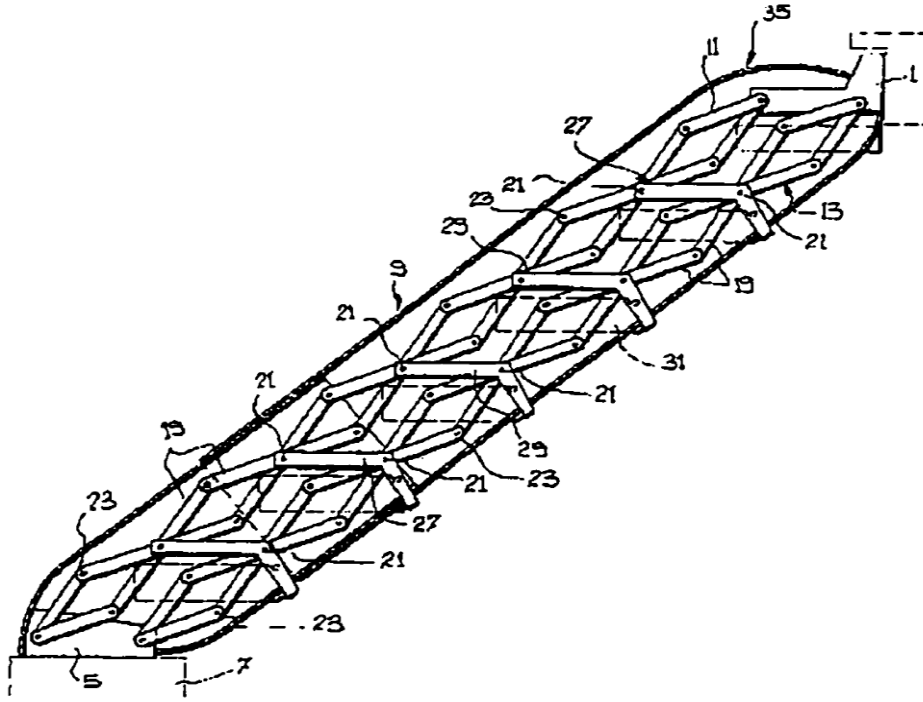
Pantografin diğer bir yaygın kullanımı trene tepesindeki kablolardan elektrik akımını taşımak şeklindedir.



Şekil 3.3. Açılabilir putrel yapı [Hardin, 1978]



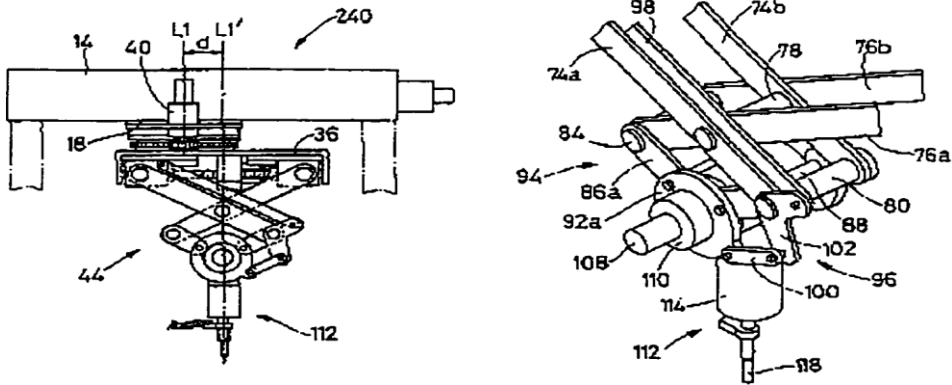
Şekil 3.4. Uzatılabilir kol [Zanardo 1985]



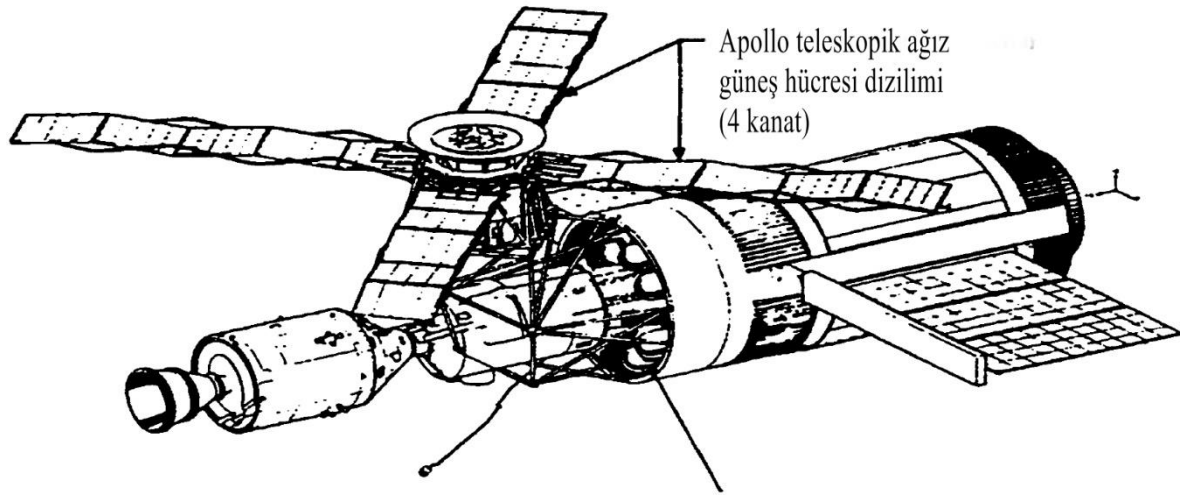
Şekil 3.5. Ayarlanabilir pantografik merdiven [LeBlond, 1986]

Makine mühendisleri pantografları, robotik manipülatörleri (Şekil 3.6) ve yürüme makinalarının bağlantılarını [Yang ve Lin, 1985; Ichikawa ve ark., 1990; Funabashi ve ark., 1991; Shahinpoor, 1993; Oral, 1996] yapmak için kullanmışlardır.

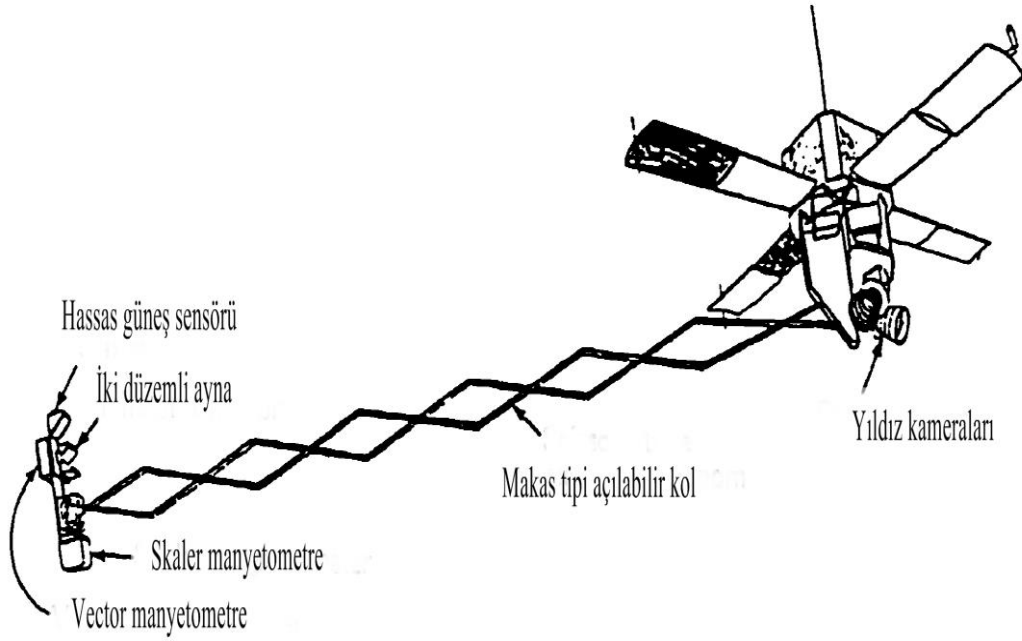
Pantografların uzay mekiği uygulamaları Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’ de gösterilmektedir.



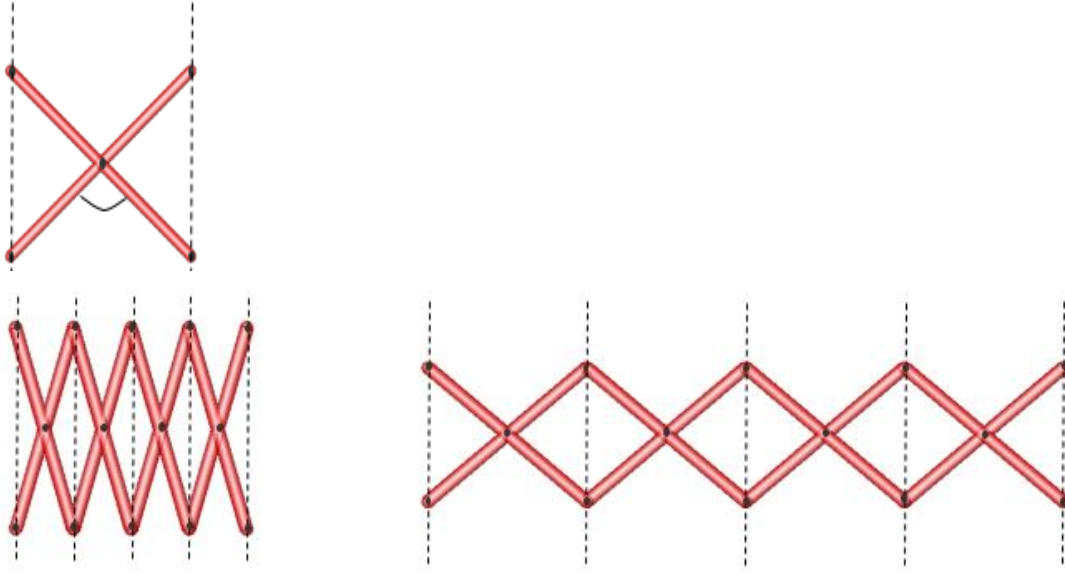
Şekil 3.6. Pantograf tip robot kol [ichikawa ve ark., 1990]



Şekil 3.7. Dört pantografik kanatlı hava laboratuvarı uzay gemisi [17]



Şekil 3.8. Pantografik manyetometre kollu manyetik alan uydusu [Smola ve ark., 1980]



Şekil 3.9. Makas tipi elemanı [15]

Pantografik açılıp-katlanabilir hareketli yapıların ana elemanı aynı zamanda makas-tipi eleman (SLE) olarak adlandırılan iki boyutlu pantografik elemandır (Şekil 3.9). Tüm bağlantı noktalarında pimlerle veya makas mafsallarıyla birleştirilmiş iki paralel ve düz çubuk takımı kullanılarak Şekil 3.9'daki gibi basit ve iki boyutlu katlanabilir bir pantografik yapı yapılabilir.

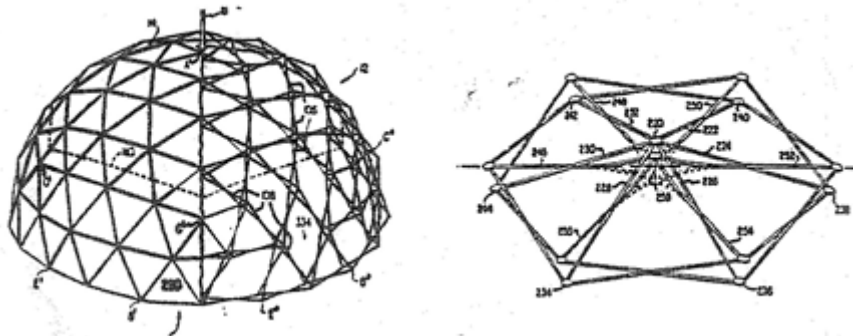
Pantografik elemanları yapısal uygulamalarda ilk hayata geçiren İspanyol mimar Emilio Perez Pinero'dur [Makowski, 1966; Belda, 1996; Escrig,1996]. Pinero henüz öğrenciyken ‘‘Uzaysal Kafes Biçimi Yapı’’ modelini (Bkz. Resim 1.3) Londra'daki UIA Kongresinde 1961'de sunmuş, ve bu çalışması için mimari bir ödül almıştır [Pinero, 1961 ve 1962]. Ağa benzeyen ve hareket edebilir bir tiyatroyu amaçlayan bu özellikli model, rijit çubuklardan ve çelik kablolardan oluşmaktadır. Kabloların bir kısmı her iki uçtan kalıcı olarak sabitlenmişti ve açılma sürecini sonlandırmaya yardım ediyordu. Kabloların bazıları ise bir uca sabitlenmişti ve açılmadan sonra yapıyı sabitlemek için gerdirilerek yapıya kancalanmaları gerekmişti. Yapının elemanları, açılma sürecinde (kendi ağırlığı ve olası öngermeden doğan gerilmeler hariç) olduğu gibi, katlanmış ve açılmış şekillerde de gerilmesizdir. Pinero 1965 yılında bu buluşuna patent almıştır.

Dikkat edilmelidir ki; bu yapılar önce, açılma boyunca ve açıldıktan sonra gerilmesizdir ve her zaman mekanizmalar gibi davranırlar. Dolayısıyla daha önceden de belirtildiği gibi yapıda denge, ilave kablolar gibi sabitleme elemanlarının kullanılmasıyla elde

edilmektedir. Genellikle yapı istenilen son şekline açıldıktan sonra yapının düğümleri arasına ara eleman eklenmesiyle kitleme sağlanmaktadır. Böyle dış mekanizmalar; küçük, basit bir birim için, ya da tek tek açılan ve kitlemeden sonra birleşmiş basit birimlerin bir araya getirilmesi için kabul edilebilir bir çözümdür. Fakat; açılır-kapanır formda bir araya gelmiş ve tek seferde açılan, birkaç basit birimden meydana gelen daha büyük yapılar için, dış stabilizasyon problem oluşturur. Bütün yapı için geçici bir destek sağlamaya çalışırken, büyük bir yapının üzerine tırmanıp bu tip kilitleri bağlamak ya da gevşetmek için tecrübeli işçilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da zaman israfıdır ve pahalıdır. Bunun yanında açılmış nihai yapının rijitliği kullanılan kilit mekanizmasının tipine bağlıdır.

Bu problem geniş bir hareketli yapı sınıfının ana dezavantajını oluşturmaktadır. Buna rağmen, Pinero hareketli yapıları uzay yapıların ilginç ve kendi ayakları üzerinde durabilen uygulanabilir bir formu olarak tanıtmıştır. Pinero'nun çalışması diğer araştırmacıları benzer yapıları keşferme ve Pinero'nun tasarımındaki dezavantajları aşma konusunda motive etmiştir. Bugün benzer yapıların hala tasarlanıyor ve inşa ediliyor olması Pinero'nun bu alandaki ilk çalışmasının ne kadar değerli olduğunu göstermektedir.

Theodor Zeigler , Pinero'nun yapısındaki eksiklikleri tespit etti. 1974'de T.Zeigler "Açılıp-Katlanabilir Kendinden Destekli Kubbe" 'nin patentini aldı (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Zeigler'in açılıp- katlanabilir kendinden destekli kubbesi ve temel unite
[Zeigler, 1974]

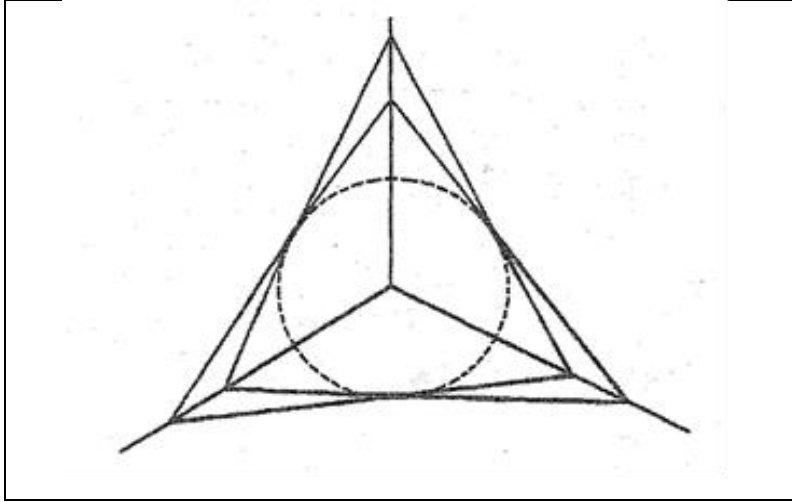
1. Herhangi bir iç tepe noktasından yayılan tüm çubuk benzeri elemanların, yapı tamamen açıldığında; aynı düzlemde durması ve diğer uçlarından komşu dış tepe noktasına bağlı olması gereklidir. Zeigler bu şarta, bu modelin "temel karakteristiği" olarak işaret etmektedir.

2. Aynı düzlemin dışına doğru deforme olmaları için; iç tepe noktaları ile bağlı olan elemanların, düz bir hat oluşturmak için gerekli olandan çok az daha uzun olmaları gerekmektedir, değilse de bu grup elemanları içermelidir. Zeigler, bu özelliğe “ giderek artan bir rijitlik elde etmenin ve takviyeli bir kendi kendine destekleme eylemini elde etmenin” bir yolu olarak işaret etmektedir.
3. Yapının gerçekte katlanabilir olması için; çapraz elemanların bazı eksen bağlantılarının atlanması (bağlanmaması) gereklidir. Daha da ötesinde; çubuk elemanların göreceli boyutları açısından geometrik kurallar ve makasların her bir çiftindeki çaprazlama noktalarının yeri, bazı makas kısımlarının tamamen çıkarılmasını gerektirmektedir.

Daha sonraki patentlerde [5]; Zeigler, geometrik şekilde ve hem çubuk uçlarındaki hem de orta noktadaki bağlantı tiplerine farklılıklar getirerek, kendi ilk yapısını geliştirmeye çalışmıştır. Değişik sabitleme bölgeleri, orta düğümler için kayan miller ve uç düğümler için yay tipi esnek bağlantılar kullanmıştır. Bazı orta mil bağlantılarını çıkararak; açılma sırasında ortaya çıkan direnci, aynı zamanda da açılan yapının eğilme direncini de azaltmıştır.

Çok yakın zamanlarda Clarke [5] tarafından yapılan bir çalışma, Zeigler’in yapısının temel ünitesi olan ve “trissor” (tri-scissor; üçlü makas) olarak adlandırılan kinematik için matematiksel bir formülasyon önerme girişiminde bulunmuştur. Trissor, üç çift makas benzeri elemana birlikte bulunan altı dikmenin mobil olarak bir araya getirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.11, tamamen açılmış pozisyonda böyle bir trissor’un üstten görünüşünü vermektedir. Clarke, dikmelerin boyları arasında açık ilişkiler sağladı ve Zeigler’in kubbesinde bükülme ve birleştirme sırasında kopma ile sonuçlanan geometrik uyumsuzluğun kaynağına açıklık getirdi.

Zeigler’in çok özel konfigürasyonlarının oldukça iyi görünmesine rağmen; bu konfigürasyonların keskin sınırlamaları, yalnızca sınırlı geometrik şekilleri ve birkaç uygulamayı mümkün kılmıştır. Ayrıca; yapının nihai olarak açılmış halinde eğri veya bükülmüş elemanların bulunması, bunları, yük taşıma kapasitesi açısından esaslı bir düşüşe neden olacak şekilde, çalışması sırasında bel vermeye karşı çok hassas hale getirmektedir. Bununla birlikte; yapının sabitlenmesi açısından bir araç olarak açılma esnasında üye uzunluklar arasındaki geometrik uyumsuzluk potansiyelinin tanımlanmasında; Zeiglere açılıp-katlanabilir yapıların bükülerek kapanma tipinin öncüsüdür [5].



Şekil 3.11. Trissor kinematiği [5]

1984 yılında Mekan Yapıları üzerine Üçüncü Uluslar Arası Konferans'ta hareketli yapılar üzerine daha fazla fikir öne sürülmüştür [5]. Bütün bu tasarımlar, harici bir sabitleme mekanizması gerektirmiştir. Bu nedenle de, Pinero'nun yapısındaki ana problemten kaçınamamışlardır. Bununla birlikte, montaj süreci, yapı kaplamalarının yapılması ve bir veya iki yöne doğru arzu edilen eğriliğin elde edilmesi için gerekli olan kısıtlarla ilgili olarak enteresan öneriler yapılmıştır.

Bu çalışmalar arasında enteresan olanlardan bir tanesi, İspanya, Seville Mimarlık Okulundan Profesör Felix Escrig'in çalışmasıdır [5]. Çalışmasında sunduğu temel prensip, bir kez daha Şekil 3.9'da gösterilen pantografin sahip olduğu temel prensiptir. Escrig'in çalışması, en alt ve en üst yüzey arasındaki iki boyutlu bir mafsalın, pantografların birden çok yönde kesiştirilerek nasıl elde edilebileceğini göstermiştir. Bu bakış açısı, kesişen pantograflar arasına orta pantograflar eklenirse bir çatı tasarımına uygulanabilirliğidir. Makasların orta bağlantı kısmında değişiklik yaparak, açılan yapısının geometrisi içine bir veya iki yönde eğrilik vermek kolay olacaktır. Açılma boyunca gerilmenin olmaması ve açılmış konfigürasyonda doğrusal-yapısal bir tepki olmaması, herhangi bir karmaşık analiz yapılması gereksinimini ortadan kaldırmıştır.

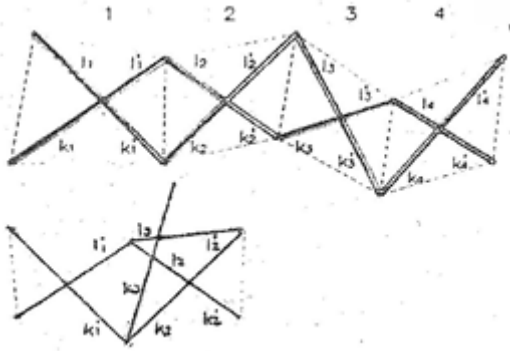
Escrig, J. Sanchez ve J.P. Valcarcel ile işbirliği halinde makas tipi açılabilir ızgaralar [5] üzerine çalışmasına devam etti. İki yönlü makaslardan oluşan küresel ızgaralar üzerine ve kürenin yüzeyini alt bölümlere ayıran ızgaralardan bunların üretilmesi üzerine

odaklandılar. Böyle bir ızgaranın açılabilirliğinin sağlanması için gerekli geometrik koşullar, sırasıyla düzlemde ve Şekil 3.12'nin uzaysal durumunda şunlardır:

$$\ell_i' + k_i' = \ell_{i+1} + k_{i+1}, \quad (3.1)$$

$$\ell_i' + k_i' = \ell_2 + k_2 = \ell_3 + k_3 \quad (3.2)$$

Bu kavramlardan yola çıkarak, daha önceden tanımlanan izole edilmiş elemanların katlanması için aynı mekanizmayı paylaşan bükülmüş ızgaraları elde etmek mümkündür. İki yönlü ızgaralar olması durumunda; üçgenlere ayrılmamasından dolayı dengesizlik problemleri olacaktır. Destekler dikkate alındığında; yapının dengeye kavuşturulması için gerekli ilave çubukların sayısı; $F=3n-b-6$ 'dır (n , düğüm sayısını; b , çubuk sayısını temsil etmektedir).

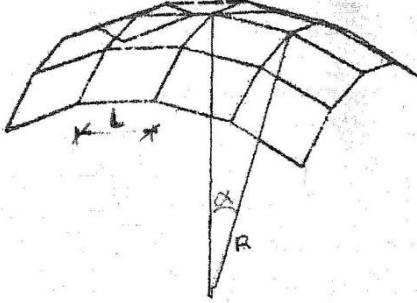


Şekil 3.12. Escrig'in yapısında çubukların birleştirilmesi [5]

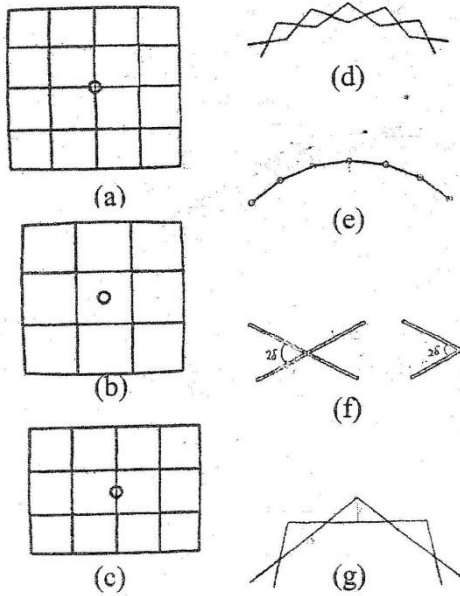
Küresel bir yüzeyde nihai durumuyla bir makas ızgara oluşturmanın zorluğu, hassas bir yerleşim gerektirmesidir. Küresel bir ızgarayı eşit modüller halinde alt bölümlere ayırmak mümkün değildir. Escrig tarafından önerilen alternatifler aşağıda belirtildiği gibidir:

Tek-tip paralel kenarlı şekiller: Şekil 3.13'de; eşit alfa açısının açıklıkları, her kısım $L=\alpha R$ uzunluğuna sahip olacak şekilde ölçülmektedir. Bu bölümlere, Şekil 3.14'de gösterildiği gibi üç farklı yolla elde edilmektedir; yani, doruk noktasındaki tepe açısı (3.14a), bir yüzeyin merkezindeki tepe açısı (3.14b) veya bir kenarın merkezindeki tepe açısı (3.14c). Her makasın çapraz geçişinde olanın yanı sıra en yüksek ve en düşük düğümler, farklı orta katlama fazlarında gruplanabileceği gibi nihai durumlarında küresel bir yüzey üzerinde de

gruplanabilirler (Şekil 3.14d). Çubukların boyu, çapraz parçanın basit geometrisinden kolaylıkla belirlenebilir.



Şekil 3.13. Küresel bir yüzeyin alt bölümlere ayrılması [5]

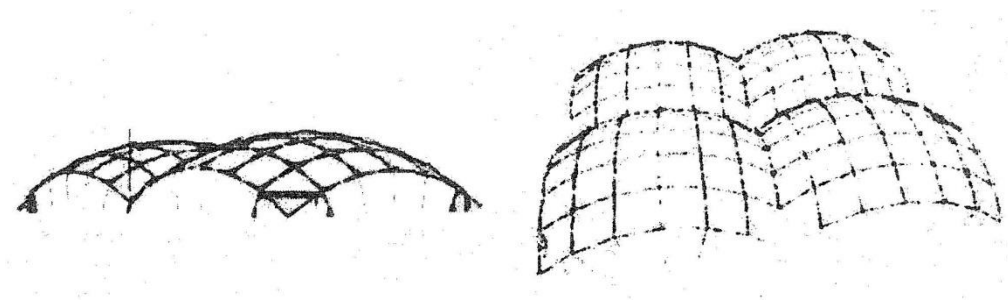


Şekil 3.14. Alt bölümlere ayırmanın alternatif yolları [5]

Nihai durumda sabit bir yapı elde etmek için, 2δ açısı (Şekil 3.14f) sabitlenmek zorundadır. Eğer hâkim olan unsur, hareketsiz yapıyı geri döndürecekse; bu açının minimum bir değeri olduğuna dikkat edin. Bu açığı sabitlemenin bir yöntemi; istenilen pozisyonda sabitlenebilen düğümleri kullanmaktır. Diğer bir yöntem ise; en üst düğüme ilave edilecek bir çubuğun eklenmesi gibi katlama yerine bir bağ eklemektir (Şekil 3.14g). Böyle bir üçgenlere ayırma işleminin problemi; uzunluğun nihai durumda orta düzeyde olandan daha kısa olması ve bu nedenle eğer çubuklar rijit ise katlanmamayı imkânsız hale getirmesidir. Eğer bunun yerine esnek kablolar kullanılırsa; birleştirme işlemi uyumsuz bir

aşamadan geçecektir (Hâkim olan unsur yükseltilmiş halde muhafaza edecek ve tekrar inmesini engelleyecektir). Bu, Zeigler tarafından ortaya atılan ve

“ kapanan makas-bağlantı yapısı” olarak adlandırılan yapıdır. Basitliğinden ayrı olarak; bu alt bölümlenmenin diğer bir avantajı; modüllerin hep birlikte yan yana yerleştirilebilmesidir (Şekil 3.15). Bu, aynı düzlemde bir kenarın daha üstteki ve daha alttaki nodlarının gruplanmasıyla yapılmaktadır.

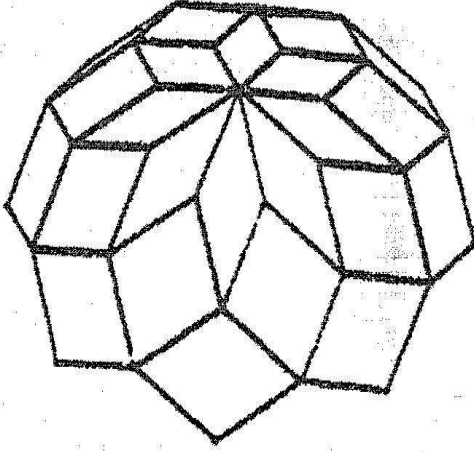


Şekil 3.15. Tek tip paralelkenarlı kubbe modülleri [5]

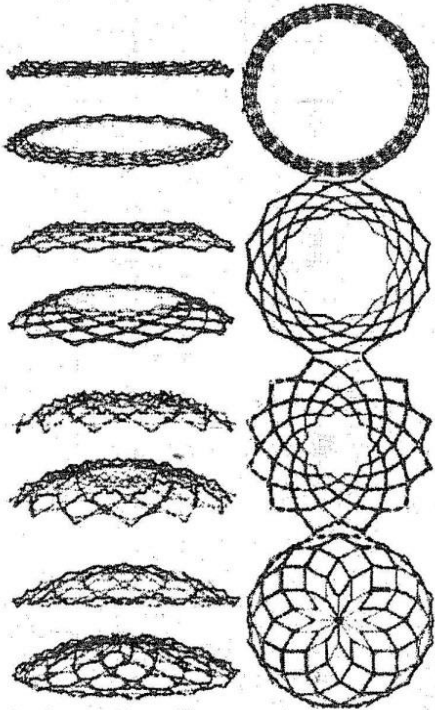
Merkezli paralelkenarlı şekiller: Küresel bir yüzeyi eşit şekilde alt bölümlere ayırmanın diğer bir yolu, merkezli paralel kenar şekildir. Bu ağ, kürenin her bir paralel enlemi üzerine eşit sayıda paralelkenar dörtgen yerleştirmek suretiyle elde edilmektedir. Bu bölümlenme, Lamel Paralel Kenarlı Alt Bölümlenme olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 3.16). Bu geometri de bir mekanizma olup, arta kalan serbestlik dereceleri, her bir eşkenar dörtgenin üçgenlere ayrılması ile rijitlik kazanmaktadır. Üçgenlere ayırma işlemi için kullanılan çubukların basınç altında çalıştığına ve bu nedenle kablo kullanılamayacağına dikkat edilmesi gerekir. Merkezden katlanması yerine, Şekil 3.17’de görüldüğü gibi katlama kenarlardan yapılabilir (bu, dairesel bir zemin planının açılır-kapanır biçimde kaplanması için özellikle uygundur). Şekil 3.18, böyle çözüme ulaşmış bir yarım küreyi göstermektedir.

Dört köşeli boylam şekilleri: Bu şekil, aynı ekvatorial plan üzerine yerleştirilen iki adet dik kutupsal düz hat aracılığıyla ortaya çıkarılan iki kuşak meridyenin kesişimi ile elde edilmektedir. Buradaki sakınca; elde edilen alt bölümlenme kısımlarının, sabit uzunluğa sahip olmamasıdır. Bu nedenle; daha önce bahsedilen geometrik koşullara uyumlu olması ve açılabilir olması için birkaç çeşit makasın kullanılması gerekmektedir. Çubukların boyları, uygun kriterlerin kullanıldığı yoğun analizlerden sonra belirlenmektedir.

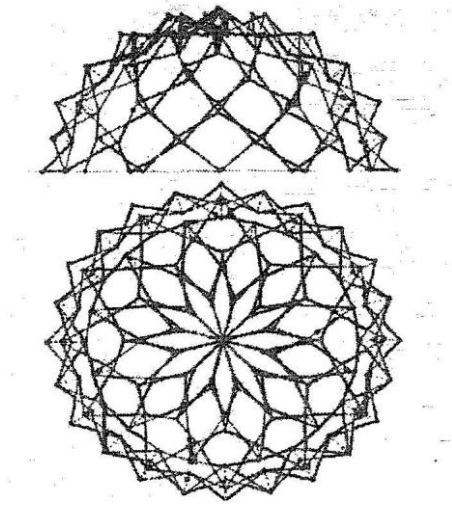
Paralelkenar bölümlerlerin böyle bir zorluğu olmamasına rağmen, eşit olmayan çubuklarla oluşturulan böyle bir ızgaranın kullanılması için temel nedenlerden birisi; bu pozisyondaki çapraz parçaların düzlemlerle aynı doğrultuda olması ve bunun çoklu ızgaranın kullanımını mümkün kılmasıdır.



Şekil 3.16. Lamel Paralelkenarlı alt bölümler şekli [5]

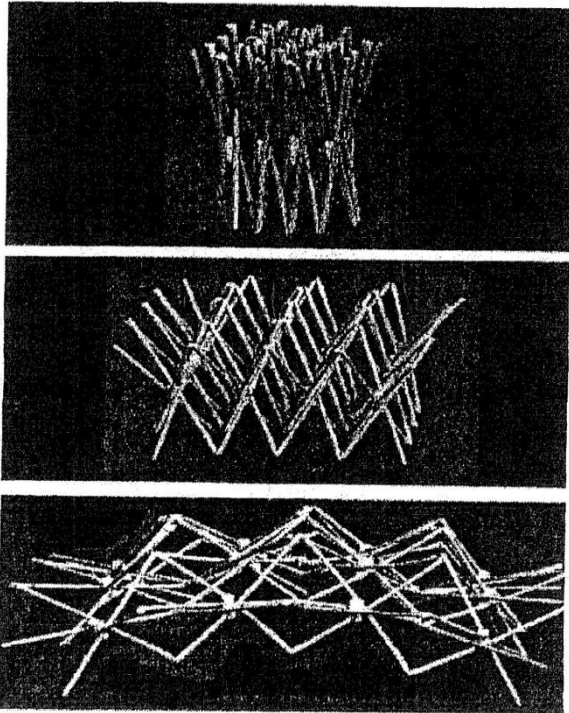


Şekil 3.17. Kenarlara doğru katlanan sığ (iç bükeyliği bozuk) lamel kubbe [5]



Şekil 3.18. Yarı küresel lamel kubbe [5]

Küresel bir yüzeyin bölümlenmesi yoluyla dörtkenarlı bir ızgaranın elde edilmesi için diğer iki prosedür; kare bir düz ağın herhangi bir odak noktasından küresel bir yüzeye yansıtıldığı projeksiyonla dört kenarlı şekillerin elde edilmesi ve öncekinin özellikli bir durumu olan jeodezik dörtkenarlı şekillerdir. Bu olayda; odak noktası kürenin merkezi ile üst üste gelir ve elde edilen ağ, en yüksek dairelerin kesitlerinden oluşur. Son olarak; dörtlü makasların ızgaraları, uygun şekilde birleştirilen makas çiftlerinin kullanılmasıyla elde edilebilir.



Şekil 3.19. Dörtlü makas kafesleri [5]

F. Escrig, iki yönlü küresel ızgaralar fikrini genelleştirerek, genel olarak eğimli genişleyebilir uzay ızgaraları kavramını da ortaya attı. Bu yapıların temeli, halen orta noktalarından bağlanan çubuklardan yapılmış pantograftır. Pantografin eğimli versiyonu, eksantrik olarak çaprazlama noktasına yerleştirilmesi yoluyla elde edilebilmektedir. Bu sistemlerin uygun bir şekilde birleştirilmesiyle de uzaysal, kompleks ve açılabilir kafesler elde edilebilmektedir. Eğimli bir ağa katlanabilir bir ızgaranın adaptasyonuna müsaade eden geometrik koşullar şunlardır (Şekil 3.20) :

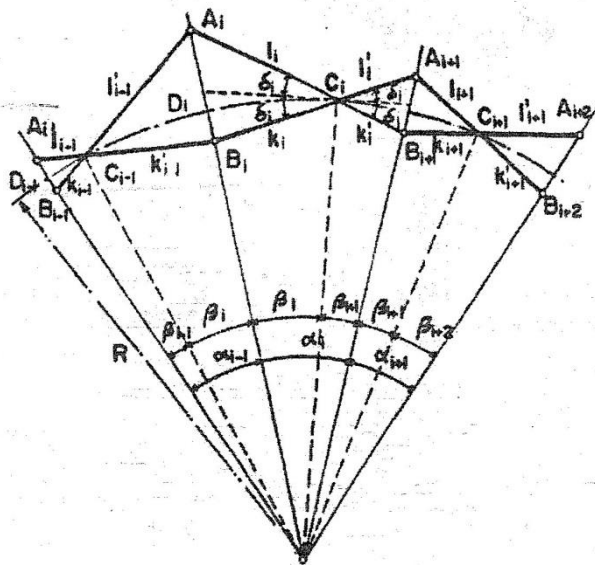
- ✓ Ana doğru yüzeyi (silindir veya küre) bütün makasların “C” çaprazlama noktalarını içermelidir.
- ✓ Doğrusal ağ örgüsünün her düğümü, “D” de olacak ve hem daha aşağıdaki hem de daha yukarıdaki düğümler, “D” den geçen yarıçapların üzerine konumlandırılacaktır.
- ✓ Katlanmayı mümkün hale getirmek için aşağıda belirtilenler gereklidir:

$$\ell'_{i-1} + k'_{i-1} = \ell_i + k_i, \quad (3.3)$$

ve dairesel doğrultular için:

$$\ell'_{i-1} = \ell_i \quad (3.4)$$

$$k'_{i-1} = k_i. \quad (3.5)$$



Şekil 3.20. Gelişigüzel eğim derecesi için geometrik koşullar [5]

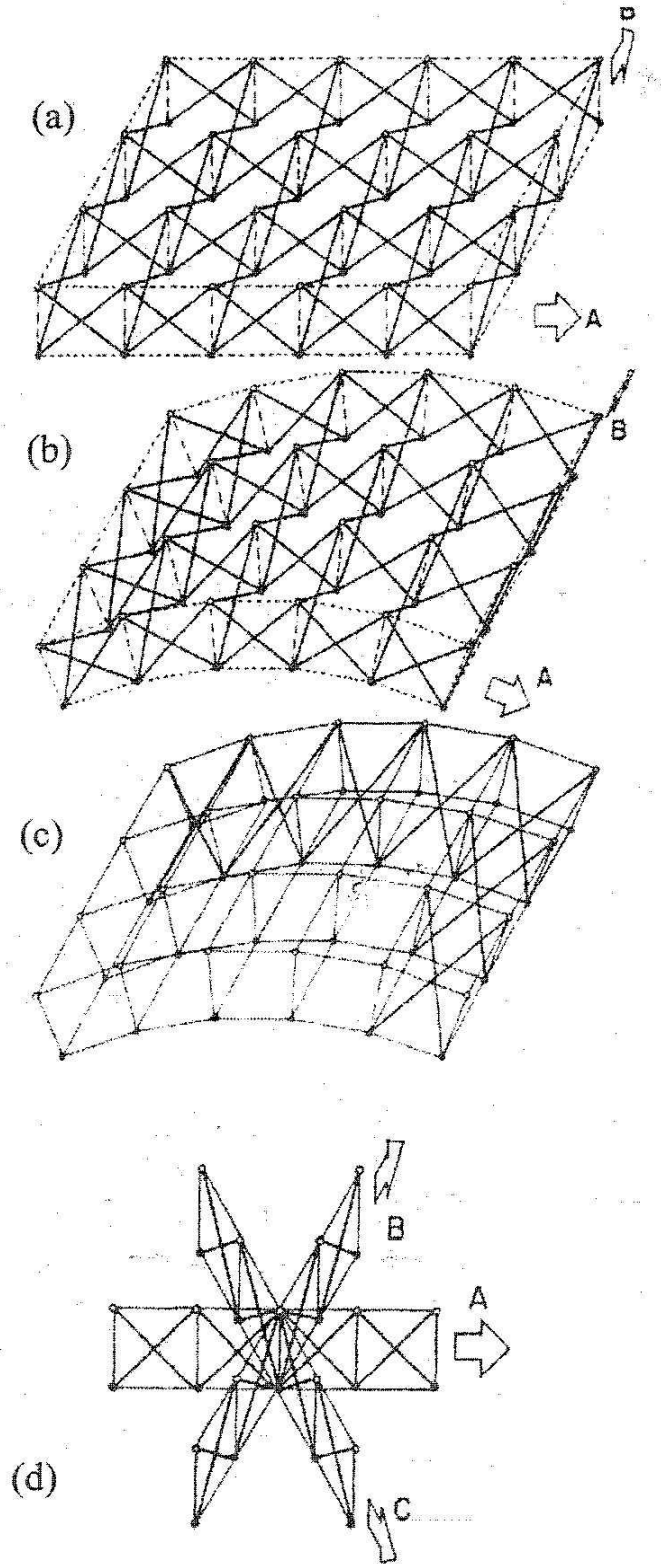
Böylece, aşağıda belirtilen tipte yapılar mümkün olabilmektedir:

İki yönlü silindirik ızgaralar: (Şekil 3.21): İki kafes kirişinin (A ve B) bağlandığı bir kare kafesle (3.21a) başlayarak, bunlardan birinin kıvrılmasıyla Şekil 3.21b' nin silindirik yüzeyi elde edilir. Yapıyı sabitlemek için diyagonal çubuklara gereksinim vardır (Şekil 3.21c). Uzunlukları nedeniyle katlama sürecini engellemek için bu çubukların teleskopik olması gereklidir.

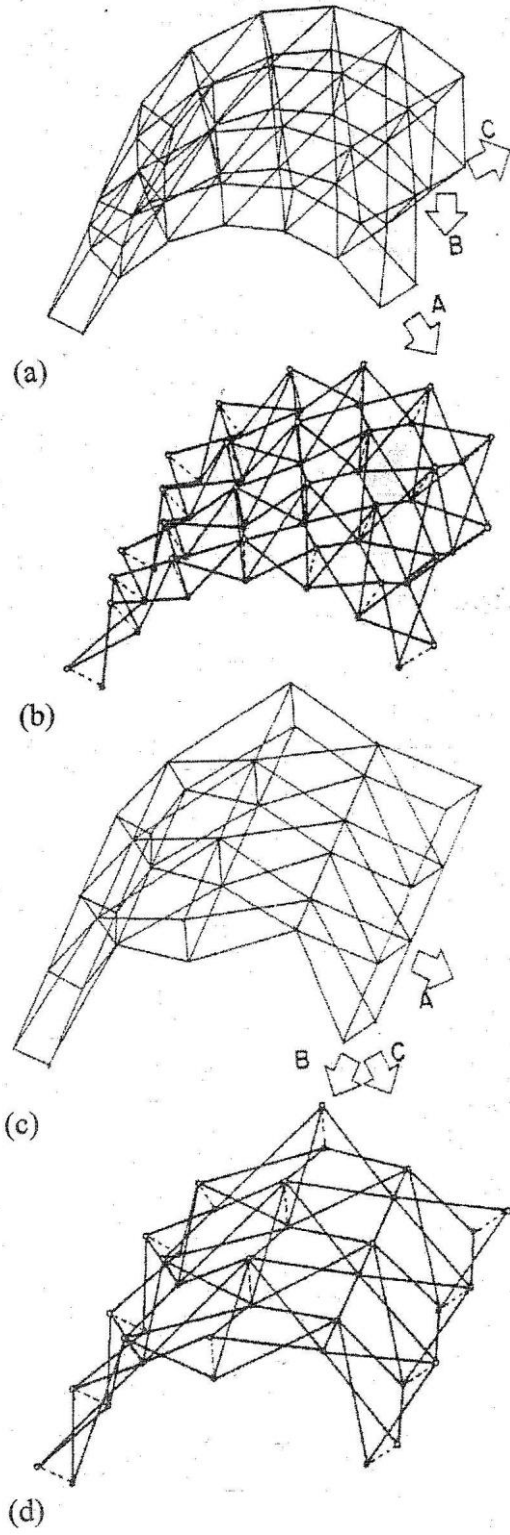
Üç yönlü silindirik ızgaralar: Aynı şekilde; Şekil 3.21d' nin sahip olduğu gibi üçgenlere bölünmüş bir kafesle başlayarak, üç kafes kirişiyle birlikte (A, B ve C), bunlardan iki veya üçünün kıvrılmasıyla (Şekil 3.22) silindirik yüzeyler elde edilebilir. Şekil 3.22d' de, A kirişlerinin düzlemde kalıp eğilme görevinin yine B ve C kirişlerine verildiği bir konfigürasyonun temsil edilmesine rağmen; Şekil 3.22b, A kirişinin bir düzlem üzerinde kıvrıldığı ancak B ve C kirişlerinin eğildiği bir konfigürasyonu temsil etmektedir. Ayrıca, bu yapılar ilave öğeler gerektirmeksizin sabittir.

İki yönlü küresel ızgaralar: Şekil 3.21a'da A ve B kiriş gruplarının her ikisini de eğerek, iki misli eğri bir yüzey elde edilir. Eğer bütün makaslar özdeş ise; Şekil 3.23'te gösterildiği gibi küresel bir yüzey elde edilir. Açısal bozuklukların mümkün olması ve bu nedenle de bir dizi elemanın diyagonal hale getirilmesi şart olduğundan dolayı bu tip kafesler sabit (sağlam) değildir.

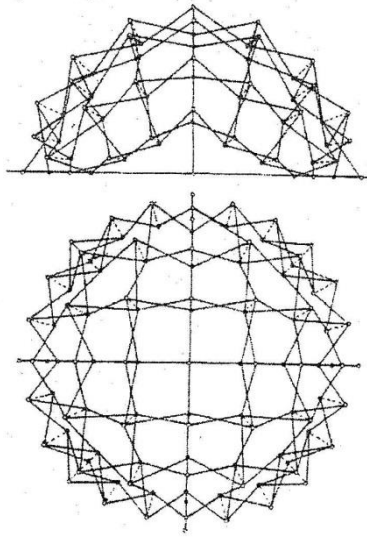
Üç yönlü küresel ızgaralar (Şekil 3.24): Bu kafesleri elde etmek için, ilk ve nihai geometrik koşullar garanti edilmelidir. Kaldı ki bunlar da tek başına yeterli değildir. Yapı, bir enerji girişi yükünün altında kalmak zorunda olduğu orta düzey aşamalardan geçmektedir. Büyük uyumsuzluğun olduğu aşamadan hareketle; yapı depolanmış enerjiye geri dönmekte ve sınırlı pozisyonlardan birinde kalmaktadır. Kendi kendine sabitlenen yapılar elde edilmesinden dolayı, bu durum Zeigler'in yapıları açısından bahsedilen avantajlardır.



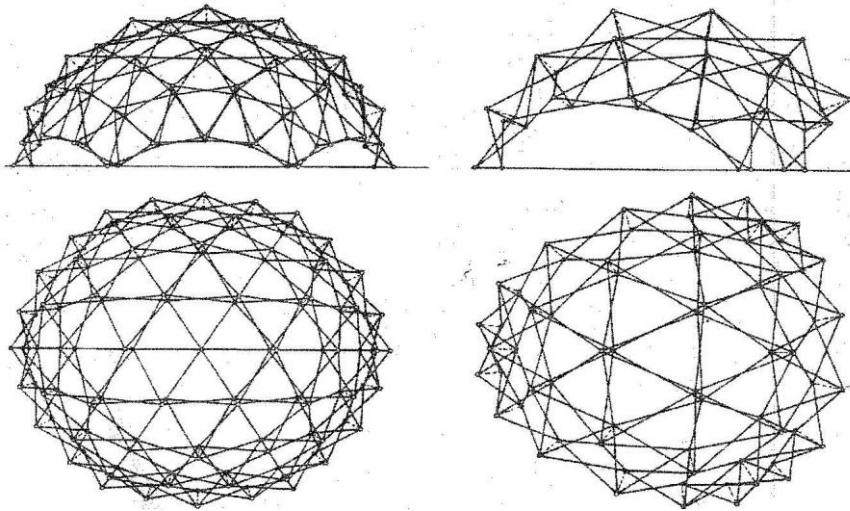
Şekil 3.21. İki yönlü silindirik ızgaralar [5]



Şekil 3.22. Üç yönlü silindirik ızgaralar [5]



Şekil 3.23. İki yönlü küresel ızgaralar [5]

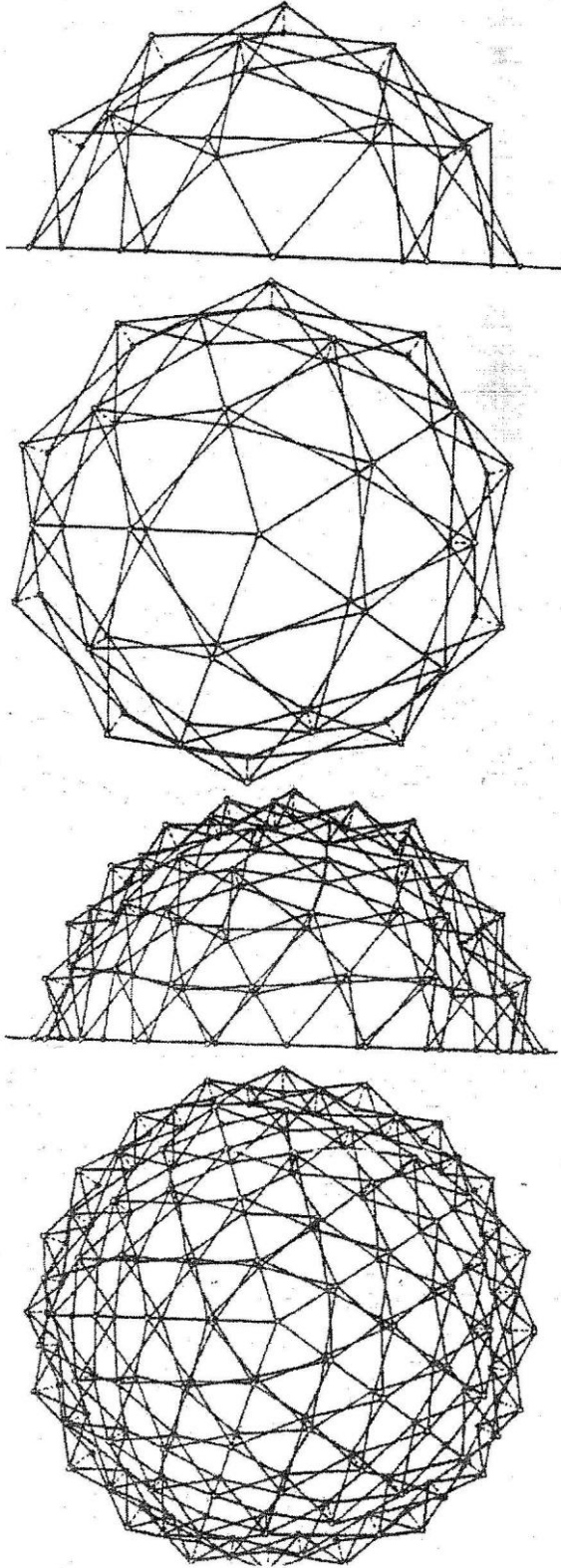


Şekil 3.24. Üç yönlü küresel ızgaralar [5]

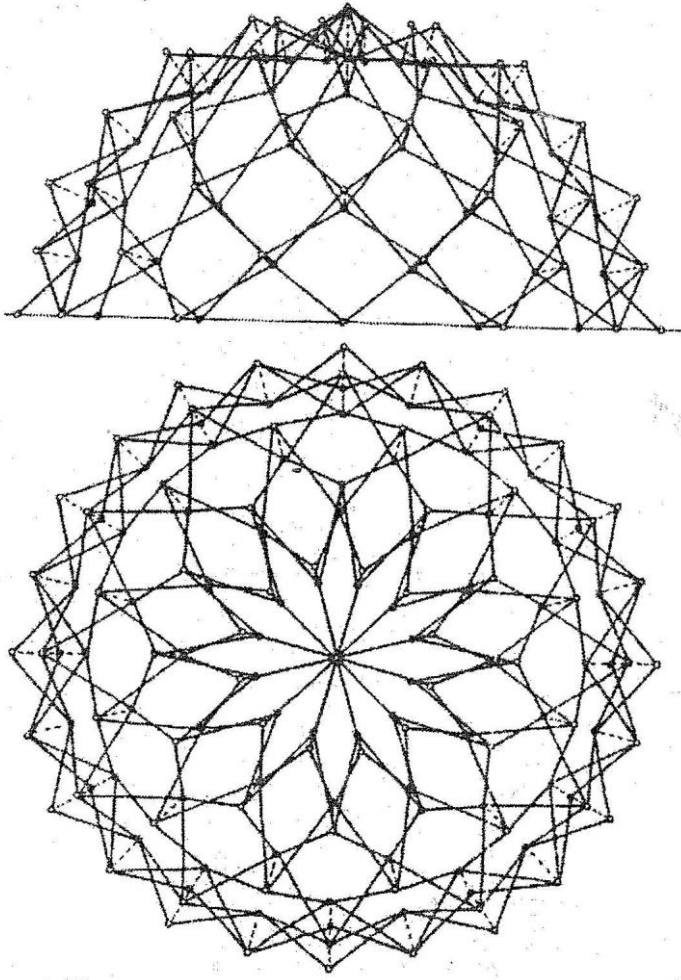
Jeodezik ızgaralar: Bir kürenin üzerindeki iki veya üç yönlü ızgaraların bozulmasını en aza indirmek için jeodezik çok yüzlü cisim kullanılabilir. Katlanamayan kafesler, bu olayda uygunluk koşullarının yerine getirilmesi ile birlikte her makaslı çok yüzlü kenarın yerine konulmasıyla elde edilir (Şekil 3.25). Orta aşamalarda; aynı uyumsuzluk problemi nedeni ile bu tipte bir kafes enerji girişi de gerektirir.

Küresel lamel ızgaralar: Bir kürenin kutbundan katlanamayan eşkenar dörtgene dayalıdır (Şekil 3.26). Eşkenar dörtgen sayısı, her paralelde sabitliği korumaktadır. Kutba ulaşan eşkenar dörtgen sayısı, bu tipte bir yapının dizi sayısını belirlemektedir. Kolaylıkla

tasarlanabilirler, sabit uzunlukta çubuklarla yapılabilirler ve genişleme süreçleri boyunca direnç göstermezler. Sonuç olarak; ayakta durmaları için ilave elemanlarla takviye gerektirirler.

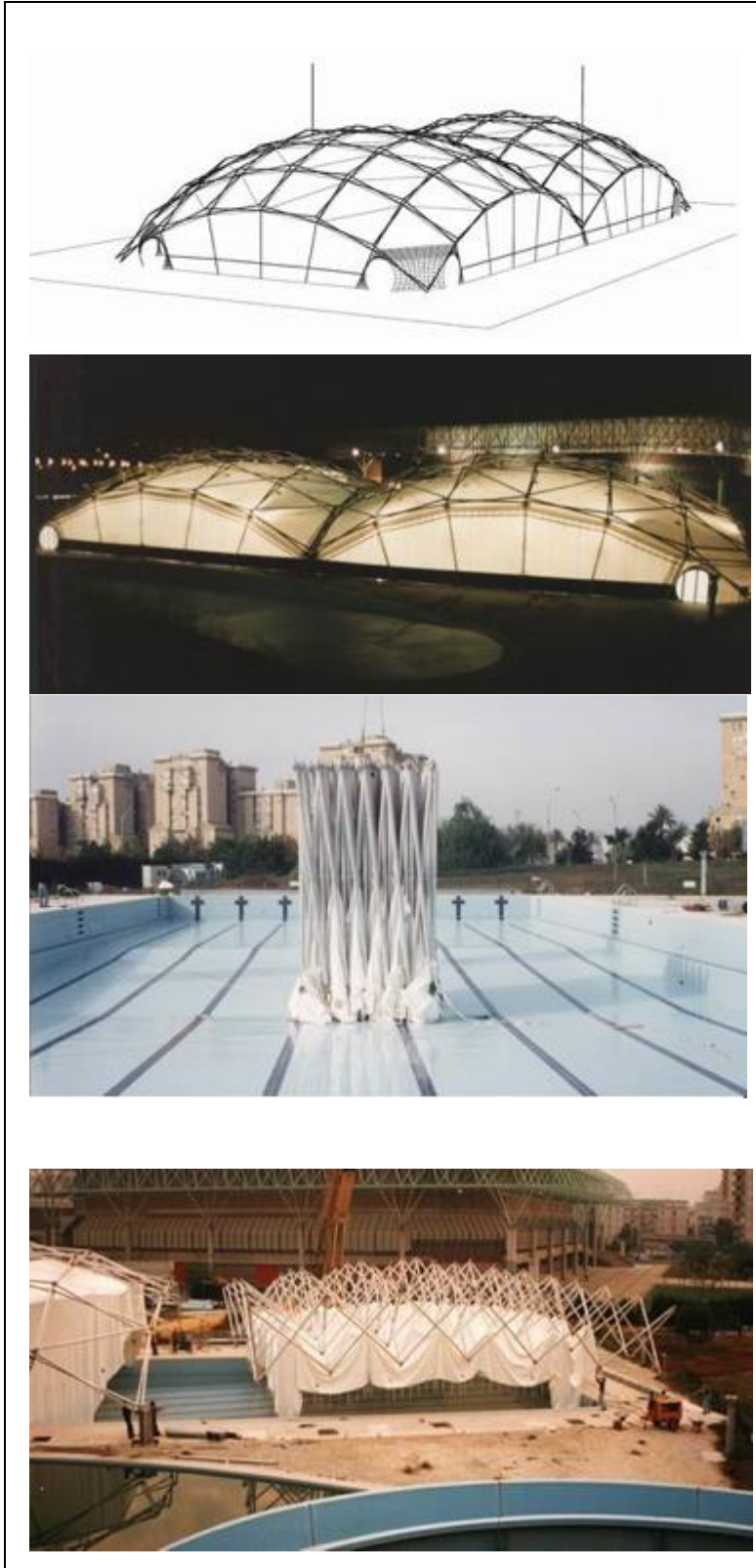


Şekil 3.25. Jeodezik İzgaralar [5]



Şekil 3.26. Küresel lamel ızgaralar [5]

Prof. Escrig, birkaç model inşa etmenin yanı sıra yukarıda belirtilen katlanabilirlik kavramından yararlanarak silindirik bir yüzme havuzu da tasarlamıştır. Bu yapı, Seville’de inşa edilmiş olup, Resim 3.1’de gösterilmektedir

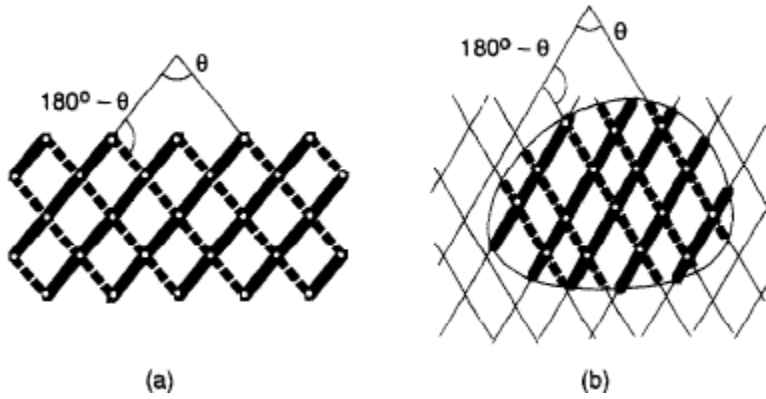


Resim 3.1. Seville’de Escrig tarafından tasarlanan katlanıp- açılabilir yüzme havuzu [12]

Tüm bağlantı noktalarında pimlerle veya makas mafsallarıyla birleştirilmiş iki paralel ve düz çubuk takımı kullanılarak Şekil 3.9.’daki gibi basit ve iki boyutlu katlanabilir bir yapı

yapılabilir. Makas mafsallı aksı yapının yüzeyin dik olan dönebilir bir bağlantı noktasıdır. Şekil 3.27' de gösterilen her iki yapı da bu tipte olup, her ikisi de hücrelerinin kesme yönünde deforme olması yoluyla iki takım çubuk birbirine nerdeyse paralel olana kadar ($\theta = 0^\circ$ ve $\theta=180^\circ$ için) katlanabilirler.

Katlanma işlemi sırasında aynı doğru üzerinde bulunan her bir mil seti yine aynı doğru üzerinde kalmaya devam ederler ve, teorik olarak; tam olarak katlanmış konfigürasyonda tüm miller aynı doğru üzerinde bir konumda olurlar. Bu yaygın olarak kullanılan birçok açılıp-katlanabilir yapının temel prensibini oluşturmaktadır.



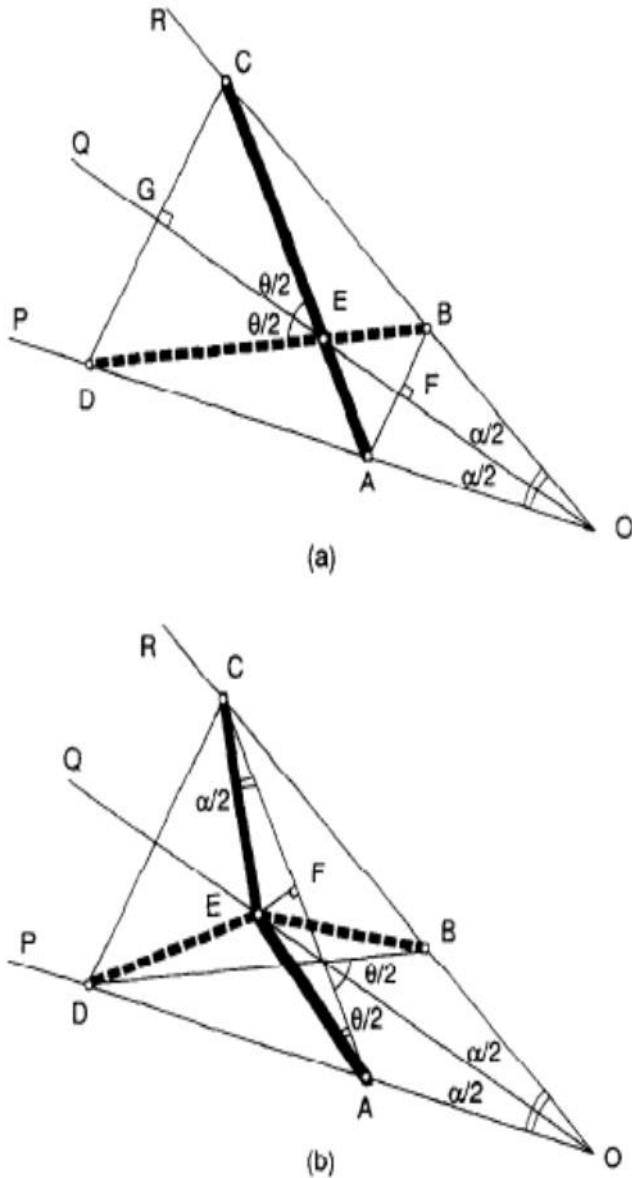
Şekil 3.27. İki takım düz, paralel çubuktan oluşan kafes tipi katlanabilir yapılar [12]

Bu konsept yıllardan beri hareketli tiyatrolarda [Pinero, 1961, Escrig, 1993] olduğu gibi birçok uygulamada kullanılmıştır. Ancak şekil ve bağlantı noktaları mühendislerce tanımlanmış olan bu yapılar tasarım ve inşa aşamalarında mühendislere birçok kısıtlamalar getirmektedir. Bundan dolayı, daha genel bir çözüm bulabilmek için çeşitli denemelerde bulunulmuştur.

Bu tür yapılar tasarımcılar tarafından demonte edilebilen birçok yapının inşasında kullanılmıştır. Bunlardan bazıları açılıp-katlanabilir çatılar olarak sınıflandırılabilir, yine de bu tip yapılar açılma ve kapanma işlemleri için elle müdahale gerektirmektedir. Makas mafsallı kullanılan yapılardaki önemli bir diğer sorun da bunların kalıcı yapıya nasıl bağlanacaklarıdır.

Bu tip yapıların diğer açılıp-katlanabilir yapılara kıyasla önemli bir avantajı mafsalların diğerlerine nazaran daha basit olmalarıdır.

Bu basit, sezgisel kavramın daha genel şekillere genişletilmesi için kabaca iki farklı noktadan bahsedilebilir. Bir seçenek katlanmayı sağlamak için tekrar edebilecek, kendi içinde bir serbestlik derecesi olan inşa bloğu araştırmaktır. Diğer bir seçenek ise tüm yapıyı şeklini yapım amacı neyse onun belirleyeceği şekilde tasarlayıp, daha sonra geometrisi, elemanlarının özellikleri ve yerleşimi, bağlantıları gibi konuları; yapı katlanılabilecek ve her hangi bir hasara maruz kalmayacak, ama yine de elemanları bir miktar elastik deformasyona uğrayacak hale gelene dek defalarca yeninden tasarlamaktır.



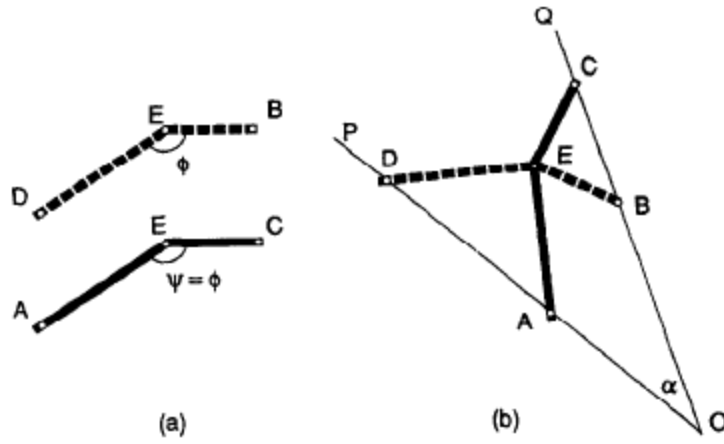
Şekil 3.28. (a) Düz çubuklardan oluşan sıradan bir pantografik eleman (b) Sabit sarım açısı olan simetrik açılı elman $\overline{AE} = \overline{BE} = \overline{CE} = \overline{DE}$ [12]

İlk modüler yaklaşımın avantajı, bir kere uygun bir inşa bloğu bulunduğunda, sadece basit bir şekilde blokların sayılarının ve şekillerinin değiştirilmesi suretiyle tüm katlanabilir yapı

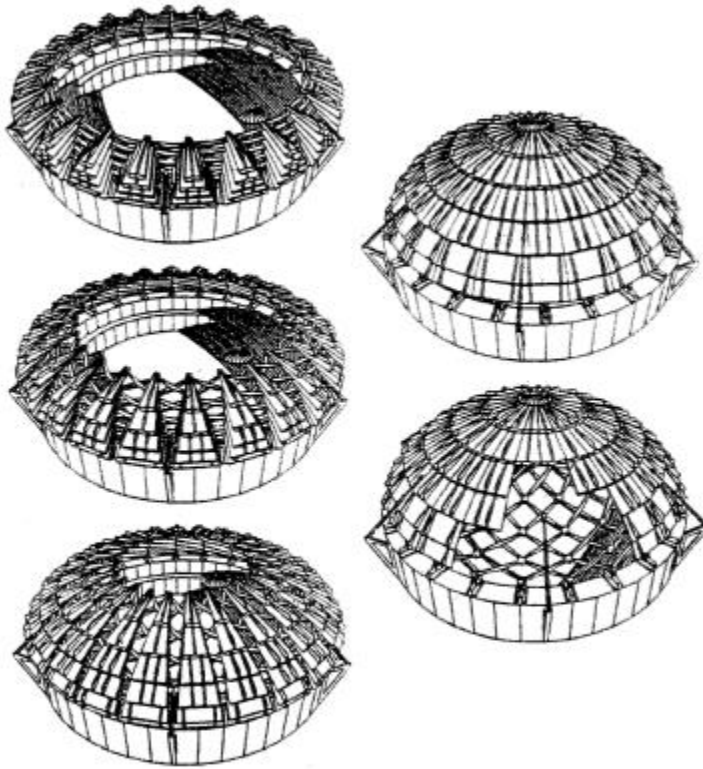
sınıfının tasarlanması mümkün olmasıdır. Çiftler halinde düz çubukların makas mafsalları kullanılarak tek serbestlik dereceli mekanizmalar [Clarke, 1984, Escrig, 1985] oluşturacak şekilde iki veya üç boyutlu birleştirilmesi sonuncu oluşan montajlar, birçok karmaşık yapısal mekanizmanın oluşturulması amacıyla inşa blokları olarak kullanılmıştır [Zanardo 1986, Kwan ve Pellegrino, 1991]. Buna rağmen, katlanabilir modüllerden oluşan bir yapının katlanılabilir olduğu her zaman doğru değildir: modüller arasındaki ara yüzlerin de uygun bir biçimde deforme olabilmesi gerekmektedir, hatta bazı durumlarda sağlanması gereken bir veya daha fazla global durumda oluşabilmektedir [Pellegrino, You, 1993, You, Pellegrino, 1994].

Bu tez için önemli bir katkı olmuş olan, yakın zamandaki bir gelişme de *basit açılı eleman* [Hoberman, 1990] keşfidir. Bu eleman, Şekil 3.28. ve 3.29'da görüldüğü üzere, bir çift benzer şekilde açıldırılmış ve birbirine makas mafsallarıyla bağlanmış çubuktan oluşmaktadır. Düz çubuklar kullanılarak yapılan elemanlarla, belirli bazı koşullar altında, benzerlik göstermelerine rağmen düz çubuklu sistemler çubuk sonu mil noktalarının paralel çizgiler üzerinde olması sağlanırken, basit açılı elemanlarda çubuk elemanları döndükçe sabit bir açıya karşılık gelmektedirler. Bu özellikten Hoberman'ın açılıp-katlanabilir yapılarında [Waters, 1992] ve Servadio'nun katlanabilir çok yüzlü üç boyutlu şeklinde [1994] faydalanılmıştır. Basit açılı elemanların daha pratik uygulamalarından biri de, Şekil 3.30 ve Resim 3.2' de gösterilen, dairesel planlı ve birbirine makas mafsallarıyla bağlanmış orta merkezli halkalardan oluşan bir katlanabilir kubbe olan Iris hareketli çatısıdır [Hoberman, 1991].

Katlanabilir çubuk tipli yapılara getirilen bu yeni yaklaşım hali hazırda birçok dahice çözüm bulunmasını sağlamıştır. Fakat bu yaklaşımın önemli bir dezavantajı her elde edilen çözümün bir anlamda sadece o problem için olmasıdır, yani sadece o sınır koşulları için geçerlidirler. Ayrıca hali hazırda bilinmekte olan çözümlerin sayısında son derece azdır. Örneğin, Iris açılıp-katlanabilir çatısının tasarımı sırasında sadece üç serbest parametre vardır. Bunlar toplam halka sayısı, her bir halkadaki toplam açılı eleman sayısı ve açılı çubukların uzunluklarıdır. Geriye kalan her şey geometrik kuralları takip etmektedir.



Şekil 3.29. Hoberman'ın birbirinin aynı açılı çubuklardan oluşan genel tipteki elemanı:
 $\overline{AE} = \overline{DE}$, $\overline{BE} = \overline{CE}$, $\psi = \phi$. ADE ve BCE benzer ikizkenar üçgenlerdir [12]



Şekil 3.30. Iris Kubbesi [14]



Resim 3.2. EXPO 2000 Hanover, Almanya Iris Kubbesi – Jeodezik kubbenin açılımı
[Hoberman Associates Inc.©]

Katlanılabilir çubuk yapılarının tasarımındaki ikinci global yaklaşıma Pinero [1961] ve Zeigler [1981, 1984, 1987, 1993] öncülük etmiş ve daha sonraları da Escrig et al [1989] tarafından geliştirilmiştir. Ortaya atılan fikir katlanabilir yapıları iki aşamalı bir süreçte tasarlamaktır. İlk aşamada hem katlanmış hem de tamamen açılmış konfigürasyonda tüm elemanlar üzerinde hiç gerilme olmayacak şekilde yapının genel geometrisine karar veriliyor. Bu genelde tüm çubukların teorik olarak paralel oldukları sıkıştırılmış bir paket oluyor. İkinci aşamada ise, katlanma işi sırasında meydana gelecek gerilmelerin yeterince küçük olup olmadığını anlayabilmek için detaylı bir yapısal analizi gerçekleştiriliyor [Gantes,1991]. Bu yaklaşımda geliştirilen çoğu katlanabilir yapı birbirine merkezi olmayan makas mafsallarıyla bağlı düz çubuk çiftlerinden oluşmaktadır. Genel olarak, katlanma

işleminde tatmin edici bir davranış elde edilmesinin maliyeti, tam açılma durumunda düşük rijitlik elde edilmesi olmaktadır. Bundan dolayı genelde bu tip yapıların tasarımında yapının içinde kilitleme elemanları eklenmektedir. Her ne kadar elde edilen çözümler farklı bir uygulama için yeniden düzenlenebilir olsa da, en ufak değişiklik dahi yeniden analiz yapılmasını gerektirmektedir.

1996 da You ve Pellegrino, katlanabilir yapıların tasarımında yukarıda belirtilen her iki yöntemin avantajlarını birleştirecek yeni bir yaklaşım keşfettiler. Bu yaklaşım *genelleştirilmiş açılı eleman* olarak da adlandırılabilir daha yeni, geniş katlanabilir inşa bloklarını kullanmaktadır. Bu elemanlar aynı Hoberman'ın basit açılı elemanlarında olduğu gibi katlanma aşamasında sabit bir açıya karşılık geliyordu, fakat daha önce kullanılan elemanlardan çok daha fazla serbestlik sağlayabiliyordu. You ve Pellegrino devamlılığı olan bir açılı çubuklar serisinin, Şekil 3.27.'de görülen basit katlanabilir yapıdaki gibi, aynı doğrultuda olan miller kullanılarak düz çubuğun uzatılmasından oluşan tek bir *çok-açılı çubuk* ile yer değiştirilebileceğini buldular. Bu sayede yapıyı oluşturan parçaların sayısı ve bağlantıların karmaşıklığı önemli oranda azaltılabilmekteydi. Bu iki keşif çok daha büyük çaplı açılıp-katlanabilir yapısal uygulamalar için fırsat doğurmuş oldu.

Her ne kadar buluşları belirli bir tipteki uygulama için sınırlı olsa da, yayınlarında sunulan örneklerin asıl amacı stadyumlar ve yüzme havuzları için geliştirilecek katlanabilir çatı yapılarıydı [Levy, 1995].

Bu tez çalışmasında bölüm 3' ün düzeni şu şekildedir: Bölüm 3.1 sınıflandırma, bölüm 3.2 Pantografik Açılıp-Katlanabilir Çubuk Yapılarını ve basit açılı elemanın elde edilmesini kısaca anlatmaktadır. Bölüm 3.2.1 Hoberman'ın açılı elemanını konu edinmiştir. Bölüm 3.2.2 yeni genelleştirilmiş açılı elemanları (GAE) tanıtmaktadır. Bu elemanlar her hangi bir sayıda paralelkenardan oluşan zincirlerden ve her elemanın ardışık elemana, ya iki ikizkenar ya da benzer üçgenlerle bağlanmasından oluşmaktadır. Simetrik GAE'lerin özel nitelikleri tartışılmıştır. Bölüm 3.2.3, dairesel, döngüsel simetrisi olan katlanılabilir yapıları oluşturan basit açılı elemanların montajını anlatmaktadır. Hoberman tarafından sunulan orijinal çözüm olan birbirinden farklı açılı elemanların birbirine makas mafsallarla bağlanmasından başlayarak, çok-açılı elemanlar kullanılarak geometrik olarak aynı ama daha etkin açılıp-katlanabilir yapılar yapılabileceği gösterilmiştir. Bölüm 3.2.4

genelleştirilmiş açılı elemanlardan oluşan genel şekillerdeki katlanabilir yapılar incelenmektedir. Açılıp-Katlanabilir yapılar için kendi çevresinde katlanabilen değişik şekilli, dikdörtgen, elips şeklinde gibi birçok farklı konfigürasyon sunulmuştur.

3.2.1. Hoberman'ın açılı elemanı

Şekil 3.28.(a) bir çift *birbirinin aynı düz* çubuğun birbirine E noktasındaki makas mafsalla sabitlenmesinden oluşan basit bir pantografik elemanı göstermektedir. Sondaki bağlantılar A, B, C ve D OP ve OR düz doğrularını tanımlamaktadır. Eleman OQ doğrusuna göre simetrik. Bu elemanın karşılık geldiği açı olan α ile *açılma açısı* θ arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\overline{CG} - \overline{BF} = \overline{FG} \tan \alpha / 2 \quad (3.6)$$

$$\overline{CG} = \overline{CE} \sin \theta / 2 \quad (3.7)$$

$$\overline{BF} = \overline{BE} \sin \theta / 2 = \overline{AE} \sin \theta / 2 \quad (3.8)$$

Ve

$$\overline{FG} = \overline{AC} \cos \theta / 2 \quad (3.9)$$

Eş. 2.7 ve Eş. 2.8' ü Eş. 2.6' da kullanarak

$$(\overline{CE} - \overline{AE}) \sin \theta / 2 = \overline{AC} \cos \theta / 2 \tan \alpha / 2 \quad (3.10)$$

$$\tan \alpha / 2 = \frac{\overline{CE} - \overline{AE}}{\overline{AC}} \tan \theta / 2 \quad (3.11)$$

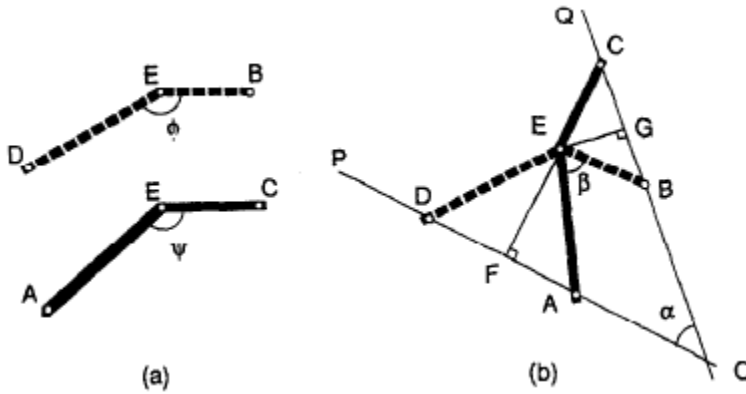
E.ş. 3.11 'de açıkça görülebileceği üzere α , θ 'ya göre değişmektedir. OP ve OR' nin pozisyonlarının sabit olduğunu düşünürsek, A, D ve B, C' nin sadece OP ve OR doğruları üzerinde hareket etmelerine izin verilirse ABCD pantografik elemanını hareket ettirmek, diğer bir anlamda θ açısını değiştirmek mümkün değildir [Zanardo, 1986].

Bu zorluğu yenmek, düz olmayan “açılı” bir çubuk yerleştirilerek, yani E noktasının Şekil 3.28. (b)’ de gösterilen özel pozisyona gelmesini sağlayarak mümkün olmuştur [Hoberman, 1990, 1991]. Bu durum aşağıdaki ifadeyi gösterir.

$$\tan \alpha / 2 = \frac{\overline{CF} - \overline{AF}}{\overline{AC}} \tan \theta / 2 + 2 \frac{\overline{EF}}{\overline{AC}} \quad (3.12)$$

$\overline{AF} = \overline{CF}$ durumu için, yani eğer F noktası A ve C noktalarının tam orta noktasındaysa sağ taraftaki ilk terim yok olmaktadır. Bu durumda α bütün θ değerleri için sabit olmaktadır ve pantografik elemanı A, D noktaları OP doğrusu; B, C noktaları da OR doğrusu üzerinde olacak şekilde hareket ettirmek mümkündür.

$$\overline{AF} = \overline{CF} \quad \text{ve} \quad \alpha = 2 \arctan \frac{\overline{EF}}{\overline{AF}} \quad (3.13)$$



Şekil 3.31. Eşit yarı uzunlukta fakat farklı kıvrımlı açılı çubuklardan oluşan en basit tip I GAE tipi. $\overline{AE} = \overline{DE}$, $\overline{BE} = \overline{CE}$, $\psi = \varphi$. ADE ve BCE benzer ikizkenar üçgenlerdir [5,11]

Eş. 3.13’ den şu sonuca varılabilir:

$$\angle CAE = \angle ACE = \alpha / 2 \quad (3.14)$$

$$\angle ACE = 180^\circ - \alpha \quad (3.15)$$

Ve bundan dolayı sondaki bir mafsal ile ortadaki bir mafsal arası mesafe sabit ve aşağıdaki gibidir.

$$l = \sqrt{\overline{AF}^2 + \overline{EF}^2} \quad (3.16)$$

Hoberman [1990,1991], üstteki türetme işlemi, hali hazırda *benzer açılı çubuklar*' dan yapılmış olan simetrik olmayan açılı elemanlar için de uygulanabilir. Resim 3.2 Hoberman tarafından dikkate alınan en genel elemanı göstermektedir, ve aşağıdaki durumu sağlamaktadır.

$$\overline{AE} = \overline{DE}, \overline{BE} = \overline{CE} \text{ ve } \psi = \varphi = 180 - \alpha \quad (3.17)$$

Ve böylece açılı çubuklar iki *ikizkenar üçgen* oluşturmaktadır. Fark edilebileceği üzere $\overline{AE} \overline{BE}$, 'ye eşit olmak zorunda değildir.

3.2.2. Genelleştirilmiş açılı elemanlar

Genelleştirilmiş açılı elemanlar, bir açılı çubuk takımının her iki uçta da eşkenar üçgenlerden (GAE Tip I) veya benzer üçgenlerden (GAE Tip II) her hangi bir sayıda paralelkenar zinciri oluşturmamasından ortaya çıkar. Bir genelleştirilmiş açılı elemanı, eleman katlandıkça ya da açıldıkça sabit bir açıyı kapsar. Aşağıda tip I ve tip II' nin farklı kapsama açılarının ispatı verilecektir.

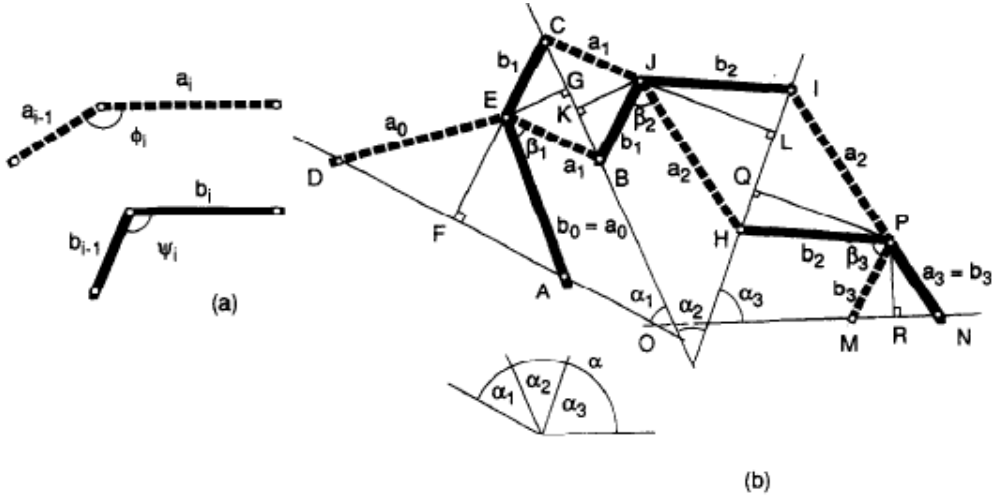
Tip I GAE

Genel tip I GAE' yi tartışmadan önce, Şekil 3.31' de gösterilen aşağıdaki özelliklere sahip açılı elemana bakalım.

$$\overline{AE} = \overline{DE}, \quad \overline{BE} = \overline{CE} \quad \text{ve} \quad \text{genel olarak} \quad \psi \neq \varphi \quad (3.18)$$

Şekil 3.31’ de görüldüğü üzere, OGEF dörtgeninin iç açılarının toplamı 360° ve dolayısıyla $\angle OFE = \angle OGE = 90^\circ$ ‘ dir, α açısı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\alpha = 180^\circ - (\angle AEF + \beta + \angle BEG) \quad (3.19)$$



Şekil 3.32. İki paralelkenar ile birbirine bağlanan iki ikizkenar üçgenden oluşan genel Tip I GAE [5,11]

$\triangle ADE$ ve $\triangle BCE$ ikizkenar üçgenler olduklarından dolayı

$$\angle AEF = \frac{\phi - \beta}{2} \quad \text{ve} \quad \angle BEG = \frac{\psi - \beta}{2} \quad (3.20)$$

Böylece Eş. 3.20’ yi Eş. 3.19’ da kullandığımızda

$$\alpha = 180^\circ - \frac{\phi - \psi}{2} = \text{sabit} \quad (3.21)$$

Sonuç bu elemanın sabit bir açığı kapsadığını gösterir. Dikkat edersek, $\phi = \psi$ için Hoberman’ın elemanı yeniden elde edilmiş olmaktadır.

$\phi = 180^\circ$, ya da $\psi = 180^\circ$ olduğu durumda, bir çubuğun açılı diğer çubuğun ise düz olduğu anlamına gelen, en ilginç özel bir durum ortaya çıkmaktadır.

Daha genel bir tip olan tip I GAE' ler iki veya daha fazla açılı elemandan oluşmaktadır.

Şekil 3.32. aşağıdaki durumları destekleyen üç elemanlı bir örneği göstermektedir.

✓ Her kapalı döngü bir paralelkenardır, öyle ki,

$$\overline{CE} = \overline{BJ} \quad \text{ve} \quad \overline{EB} = \overline{CJ}, \quad \overline{HJ} = \overline{IP} \quad \text{ve} \quad \overline{IJ} = \overline{HP} \quad (3.22)$$

✓ ΔAED ve ΔNPM eşkenar üçgenlerdir, öyle ki,

$$\frac{\overline{DE}}{\overline{AE}} = \frac{\overline{MP}}{\overline{NP}} = 1 \quad (3.23)$$

Dikkat edilirse, Şekil 3.32. Şekil 3.31.' de gösterilen elemanın makas mafsal noktası E' de kesilmesi ve böylece üçgenlerin arasına paralelkenarlar eklenmesiyle oluştuğu yorumu yapılabilir.

Bir sonraki aşamada bu eleman tarafından kapsanan α açısının sabit bir değerde olduğu gösterilecektir. Şekil 3.32' den aşağıdaki denklem elde edilebilir.

$$\alpha = \angle DON = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \quad (3.24)$$

Ve

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 180^\circ - (\angle AEF + \beta_1 + \angle BEG) \\ \alpha_2 &= 180^\circ - (\angle BJK + \beta_2 + \angle HJL) \\ \alpha_3 &= 180^\circ - (\angle HPQ + \beta_3 + \angle MPR) \end{aligned} \quad (3.25)$$

✓ koşulu şunu belirtmektedir,

$$\angle BEC = \angle BJC \quad \text{ve} \quad \angle HJI = \angle HPI \quad (3.26)$$

Ve

$$\angle BEG + \angle BJK = \angle BEC \quad \text{ve} \quad \angle HJL + \angle HJL + \angle HPQ = \angle HJI \quad (3.27)$$

Eş. 3.25, 3.26 ve 3.27 denklemleri Eş. 3.24 denkleminde kullanılırsa aşağıdaki denklem elde edilir,

$$\alpha = 3 \times 180^\circ - (\angle AEF + \psi_1 + \psi_2 + \beta_3 + \angle MPR) \quad (3.28)$$

✓ koşulundan şu bilinmektedir,

$$\angle AEF = \frac{\angle AED}{2} = \frac{\phi_1 - \beta_1}{2} \quad \text{and} \quad \angle MPR = \frac{\angle MPN}{2} = \frac{\psi_3 - \beta_3}{2} \quad (3.29)$$

Dikkat edilirse Eş. 3.26' nın şu şekilde de yazılabileceği fark edilebilir,

$$\psi_1 - \beta_1 = \phi_2 - \beta_2 \quad \text{ve} \quad \psi_2 - \beta_2 = \phi_3 - \beta_3 \quad (3.30)$$

Ve bu iki denklem birbirine eklendiğinde aşağıdaki denklem elde edilebilir,

$$\psi_1 + \psi_2 - \beta_1 = \phi_2 + \phi_3 - \beta_3 \quad (3.31)$$

Eş. 3.31' in her iki tarafına da $\phi_3 + \psi_3$ eklenirse ve sadeleştirilirse aşağıdaki denklem elde edilir,

$$\phi_1 - \beta_1 = \sum \phi - \sum \psi + \psi_3 - \beta_3 \quad (3.32)$$

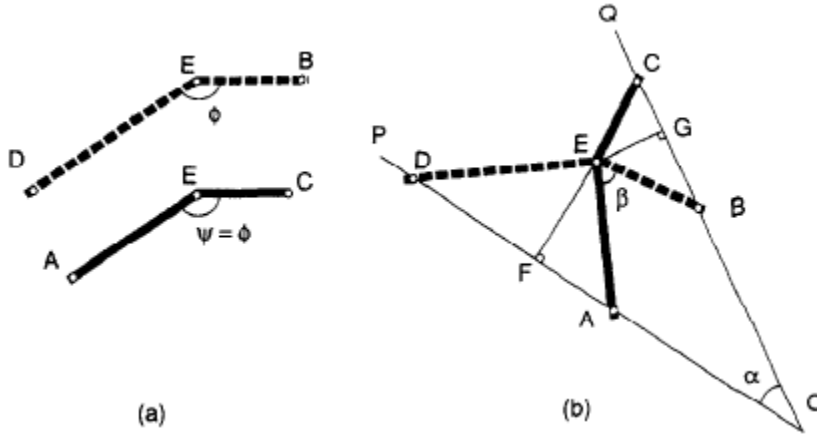
Öyle ki,

$$\sum \phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 \quad \text{ve} \quad \sum \psi = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 \quad (3.33)$$

Eş. 3.32' yi Eş. 3.29' de kullandıktan sonra sonucu Eş. 3.28' de kullanırsak şu sonuca varırız,

$$\alpha = 3 \times 180^\circ - \frac{\sum \phi + \sum \psi}{2} = \text{sabit} \quad (3.34)$$

Bu demek oluyor ki Tip I GAE için kapsama açısı sabittir.



Şekil 3.33. Birbirine orantılı yarı uzunluklu ve eşit kıvrılma açısına sahip çubuklardan oluşan en basit GAE Tip II. $\overline{AE} / \overline{DE} = \overline{CE} / \overline{BE}$, $\psi = \phi$, ADE ve BCE benzer üçgenlerdir [5,11]

Tip II GAE

Şekil 3.33' de gösterilen açılı eleman aşağıdaki özelliğe sahiptir,

$$\frac{\overline{AE}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{CE}}{\overline{BE}} , \text{ ve } \psi = \phi \quad (3.35)$$

Bu sefer α açısının sabit olduğunu göstermek için, Eş. 3.19 ün halen geçerli olduğunu hatırlamak gerekir. ΔAED ve ΔBEC benzer üçgenlerdir.

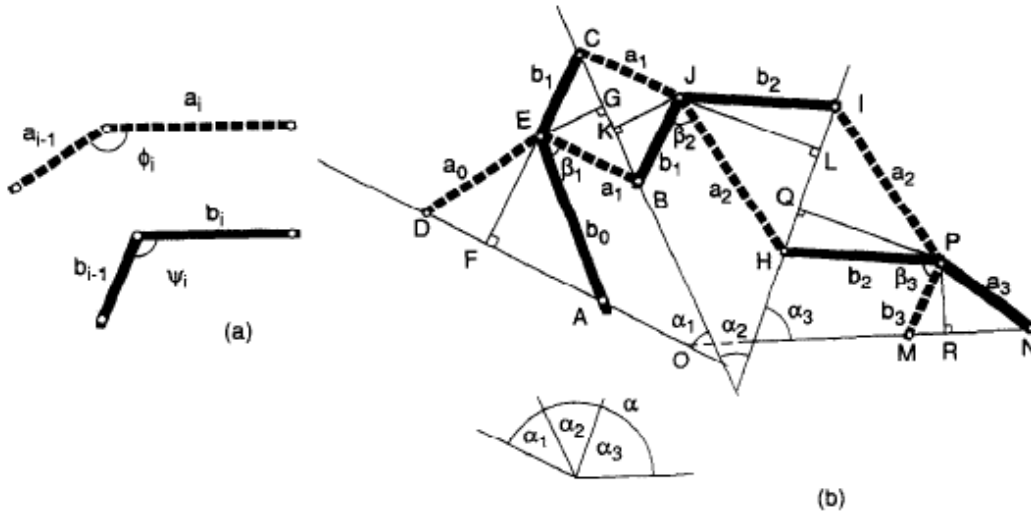
$$\angle BEG = \angle DEF \quad (3.36)$$

Ve Eş. 3.36'yı Eş. 3.19' da kullanırsak,

$$\alpha = 180^\circ - \phi \quad (3.37)$$

Dikkat edilirse aşağıdaki koşul sağlandığında Hoberman'ın elemanı yeniden elde edilmektedir,

$$\frac{\overline{AE}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{CE}}{\overline{BE}} = 1 \quad (3.38)$$



Şekil 3.34. İki paralelkenarla birbirine bağlanmış iki benzer üçgenden oluşan genel tip II GAE [5,11]

Şekil 3.34.'de daha genel bir tip II GAE gösterilmiştir. Bu eleman aşağıdaki koşulları sağlamaktadır.

- 1) kapalı olan her döngü bir paralelkenardır
- 2) kenarlardaki üçgenler ΔAED ve ΔNPM benzer üçgenlerdir öyle ki,

$$\frac{\overline{DE}}{\overline{PM}} = \frac{\overline{AE}}{\overline{NP}}, \text{ ve } \angle AED = \angle MPN \quad (3.39)$$

α açısının sabit olduğunu ispatlamak için Eş. 3.28' in Tip II elemanlar için geçerli olması ve (2) koşulunun gereği aşağıdaki denklem kullanılabilir.

$$\angle AEF = \angle NPR \quad (3.40)$$

Eş. 3.28 şuna eşittir,

$$\alpha = 3 \times 180^\circ - \sum \psi = \text{sabit} \quad (3.41)$$

Aşağıdaki denklem gereği bunu elde etmek ilginçtir,

$$\angle AED = \phi_1 - \beta_1 \quad \text{ve} \quad \angle MPN = \psi_3 - \beta_3 \quad (3.42)$$

Ve bu açılar birbirine eşit olduğundan, Eş. 3.30 Tip II elemanlar için de geçerlidir ve aynı zamanda aşağıdaki denkleme eşittir.

$$\sum \psi = \sum \phi \quad (3.43)$$

Bu da gösterir ki Tip II GAE yi oluşturan iki takım açılı elemanın kıvrılma açılarının toplamı sabittir. Sadece iki açılı çubuktan oluşan açılı elemanlar için Eş. 3.43 $\psi \neq \phi$ 'ye dönüşür ve bu da Eş. 3.35' e eşittir.

Simetrik GAE' lerin ek bir özelliği

Sabit açı kapsayan katlanabilir elemanların kullanılması bu tip birçok elemandan oluşan yapıların da (1) katlanabilir olacağını (2) yapının katlanma prosedürü sırasında şeklini koruyacağını garanti etmez. Bir GAE nin içerisinde oluşacak ışınsal bir kayma nedeniyle sorun çıkabilir ve bir taraftaki mafsalların diğer taraftakilere oranla farklı miktarda hareket etmelerine neden olabilir. Eğer elemanın bir tarafındaki mafsallar orijinal doğrularına paralel bir doğru üzerine hareket ederlerse, teğetsel bir kayma meydana gelebilir. Bu tip sorunlar kapalı döngüler oluşturan katlanabilir yapıların tasarımı sırasında son derece kritik olabilirler.

Bu sorunların üstesinden gelmenin en kolay yolu simetrik elemanlar kullanmaktır. Tek bir merkezi simetri ekseni olan GAE nin hareketi de simetrik olacaktır, böylece her iki taraf için de diğer taraftaki mafsallarla herhangi ışınsal bir uyumsuzluk oluşmayacaktır.

Eğer sadece bölüm 3.2.1 açılı elemanları, yani iki birbirinin aynı açılı çubuktan yapılmış olanlar, dikkate alınacak olursa sadece aşağıdaki durumun geçerli olduğu elemanlar için simetrik bir konfigürasyon elde edilebilir.

$$\overline{AE} = \overline{DE} = \overline{BE} = \overline{CE} \text{ ve } \psi = \varphi \quad (3.44)$$

Fakat eğer simetrik GAE ler dikkate alınacak olursa, bu durumda birçok farklı yerleşimler elde edilebilir. Bölüm 3.2.4' de bu konuyla ilgili bazı örnekler verilmiştir.

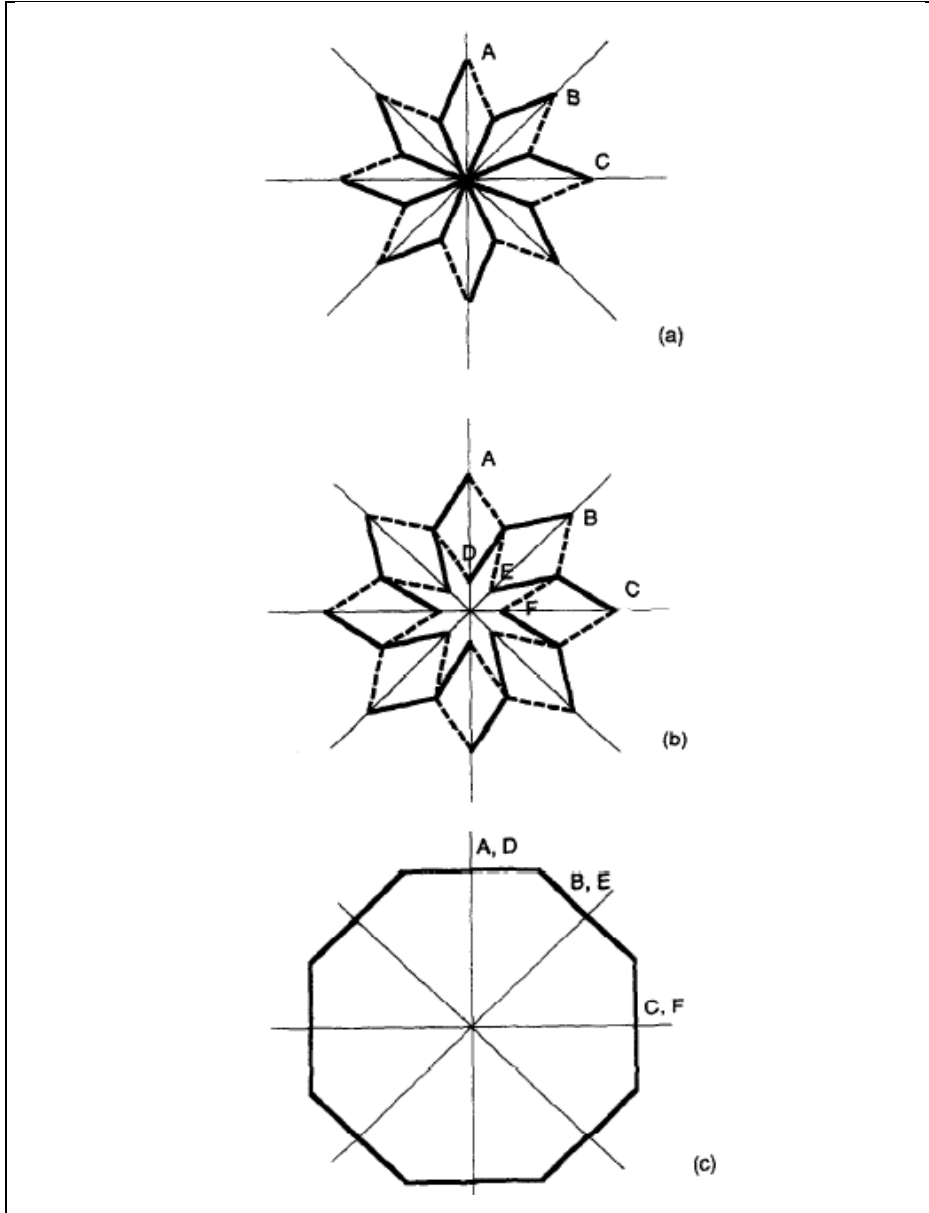
3.2.3. Katlanabilir dairesel yapılar

Şekil 3.35, sekiz adet aşağıda belirtilen kapsama açısına sahip birbirinin aynı, simetrik, basit açılı elemanın montajını göstermektedir.

$$\alpha = \frac{360}{8} = 45^\circ \quad (3.45)$$

Bu elemanlar şekli Şekil 3.35(a)' da gösterilen şekil ile Şekil 3.35(c)' de gösterilen şekil arasına devamlı bir şekilde değişebilen ve bu süreçte Şekil 3.35(b)' de gösterilen şekilden geçen kapalı, dairesel bir halka oluşturmaktadırlar. Şekil 3.35(a)' daki, bölüm 3.2.1' de bahsedilen, açılma açısı, $\phi = 45^\circ$ dir, ve her bir (kesik çizgilerle gösterilen) açılı çubuk takımı kısmen bir diğer takım tarafından örtülmektedir.

Şekil 3.35 (c)' de ise açılma açısı $\phi = 180^\circ$ dir, ve bir çubuk takımı diğer bir takım tarafından tamamen örtülmektedir.



Şekil 3.35. Birbirinin aynı, 135° kıvrılma açısına sahip açılı çubuklardan oluşan katlanabilir halka yapısı (a) “açılmış” ve (c) “katlanmış” [5,11]

Bu yapının mafsalları her zaman üç eşmerkezli dairenin merkezinde kalmaktadır. Dikkat edilirse, Şekil 3.35(a)’ da bu dairelerden birisi tek bir noktaya büzüşmekte,

diğer taraftan Şekil 3.35 (c)’ de ise iki daire örtüşmektedir. Diğer ilginç bir nokta ise, A, B, C mafsallarını kapsayan daire maksimum çapına ulaştığında büzüşmeye başlarken diğer ilk daire genişlemeye devam etmektedir. Eğer eleman ve bağlantıların fiziksel büyüklükleri ihmal edilirse, genişleme işlemi D, E, ve F mafsalları A,B, ve C mafsallarıyla üst üste geldiğinde sona ermektedir.

Şekil 3.35’ deki açılıp-katlanabilir yapı sekiz adet *birbirinin aynı eşkenar dörtgenin* kapalı döngüsünden oluşmaktadır ve bölüm 3.2.4’ ün *Temel yapının yerleşimi* alt başlığında gösterileceği üzere bu tip döngülerde değişik konfigürasyonlar için hiçbir şekilde geometrik uyumsuzluk oluşmamaktadır.

Kapalı döngüyü oluşturacak açılı eleman sayısı yada açılı çubukların orta nokta mesafeleri değiştirilebilir fakat bunlardan daha fazla değişiklik yapılamaz. Mafsalları eşmerkezli daireler üzerinde bulunan tüm iki boyutlu açılıp-katlanabilir yapılar temel olarak Şekil 3.35’ de görünen yapıyla aynı türdendir. Bunun nedeni her bir açılı elemanın simetrik olması gerekmesi ve ardışık elemanlar arasındaki geometrik uyumluluğu için katlanma sürecinin bütün aşamalarında tüm elemanların aynı kalması gerekmesidir.

Yukarıda belirtilen çözüme uygun daha büyük yapılar birbirine uygun büyüklükteki iki veya daha fazla sayıda eşmerkezli halkaların birbirine bağlanmasıyla oluşturulabilir [Hoberman, 1991]. Şekil 3.36’ da bunun en kolay yolu gösterilmektedir. Resimde A_2 mafsalları içine alan daire üzerinde bulunan mafsallar kullanılarak birleştirilmiş iki *birbirinin aynı halka şekilli yapı* görülmektedir. Bu yapının genişlemesi içteki halkanın tamamen kapanmasıyla sınırlıyken (bkz. Şekil 3.35 (a)), diğer taraftan katlanması ise dışarıdaki halkanın tamamen açılmasıyla sınırlıdır. Aslında bu pek nadir bir tip açılabilir yapıdır. Katlanma sırasında dış çapı başlangıçta azalır, sonradan da orijinal çapına gelene kadar tekrar genişler. Sadece merkezdeki deliğin büyüklüğü düzgün bir şekilde artar. Aslında bu tarz hareket, açılabilir büyük barajlar için son derece uygundur; çünkü çevresi yaklaşık olarak sabit kaldığı sürece yapının desteklerinin ayarlanması daha kolay olmaktadır. Yukarıdaki çözüm Iris Katlanabilir Çatısı’nın temelini oluşturmaktadır [Hoberman,1991].

İçteki halka için biraz daha küçük bir yapı kullanılması sayesinde iki eşmerkezli halkanın daha iyi paketlenmesi sağlanabilir. $L = \overline{A_2A_3} = \overline{A_3A_4}$ dışarıdaki halkayı oluşturan açılı elemanların yarı boy uzunluğu olsun. İç halka elemanlarının yarı boy uzunluklarının optimum değeri l , tam olarak açılmış konfigürasyon olan $\overline{A_0A_2}$ OP_0 a dik olacak şekilde, $l = \overline{A_0A_1} = \overline{A_1A_2}$ olacaktır. Bu da şunu gerektirir,

$$\frac{l}{L} = \cos \frac{\alpha}{2} \quad (3.46)$$

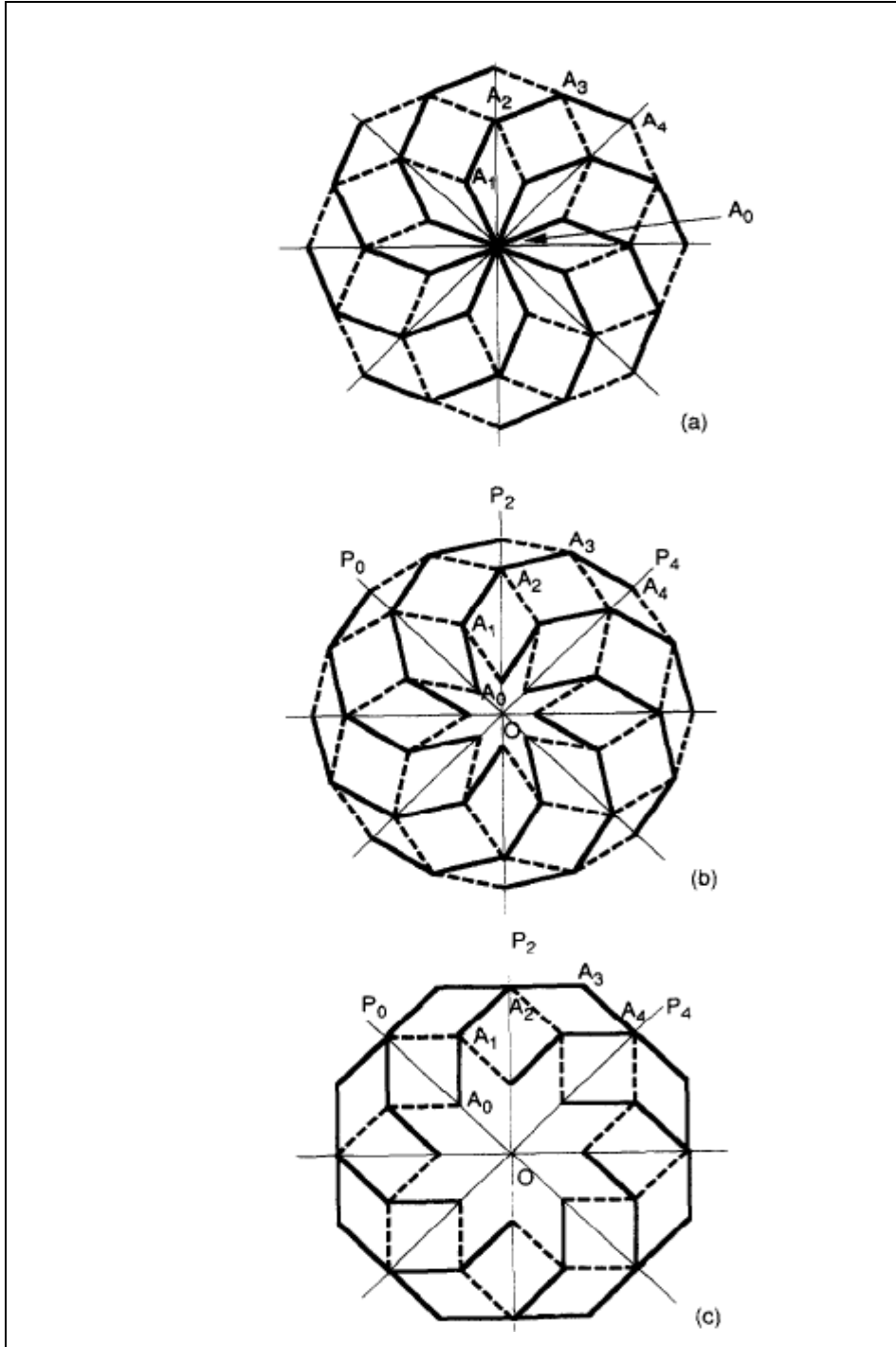
Bu da sekizgen halkalar için ($\alpha = 45^\circ$) şunu verir:

$$\frac{l}{L} = 0.92$$

Diğer l / L değerleri de kabul edilebilir fakat daha küçük genişleme oranı sunabilirler.

Bir sonraki aşamada; birbirinin aynı, simetrik ve tekrar eden açılı elemanlardan oluşan dairesel katlanabilir yapılarda, tekrar eden bu yapıların rijit bir şekilde bir birine bağlanıp çok açılı çubuklar oluşturulabileceği gösterilecektir. Birbirinin aynı l yarı uzunluklu iki açılı çubuğu ele alalım. Bu çubuklar Şekil 3.37.'de gösterildiği şekilde eşit α açısını kapsayan ve birbirine komşu sektörlerde bulunsunlar. A_2 noktası iki elemanın birleşim noktası olsun. Birazdan iki çubuğun arasındaki $\angle A_1A_2A_3$ açısının sabit bir değeri olduğu gösterilecektir. OP_0 ile OP_2 arasında bulunan ilk açılı çubuk göz önünde bulundurulursa, A_2 noktasının O noktasına uzaklığı şöyle hesaplanabilir,

$$\overline{OA_2} = \frac{\overline{A_2C_1}}{\sin \alpha / 2} = \frac{l \cos(\angle A_1A_2C_1)}{\sin \alpha / 2} \quad (3.47)$$



Şekil 3.36. Şekil 3.35.' deki katlanabilir halkalar gibi iki katlanabilir halkanın birbirine bağlanması sonucu elde edilen katlanabilir dairesel yapı. $A_0 A_1 A_2 A_3 A_4$ gibi elemanlar çok açılı çubuklardır [5,11]

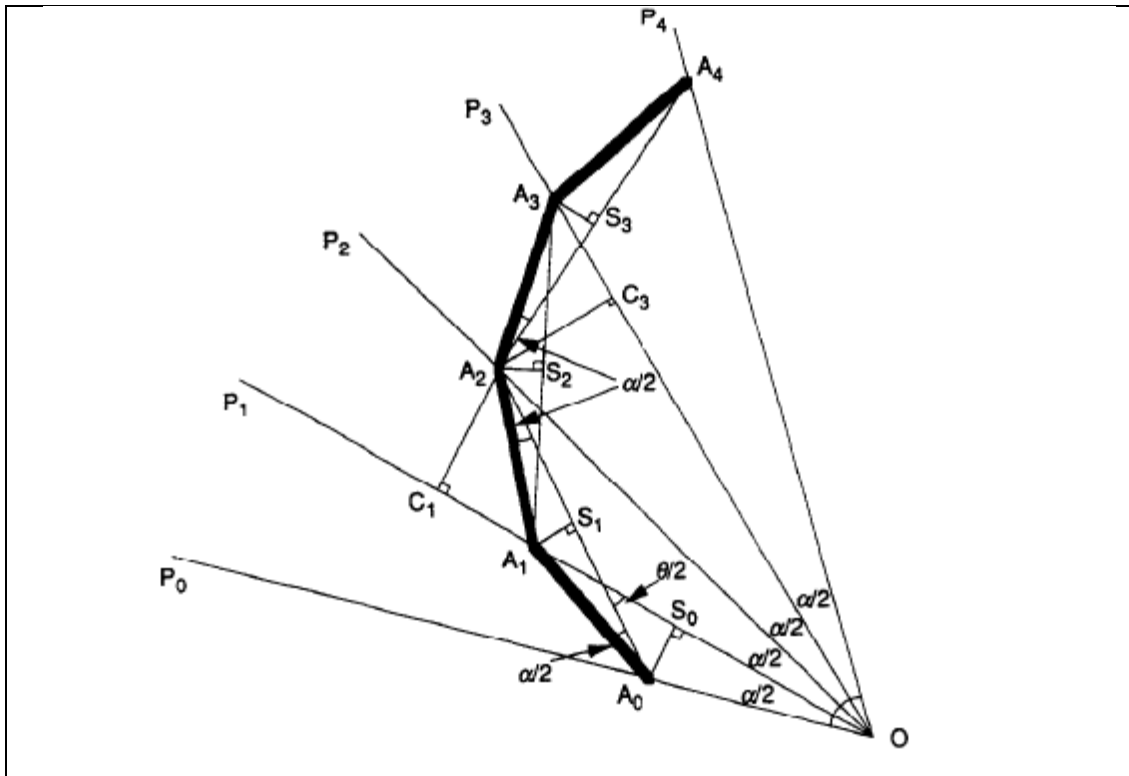
$$\angle A_1 A_2 C_1 = 90^\circ - \angle A_2 A_1 C_1 = 90^\circ - (180^\circ - \angle A_2 A_1 O) \quad (3.48)$$

Çünkü

$$\angle A_2A_1O = \angle S_1A_1O + \angle A_2A_1S_1 = \angle S_1A_1O + \frac{180^\circ - \alpha}{2} \quad (3.49)$$

E.ş. 3.48 şu hale gelir,

$$\angle A_1A_2C_1 = \angle S_1A_1O - \alpha/2 \quad (3.50)$$



Şekil 3.37. Çok açılı çubuk [5,11]

E.ş. 3.50'i , E.ş.3.47'de kullanırsak,

$$\overline{OA_2} = \frac{l \cos(\angle S_1A_1O - \alpha/2)}{\sin \alpha/2} \quad (3.51)$$

Bunun yanında,

$$\angle A_1A_2O = 180^\circ - \frac{\alpha}{2} - \angle A_2A_1O = 90^\circ - \angle S_1A_1O \quad (3.52)$$

İkinci açılı çubuk dikkate alınır, A_2 mafsalının O noktasından uzaklığı şöyledir,

$$\overline{OA_2} = \frac{\overline{A_2C_3}}{\sin \alpha / 2} = \frac{l \cos(\angle A_3A_2C_3)}{\sin \alpha / 2} \quad (3.53)$$

öyle ki,

$$\angle A_3A_2C_3 = \angle S_3A_2C_3 + \alpha / 2 = \angle S_3A_3O + \alpha / 2 \quad (3.54)$$

Böylece,

$$\overline{OA_2} = \frac{l \cos(\angle S_3A_3O + \alpha / 2)}{\sin \alpha / 2} \quad (3.55)$$

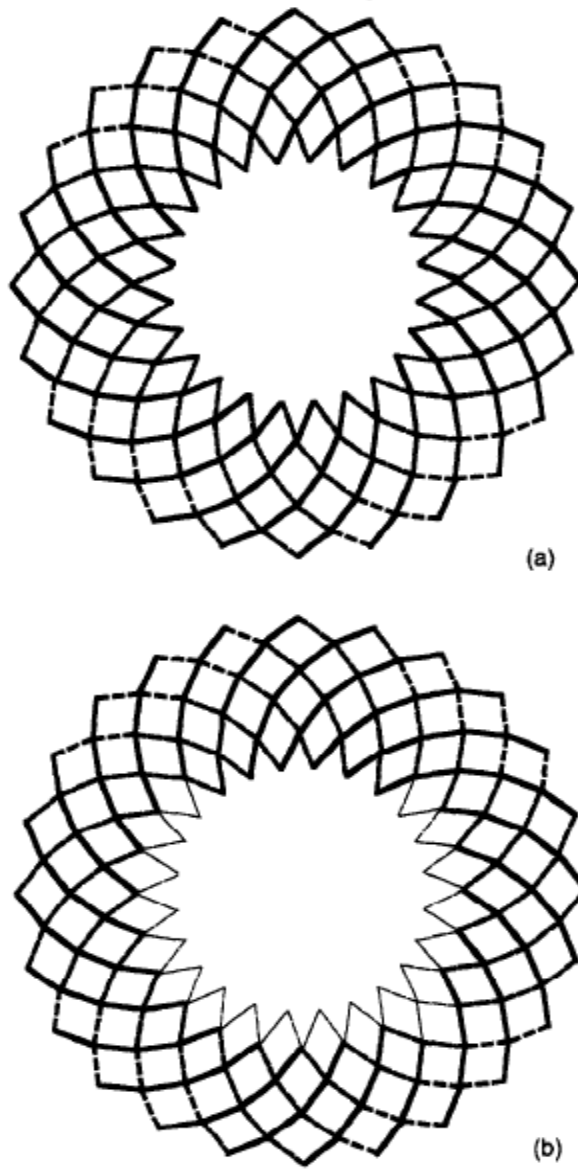
E.ş.3.51' i E.ş. 3.55 ile kıyaslırsak,

$$\angle S_1A_1O - \alpha / 2 = \angle S_3A_3O + \alpha / 2 \quad (3.56)$$

Ayrıca

$$\angle A_3A_2O = \angle A_3A_2C_3 + 90^\circ - \alpha / 2 = 90^\circ + \angle S_3A_3O \quad (3.57)$$

İki açılı eleman arasındaki açı E.ş. 3.52 ve E.ş. 3.56 – E.ş. 3.57 kullanılarak hesaplanabilir.



Şekil 3.38. 165° lik kıvrılma açısı olan çok açılı elemanlardan oluşan dairesel katlanabilir yapılar [5,11]

$$\begin{aligned}
 \angle A_1 A_2 A_3 &= \angle A_1 A_2 O + \angle A_3 A_2 O \\
 &= 180^\circ + \angle S_3 A_3 O - \angle S_1 A_1 O = 180^\circ - \alpha = \text{sabit}
 \end{aligned}
 \tag{3.58}$$

Bu doğrulama eşit l yarı uzunluklu devamlılığı olan her hangi bir sayıda çubuk için genişletilebilir. Fakat bunun için merkeze olan uzaklıklarının azalmayan bir şekilde olması gerekmektedir. Bunun nedeni ise, merkeze doğru geri döndüklerinde, $\angle S_i A_i O$ açısı negatif olur, bu durumda da yukarıda verilen doğrulama artık geçerli olmamaktadır. Bu

durumdan yola çıkarak, çubuklar birbirine rijit bir şekilde kıvrılma açısı E.ş. 3.58’ deki $180^\circ - \alpha$ şekilde bağlanarak bir çok-açılı eleman oluşturulabilir.

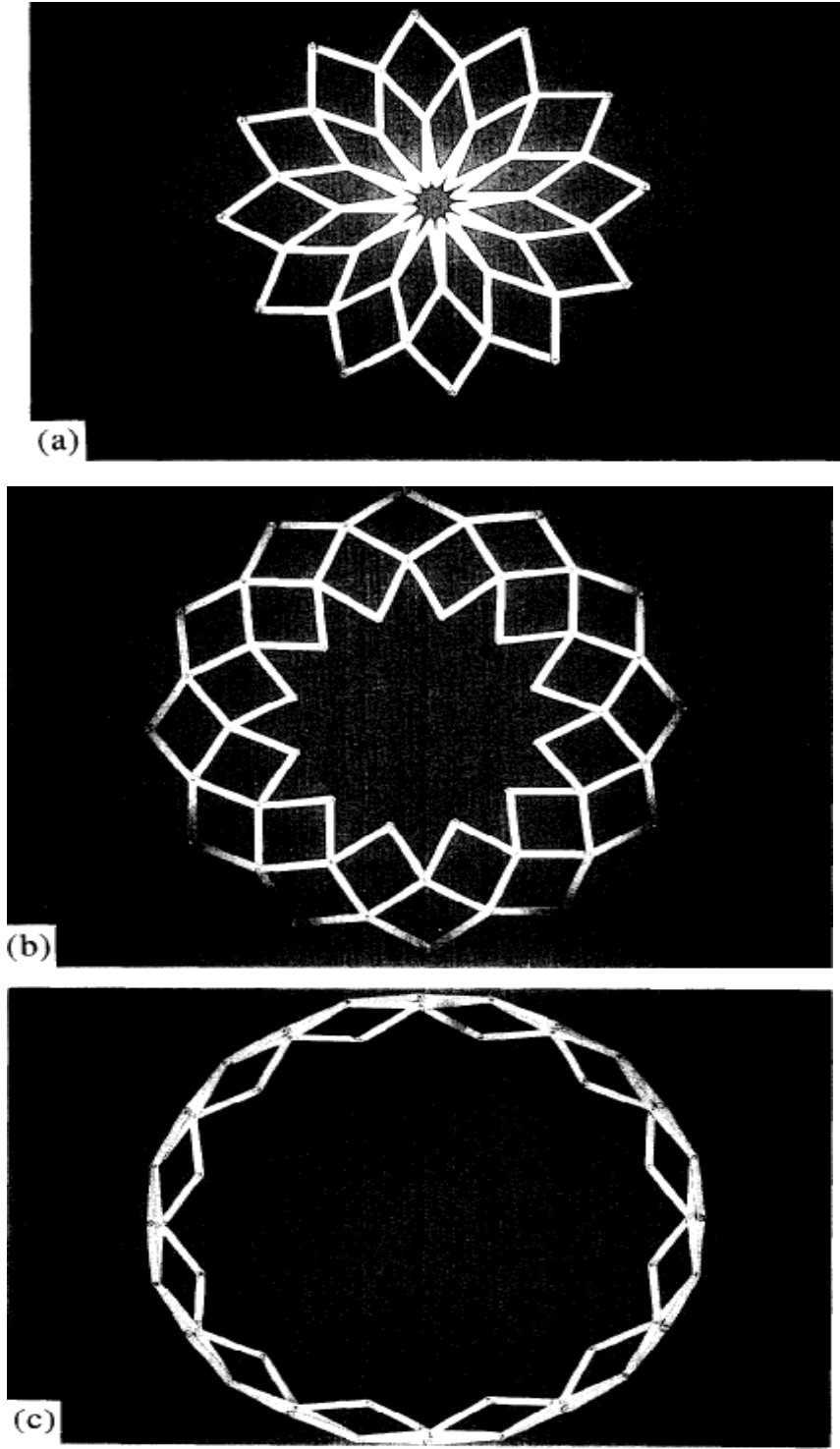
Şekil 3.38. (a)’ da toplam 48 adet beş-parçalı, çok-açılı çubuk içeren dairesel katlanabilir bir yapı görülmektedir. Bu yapı aşağıdaki özelliğe sahiptir.

$$\alpha = \frac{360}{48/2} = 15^\circ$$

Şekil 3.38(b) ise bazı çubuklarda parça sayısını değiştirerek mütevazı şekil değişikliklerinin yapılabileceği gösterilmektedir. Şekil 3.39.’ da aşağıdaki özelliklere sahip model bir yapının fotoğrafları bulunmaktadır.

$$\alpha = \frac{360}{24/2} = 30^\circ$$

Bu yapının birbirinin aynı 24 adet çok-açılı çubuğu 30° lik kıvrılma açısına sahiptir, ve her bir çubuk uzunluğu $l = 100$ mm lik üç parçadan oluşmaktadır. Şekil 3.39.(a) ve Şekil 3.39.(c)’ de sırasıyla tam olarak açılmış ve tam olarak katlanmış konfigürasyonlar görülmektedir. Dikkat edilirse, mafsalların fiziksel büyüklükleri nedeniyle çubukların tam olarak üst üste gelemediği görülebilir.



Şekil 3.39. 24 adet üç- parçalı çok- açılı çubuk içeren dairesel katlanabilir yapı modeli
[11,20]

3.2.4. Genel şekilli katlanabilir yapılar

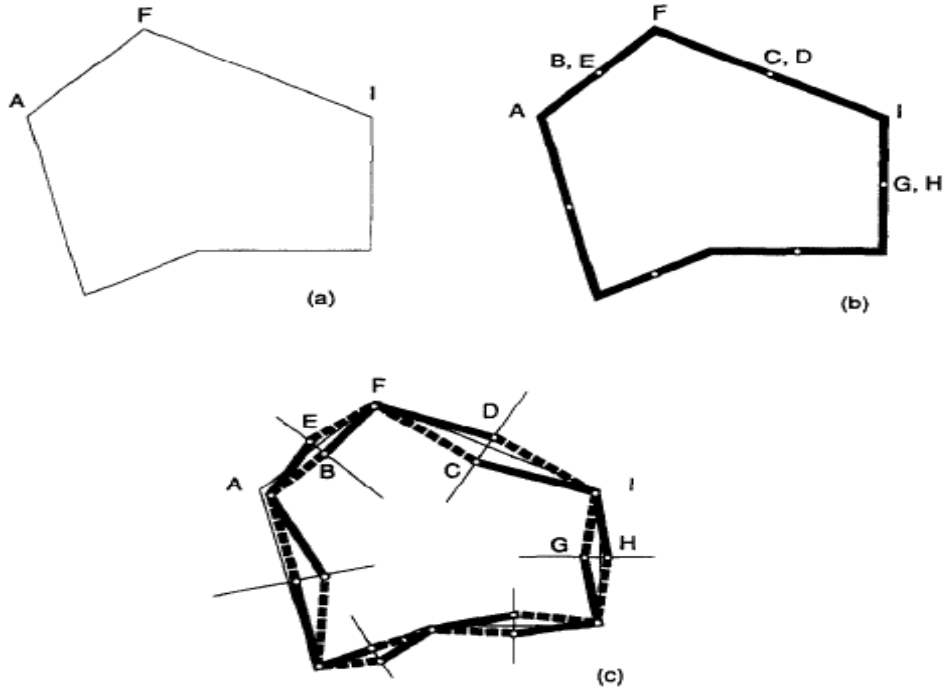
Yukarıda açıklanan fikirlerin basit bir şekilde genişletilmesi sonucu çok farklı şekillerde iki boyutlu katlanabilir yapıların yapılması beklenebilir. Oysaki, bunu yapmanın aşık bir yolu da, verilen her hangi bir sınır şeklini doğrusal parçalara ve dairesel yaylara bölüp, daha sonra da uygun uzunluklardaki düzgün kenarlı kafes tipi yapıları (Şekil 3.27.) uygun kapsama açıları olan basit açılı elemanlarla birbirine monte etmektir. Ne yazık ki, bu tür bir çubuk yapısı katlanabilir değildir. Sorun şudur ki, dairesel bölümü komşu kafes tipi bölümlere bağlamak için kullanılan mafsalların radyal doğrultuda eşit veya orantılı aralıklarla yerleşmesini sağlamak için, her ne kadar dairesel bölümü oluşturan basit açılı elemanların yarı uzunluklarını değiştirmek mümkün olsa da, bu sadece *belirli bir konfigürasyonda* yapılabilir. Konfigürasyon değiştirildiğinde makas mafsalların aralıkları eşit kalmamaktadır. Bu nedenden dolayı, dairesel bir bölüm düzgün çubuklardan oluşan ve mafsalları her zaman eşit veya orantılı aralıklarla yerleşmiş bir yapıya bağlanamamaktadır.

Önceden tanımlanmış bir şekle sahip sınırları olan iki boyutlu katlanabilir bir yapının yerleşimini elde etmek için, önce *katlanabilir temel bir yapı* bulunmalıdır. Bu yapı, mafsalları önceden tanımlanan sınır üzerinde bulunan açılı çubuklardan oluşan bir yapı olabilir. Temel yapısı için uygun bir yerleşim seçildikten sonra, istenen şekil ve genel ölçüler elde edilinceye kadar, bu yapıya ekstra elemanlar makas mafsallar yardımıyla bağlanabilir. Birazdan gösterileceği üzere, belirli şartlar dahilinde, devam eden çubuklar bir çok-açılı çubuklar serisi oluşturacak şekilde birbirine sıkıca bağlanmışsa o yapı katlanabilirdir ve katlanabilir kalır.

Temel yapısının yerleşimi: Verilen uygulama için tüm şekil ve katlanma ihtiyaçlarını sağlayan temel bir yapının bulunması genel olarak başarılı bir çözüm elde edilmesi için çok önemlidir. Ve ne yazık ki, açılı elemanların yerleşiminin en iyi nasıl olacağına dair otomatik bir çözüm verecek kesin kurallar bulunmamaktadır. Bu nedenle yöntemin anlatılması için, prosedür anlatılacak ve bunu temsil eden bir takım örneklerle devam edilecektir. Tüm örnekler aynı, merkez deliği değişen boyutlarda devamlı döngüsel yapılar aynı basit türdedir. Bu tür yapılar spor stadyumu ve tenis kortu gibi yapıların katlanılabilir çatıları için uygundur. Açık döngüsel yapılar daha az kısıtlamaya maruzdur, ve böylece her hangi GAE kombinasyonları kullanılarak tasarlanması çok daha kolaydır.

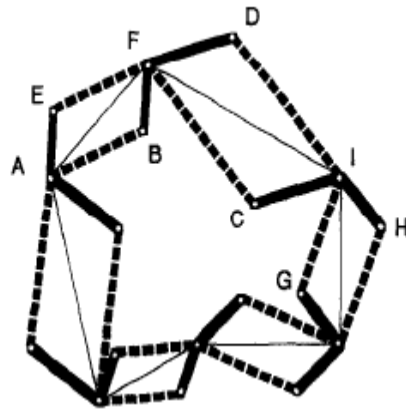
Şekil 3.40 herhangi bir şekilde olan tek döngülü katlanabilir çubuk yapısının tasarımı için basit bir yöntem göstermektedir [Hoberman,1990]. Şekil 3.40.(a)' da ise temsili genel bir poligon gösterilmektedir. Bu poligon, iç mafsalları poligonun köşeleriyle çakışan bir Hoberman elemanları takımından oluşturulmuştur. Her bir açılı çubuğun yarı-uzunluğu her bir kenarın yarı uzunluğuna eşittir; ve aynı elemana ait iki çubuk, poligonun iç açısına eşit olan birbiriyle aynı kıvrılma açıları oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı, Şekil 3.40(b)' de de görülebileceği üzere, tam olarak katlanmış konfigürasyonda elemanlar poligonun kenarlarıyla örtüşmektedir. Dikkat edilirse, açılı çubukların yarısı diğer çubuklar tarafından gizlenmektedir. Genel olarak, tabii ki , bu açılı elemanlar simetrik değildir ve bu nedenden dolayı, *Simetrik GAE'lerin ek bir özelliğinde* de belirtildiği üzere, yapı katlandığında raydal olarak bir uyumsuzluk meydana gelmektedir. Buna rağmen, Şekil 3.40(c)' de görülebileceği gibi, yapının geneli göz önünde bulundurulduğunda, oluşan uyumsuzluklar birbirini sıfırlamaktadır. Bunun nedeni bu durumda açılı elemanların köşegenleri doğrusal olarak boyca kısalan ve aynı zamanda da katlanma sırasında sabit açılarda kalan *benzer eşkenar dörtgenlerden* oluşan bir zincir oluşturmalarıdır.

Şekil 3.41. kapalı döngüsel yapıların çok daha genel, yine iç mafsalları Şekil 3.40. (a)' daki poligonun köşeleriyle çakışan bir türünü göstermektedir. Burada her bir elemanı oluşturan açılı elemanlar artık birbirinin aynısı değildir, fakat halen poligonun iç açısına eşit kıvrılma açıları vardır ve *benzer paralel kenarlar* zinciri oluşturmaktadırlar. Bu özellik döngüsel yapının katlanabilir olduğunu belirtir, çünkü poligonun kenarları orantılı miktarlarda değişmektedir, ve böylece katlanma sırasında her hangi bir geometrik uyumsuzluk meydana gelmemektedir. Dikkat edilirse, bu çözümde kullanılan altı açılı elemanın her biri, Şekil 3.33.' deki gibi, hiçbir paralel kenar içermeyen bir GAE Tip II' dir.



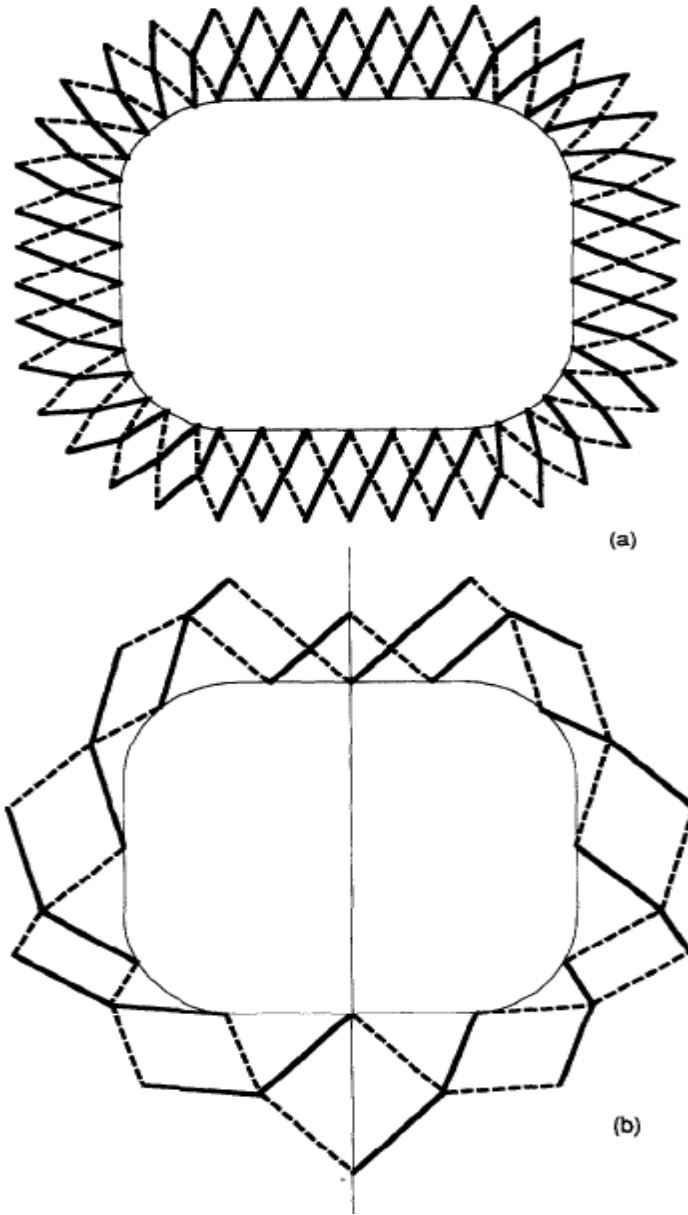
Şekil 3.40. Verilen poligon boyunca katlanan kapalı döngüsel katlanabilir yapı. Açılı elemanlar benzer eşkenar dörtgenler oluşturmaktadır [5]

Her hangi bir şekle sahip kapalı döngüler oluşturan temel yapısı için yukarıda belirtilen çözüme ek olarak, bir veya daha fazla simetri eksenini olan döngüler için çok daha fazla serbestlik sağlanabilmektedir. Temel olarak, her hangi bir GAE kullanılarak basit, tekrar eden bir birim oluşturulabilir, böylece simetri sayesinde tüm birimler aynı şekilde hareket ederler ve tüm konfigürasyonlar için geometrik uyumluluk otomatik olarak sağlanmış olur.



Şekil 3.41. Şekil 3.40.'daki poligon boyunca katlanan, fakat benzer paralel kenarlardan oluşan, kapalı döngüsel açılıp-katlanabilir yapı [5,11,20]

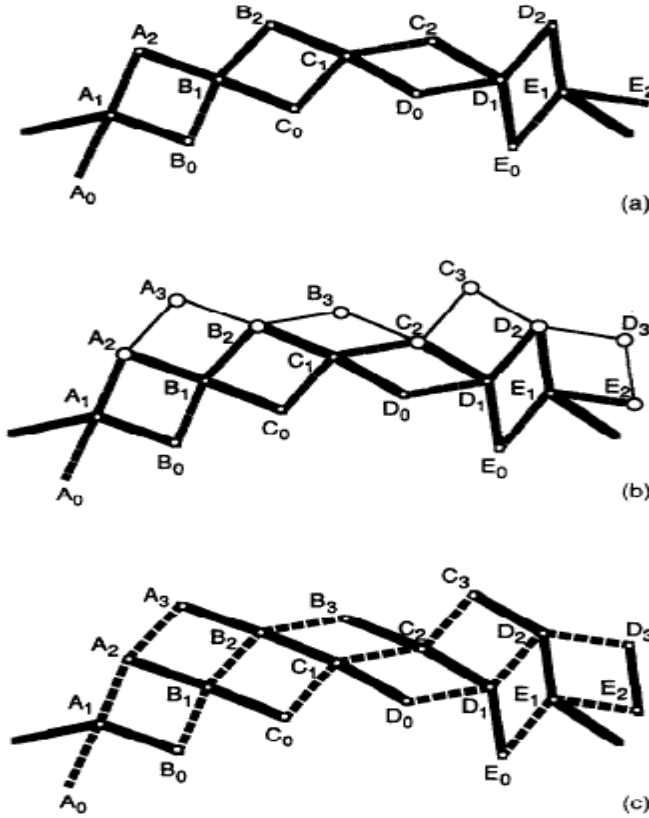
Şekil 3.42.'de, en içteki mafsalları yuvarlak köşeli bir dikdörtgen üzerinde bulunan iki döngüsel yapı görülmektedir. Şekil 3.42 (a)'da gösterilen temel yapı benzer eşkenar dörtgenlerden oluşmaktadır, böylece yapının katlanabilir olduğunu ispatlamak için simetriye başvurulmasına gerek kalmamaktadır. Şekil 3.42(b) 'de gösterilen temel yapı ise Tip I ve Tip II GAE lerin simetrik olarak bir araya getirilmesine dayanmaktadır. Bu, Şekil 3.42(b)' de iki karşılıklı eşkenar dörtgeni ikişer ikizkenar üçgene bölecek şekilde çizilecek bir merkezi simetri eksenini aracılığıyla da görülebilir.



Şekil 3.42. İç sınırları yuvarlak köşeli dikdörtgen şekline sahip açılıp- katlanabilir kapalı döngüsel yapı (a)benzer eşkenar dörtgen (b)Tip I ve Tip II GAE'lerin simetrik olarak biraraya getirilmesine dayanan yapı [5,11,20]

Temel yapının genişletilmesi

Her temel yapı her hangi bir uzunluktaki, bir diğerine ve temel yapıya makas mafsallarla bağlanmış olan bir çift çubuk eklenmesi yoluyla genişletilebilir.



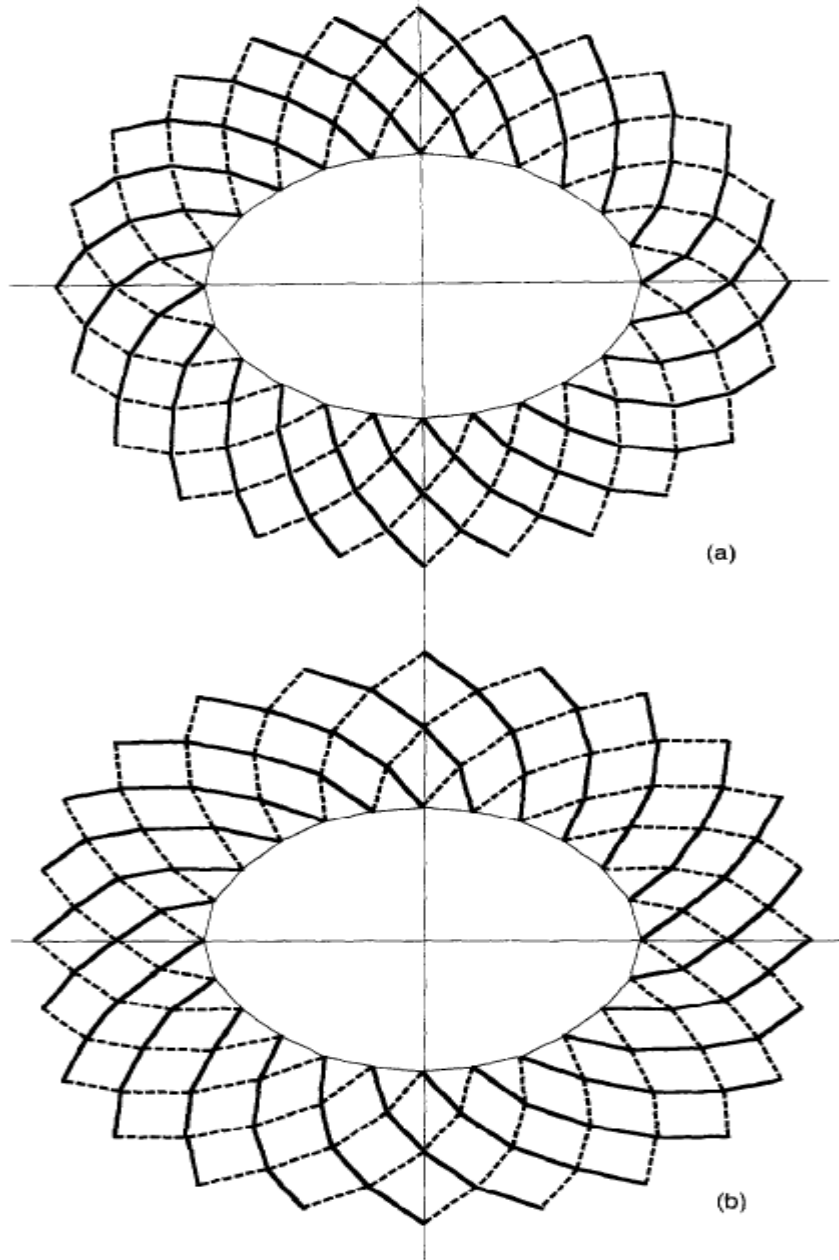
Şekil 3.43. Üç açılıp-katlanabilir yapı: (a) birçok paralel kenardan oluşan temel yapı; (b) ek mafsallanmış çubuklarla genişletilmiş yapı; (c) çok-açılı çubuklardan oluşmuş rijit bir şekilde bağlanmış yapı [5,11,20]

Sonuçta ortaya çıkan yapı da, eklenen elemanların aynı doğru üzerinde olmaması koşuluyla, aynı temel yapı gibi katlanabilir olacaktır. Aynı iddianın tekrar edilmesiyle gösterilebilir ki, temel yapıya mafsallarla bağlanan her hangi bir sayıdaki çubuk çifti temel yapının hareketliliğini değiştirmeyecektir.

Pratikteki en önemli durum, Şekil 3.40.- 3.42.' de gösterildiği üzere, temel yapının bir paralel kenar takımında oluşması özel durumudur.

Şekil 3.43(a) açılı elemanlardan oluşan bir çubuk elemanının küçük, genel bir bölümünü göstermektedir. Şekil 3.43(b)' de bu elemanın dış mafsallarına, A₂ A₃ B₁ B₂ vs. dörtgenleri *paralel kenar* olacak şekilde, ek elemanlar bağlanmaktadır. Bu genişletilmiş yapı

katlanabilir, çünkü eklenen tüm elemanlar temel yapıya göre serbest bir şekilde dönebilmektedir. Fakat, gerçekte, yapının katlanması sırasında ardışık çubuklar arasında göreceli hiçbir dönme meydana gelmez, öyle ki $\angle A_1A_2A_3$, $\angle B_1B_2B_3$ vs. sabit kalır. Örnek olarak $\angle A_1A_2A_3$ ü ele alalım. Çünkü açılı elemanın kıvrılma açısı olan $\angle B_0B_1B_2$ sabit olduğundan, A_1A_2 ve A_2A_3 , sırasıyla B_0B_1 ve B_1B_2 ye paralel kalırlar.



Şekil 3.44. (a) eşkenar dörtgenler ve (b) paralel kenarlarla mozaik bezeme yapan çok-açılı çubuklardan oluşmuş açılıp-katlanabilir eliptik yapılar [11,20]

$$\angle A_1A_2A_3 = \angle B_0B_1B_2 = \text{sabit} \quad (3.59)$$

Sonuç olarak, bu katlanılabilir yapı, Şekil 3.43(c)' de görüldüğü üzere, Bölüm 3.5' de tanıtılanlarla benzer çok-açılı çubuklar kullanılarak yapılabilir. Fakat, dikkat edilmelidir ki, bu çubuklar üzerindeki kıvrılma açıları artık eşit değildir.

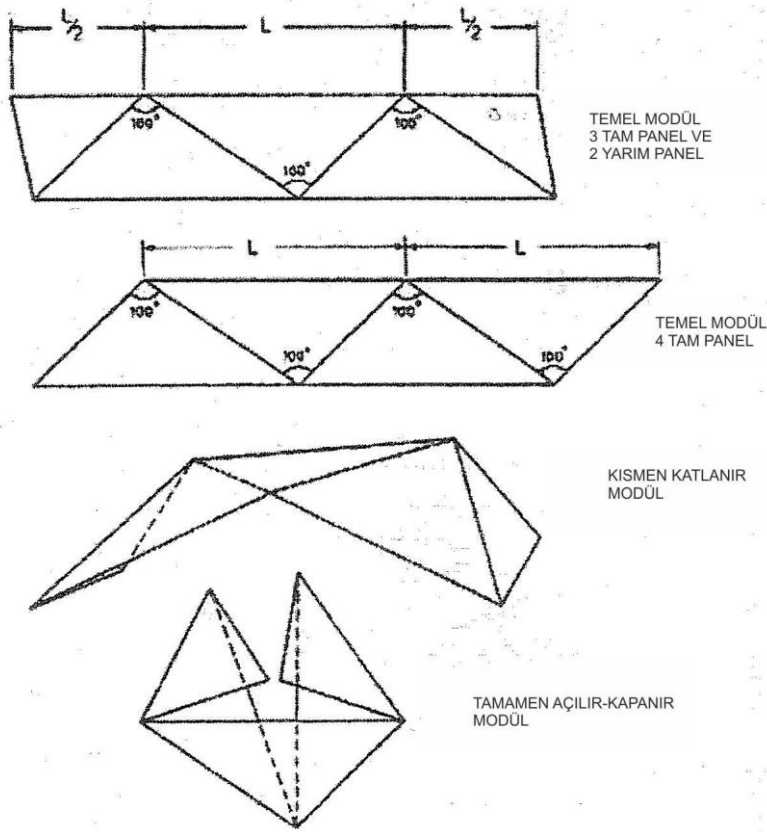
Aynı prosedür her açık döngüsel yapı için geçerli olduğu gibi bu bölümde bahsedilen diğer tüm kapalı döngüsel temel yapıları için de geçerlidir. Şekil 3.44, her ikisinin de iç sınırında aynı eliptik şeklin olduğu, iki simetrik katlanabilir yapıyı göstermektedir. Her iki yapıda da içteki bağlantılar eşit aralıklarla yerleşmiştir; fakat ilk yerleşim, tüm kenar uzunlukları eşit olan eşkenar dörtgenler döşemesiyken, Şekil 3.44(b)' deki yerleşim kenar uzunlukları eşit olmayan bir eşkenar dörtgen döşemesidir.

3.3. 2-D Panellerden Yola Çıkılarak Yapılan Hareketli Yapılar

1966 yılında, Uzay Yapıları Konusunda İlk Uluslar arası Konferans'ta sunulan hareketli yapıların üçü de (Babicki ve diğerleri [5], Boler ve Tadon [5], Ruhle [5]) 2-D yapı bileşenlerinden oluşan yüzey yapılarıyla ilgiliydi. Aslında; Ruhler'in çalışması [5], geçici hareketli yapıların bir diğer önemli kategorisini oluşturan ve tezin ilerleyen bölümünde daha sonra ele alınacak olan hava destekli yapıların ilk tasarımlarından biriydi.

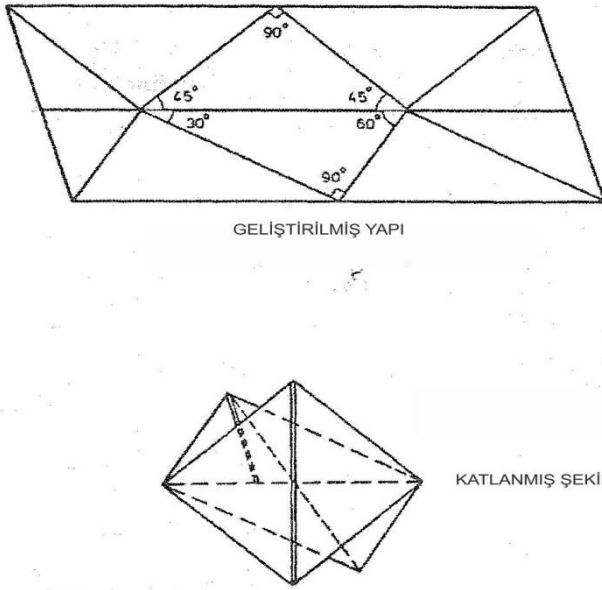
Birkaç yıl sonra, 1986 yılında; C.G. Foster ve S. Krishnakumar [5], eksensel olarak sıkıştırılmış silindirik kabuk için Yoshimura eğik kalıbından yola çıkılarak yapılan bir grup katlanabilir, taşınabilir yapıyı öne sürdü. Üçgen biçiminde paneller, bir hayli esnek ancak monte edildiğinde sertleşen bir şekle sahip bir yapıya eklenmişti. Panellerin uygun biçimde düzenlenmesiyle, geniş bir köprü açıklığına sahip yapılar mümkün olmaktaydı.

Katlanabilir yapının temel elemanı, üçgen biçiminde bir paneldir. Bir düzleme katlanan kompakt formda bir yapı açısından panel şekli üzerindeki tek kısıtlama, üçgen biçiminde olmasına ilaveten bir açının en azından 90^0 olmasının gerekmesidir. Yapının kısımları (modülleri) içerisindeki tüm elemanların, aynı şekle ve eşit tepe açılarına sahip olması gereklidir. Tamamen açıldığında karşıt kenarlar paralel olacak şekilde birleştirilen panellerin genellikle bir çitası olan bir modül oluşturacak boy menteşelerle birkaç eleman bir araya getirilebilir (Şekil 3.45). Her bir modülün bir düzleme kompakt şekilde katlanma kapasitesine sahip olması gereklidir. Daha sonra, bütün yapıyı oluşturmak için modüller paralel kenarlar boyunca boy menteşelerle birleştirilir.



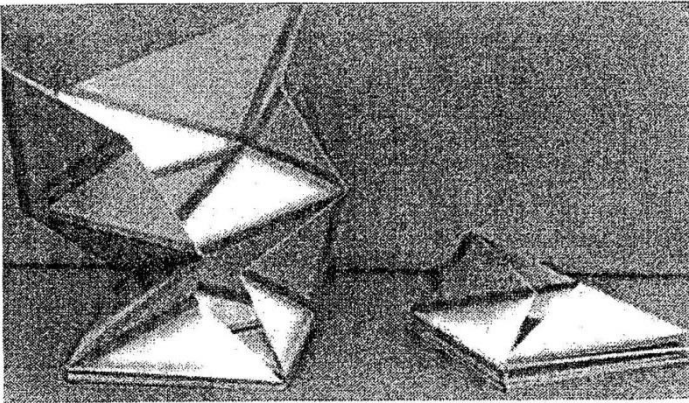
Şekil 3.45. Foster'in modülünün temel düzenlemesi [5]

Şekil 3.45' deki katlanır modül şeklinin hayli düzensiz olduğuna dikkat ediniz. Tepe açısı 360° 'nin as katları olduğunda bu izlenim kaybolur. Örneğin; eğer tepe açısı 90° ise; elemanlar ikiz kenar üçgen olduğunda modül kompakt bir kare prizma şeklinde katlanır, her eleman genel bir dik açılı üçgen şeklinde olduğunda ise katı bir dikdörtgenler prizması şeklinde katlanır. Daha da ötesinde; halen düz bir formda katlanmasına müsaade eden modül başına maksimum sayıda eleman vardır. Tepe açısı 90° ise; maksimumda dört eleman olabilir, eğer tepe açısı 108° ise; maksimum beş eleman olabilir ve açılıp-katlanır yapı beş kenarlıdır vb. Bununla birlikte, yalnızca tepe açısı 90° iken modül katı bir blok halinde katlanır, diğer durumlarda, katlanan modülün merkezinde açık bir boşluk vardır. İki modül, kendi uzun paralel kenarları boyunca birleştirildiğinde; bir modüldeki menteşelerin kesişme noktalarının diğer modüldekilerle hizalanması gereklidir. Bu nedenle, bir modüldeki elemanın uzun kenarının uzunluğu, komşu modüldekiyle aynı olmak zorundadır. Bu, yapıdaki tüm elemanların özdeş olması gerektiği anlamına gelmez, ancak diğer yandan, böyle bir yapının kullanışlılığı düşer. Şekil 3.46, iki farklı modülün birleştirilmesini göstermektedir. Resim 3.3 ise ikizkenar üçgen panellerden yapılmış altı modüllü bir yapının kısmen ve tamamen katlanmış halini resmetmektedir.

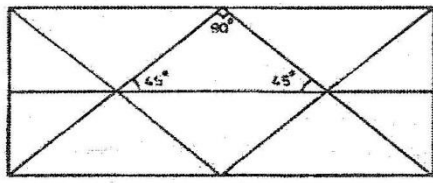
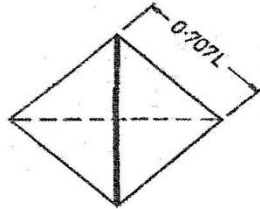


Şekil 3.46. Farklı modüllerin kombinasyonu [5]

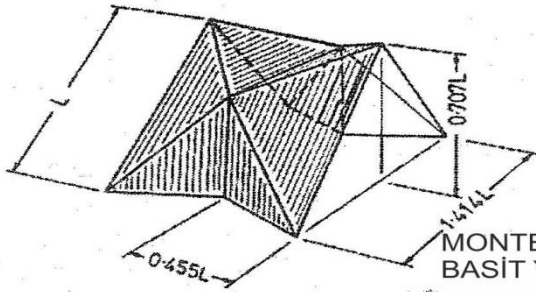
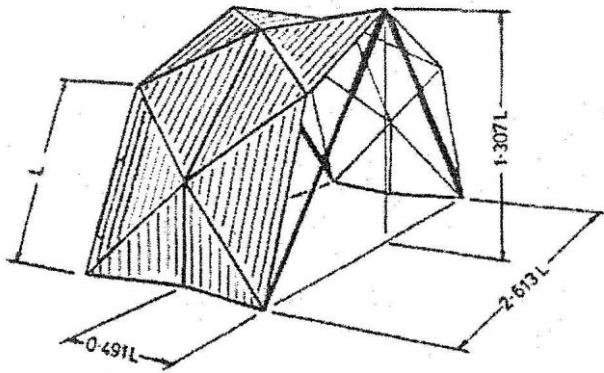
En basit eleman seçeneği, kesinlikle 90° ye sahip ikizkenar üçgendir (Şekil 3.47). Şekil 3.47'deki yapı, katı bir kare blok halinde katlanır. Fazladan modüllerin ilave edilmesi, yalnızca bu yapıyı uzunlamasına kopyalarak çoğaltmak olacaktır. Katlanma özelliği avantajına rağmen, uygulama kullanımındaki en büyük eksiklik; serbest yüksekliğin oldukça düşük olmasıdır. Çatı problemini iyileştirmenin bir yöntemi; Şekil 3.48'de gösterildiği gibi yan yana birleştirilmiş iki modül arasına boylamasına alan birleştirilmesi uygulamaktır. Açıkça, bu bağlantı ayrılmadıkça bu yapı katlanamaz.



Resim 3.3. Kısmen açık ve tamamen katlanmış modeller [5]

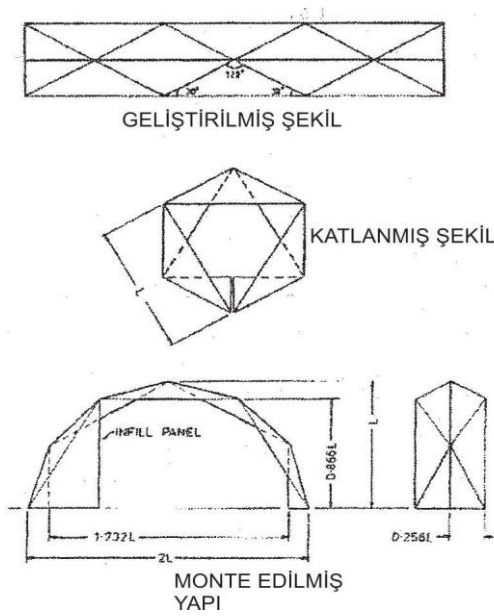
GELİŞTİRİLMİŞ
ŞEKİL

KATLANMIŞ ŞEKİL

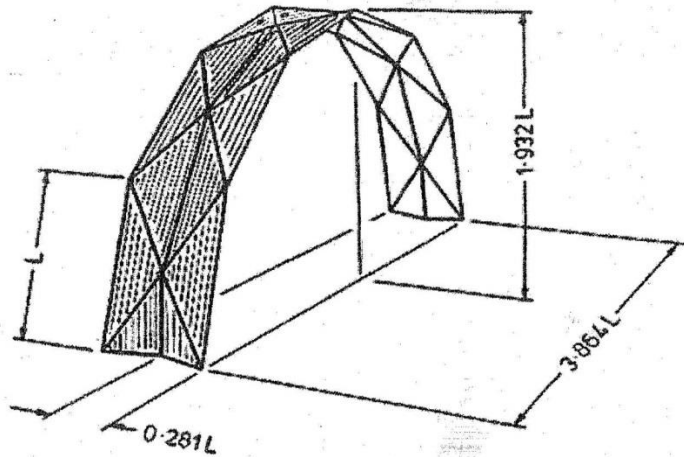
MONTE EDİLMİŞ
BASİT YAPIŞekil 3.47. 90° tepe açılı en basit yapı [5]Şekil 3.48. Uçlarından birleştirilmiş 90° 'ye sahip iki modülle oluşturulmuş yapı [5]

90° li ikizkenar üçgenli modülün aksine, 120° li olanı (Şekil 3.49) daha cazip karakteristiklere sahiptir. Şekil 3.49' da, katlanıp-açılabilir cihazın minimum genişliğinin aynı zamanda elemanın uzun kenarının boyu olduğu görülebilmektedir. Daha da ötesinde, örneğin bu uzunluk 2.4 m olacak şekle yapılsaydı; baş yüksekliği de 2,08 m olacaktı, bu nedenle de baş yüksekliğinin yalnızca 1.7 m olduğu 90° li elemanların aksine, insan

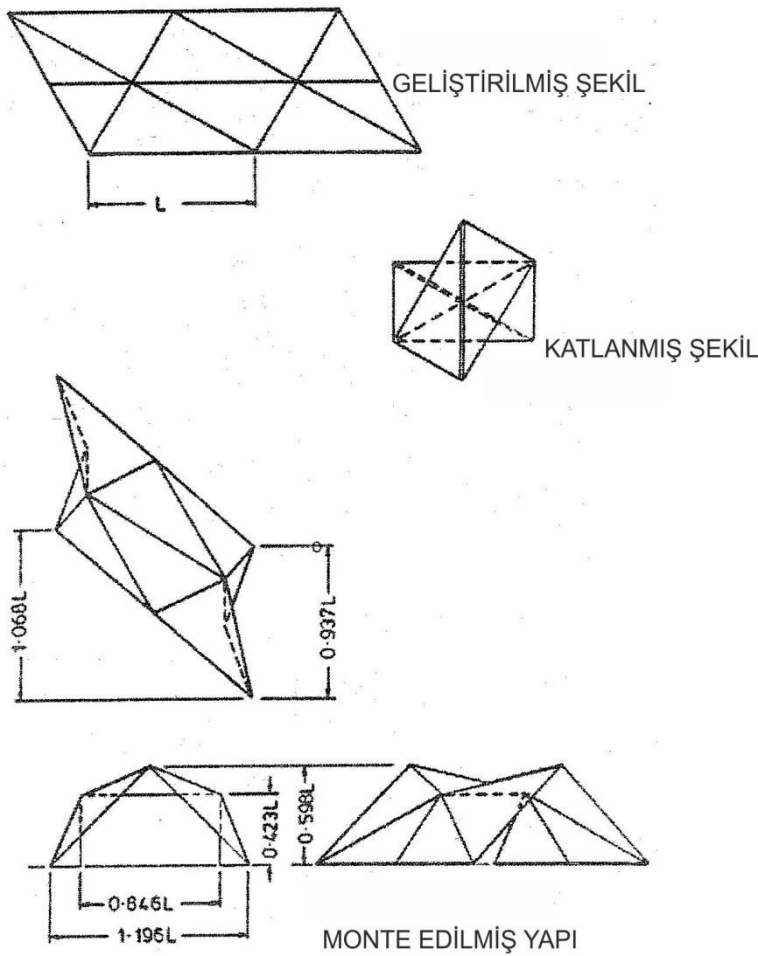
yerleşimi için daha uygundur. İki modülün daha önce bahsi geçen şekilde bağlanmasıyla ortaya çıkan yapının yüksek ebadı, hafif uçaklar için hizmet hangarları ve benzer uygulamalar için kullanılan geçici alanlarda uygun olacaktır. [5]'te farklı tepe açlarına sahip modüllerin karakteristiklerini gösteren tablolar mevcuttur. 135^0 , 120^0 ve 90^{02} li elemanlara sahip yapıların tüm genişliklerinin hepsinin özdeş olduğunu gözlemlemek ilginçtir. Bununla birlikte, monte edilen modülün uzunluğu azalsa bile, tepe açılarının artmasından dolayı; temiz genişlik ve tepe açıklığı da artmaktadır. Aynı zamanda; elemanların sayısı ve bu nedenle de menteşelerin sayısı da artmaktadır. Bu kavram, ikiz kenar üçgen elemanları olmayan modül kombinasyonlarına genişletilebilir (Şekil 3.51).



Şekil 3.49. 120^0 tepe açılı yapı [5]

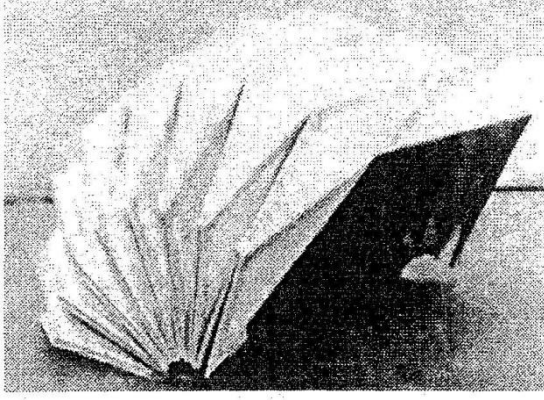


Şekil 3.50. Uçlarından birleştirilen iki adet 120^0 modülle oluşturulan yapı [5]

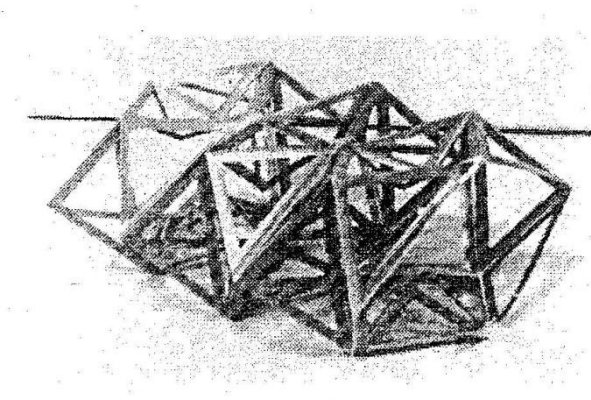


Şekil 3.51. 90° , 60° ve 30° li elemanlarla oluşturulan yapı [5]

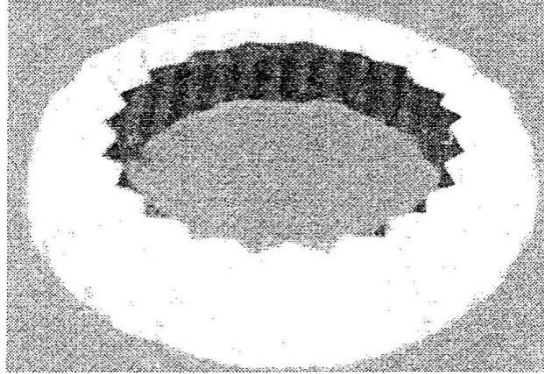
Şimdiye kadar, düz bir hatta monte edilen ve uzun kenarlarının paralellliğini koruyan yapılar dikkate alındı. Paralel kenar ve zemin seviyesi kısıtlamalarının ortadan kaldırılmasıyla çok çeşitli şekiller elde edilebilir (Resim 3.4 ve 3.5). Resim 3.4’de gösterilen form, 120° li modüllerden yapılmış olup farkı; merkezin dışa doğru açık olmasına rağmen modüllerin uçlarının birlikte sabitlenmesidir. Üçgen elemanların zorunlu olarak katı paneller olması gerekmez. Aslında tüm gerekli olan; kendi başlarına yapısal elemanlar olmasıdır ve panellerin çoğu, yerinden sökülebilir veya hafif ağırlıkta materyallerle yer değiştirilebilir. Açık panellerin ve iki modülün her iki ucu boyunca alan birleştirmesiyle bağlandığı Yoshimura şeklinin birleştirilmesiyle, Resim 3.5 ve 3.7’ nın kolon kavramları ortaya çıkmaktadır. Bu formlar, dikkate değer ölçüde eksensel güç sergilemektedir.



Resim 3.4. 120^0 li modüllerle yapılmış geçici aşama kabuk [5]



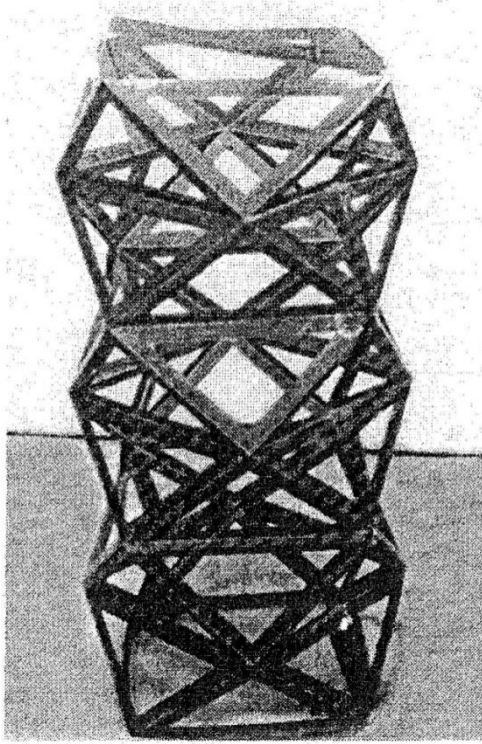
Resim 3.5. İki katlı 90^0 li elemanlarla yapılmış kısmen dikilmiş kolon [5]



Resim 3.6. 120^0 li, modüllerle çevrelenmiş geçici arena [5]

Nihai olarak, bu yapıların mekanizma olması nedeniyle; bunları statik olarak belirgin hale getirmek için bir dizi kısıtlamanın göz önüne alınması gereklidir. Bazı örnekler şekillerde verilmiştir: Şekil 3.48' deki yapıda iki yüz yüze bağ, Şekil 3.49'da bunun için iç dolgu panelleri, Resim 3.4' de kolon ucuna çapraz gelecek şekilde bir diyagonal çubuk ve son

olarakta Resim 3.8’ de yapı cephesinde gerilim kablolarının bir kombinasyonu gösterilmiştir.



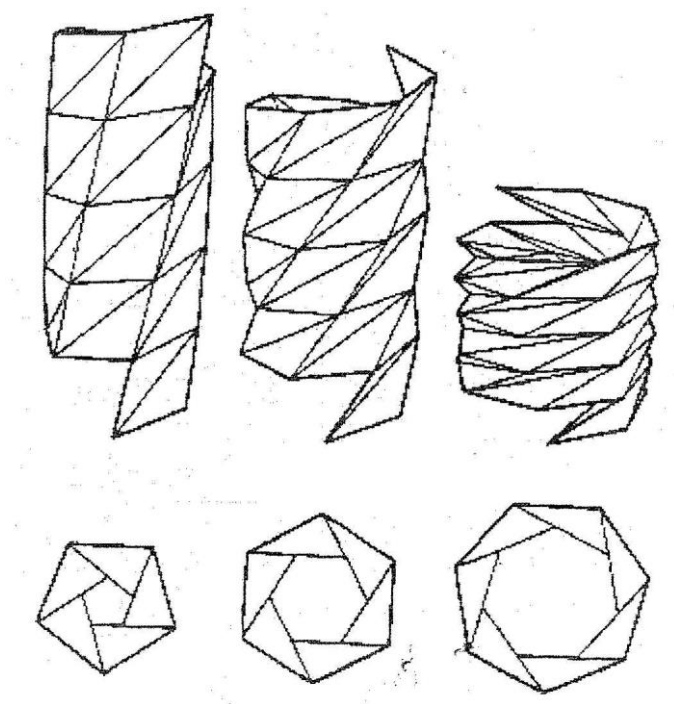
Resim 3.7. Açık çerçeveli kolon [5]



Resim 3.8. Bölme sağlamak için kullanılan gerilim kablosu [5]

Yakın zamanlarda yapılan bir çalışmada; biyolojik yapıların mekaniğinin araştırılması sırasında C.Calladine tarafından üçgenlere bölünen silindirik kabuk modelinden esinlenen Guest ve Pellegrino [5], 1994 yılında, katlanma özelliklerinin yanı sıra geometrik

karakteristiklerini de ortaya koyarak, üçgenlere bölünmüş silindirlerin katlanmasını ortaya attılar. Bu şekilde üçgenlere ayrılmış silindirler, Şekil 3.58’ de gösterildiği gibi silindirin sarmal şeridi üzerinde a, b, c kenar uzunluklarına sahip özdeş üçgenlere bölünmüş panellerden oluşmaktadır. Tüm silindirler katlanarak prizmalara dönüşen ikiz kenar üçgenlerden yapılmış olup, tek gövdeli plaka yığını olarak paketlenmiştir. Tamamen uzatılmış veya tamamen açılmış konfigürasyonunda gerilimsizdir. Şekil 3.58’ deki silindirlerin tümü, her bir silindirin alt bölümünü gösteren düzlem poligonlarına katlanmıştır. Bununla birlikte, kavram, bu basit silindirlerin gösterdiğinden çok daha geneldir. Çok değişik şekillerde farklı katlanma özelliklerine sahip muhtemel tasarımlar vardır.



Şekil 3.52. Üçgenlere ayrılmış katlanabilir silindirler [5]

Üçgenlere ayrılmış silindirlerin genel tanımı, onlara en yakın üçgenlerin kenarlarıyla yani a, b, ve c helisleri olarak adlandırılan silindir düğümlerinin sarmalın üç grubunun kesişme noktasının üzerine denk gelmesi (Şekil 3.53) gözleminden yola çıkılarak yapılmaktadır. Grubun ekseni civarında dönmesinden ayrı olarak gruptaki tüm sarmallar özdeşir. Her bir grubu tanımlayan parametreler şunlar olabilir:

- Kendi aksisine dik bir düzleme sahip sarmalın açısı, yani sırasıyla a ve b sarmalları için alfa ve beta açıları (Şekil 3.60).
- Her bir gruptaki sarmal sayısı, yani sarmal başlangıcının sayısı, m ve n sırasıyla a ve b sarmallarının başlangıç sayısını belirtmektedir.
- Yarıçap r her grup için ortaktır.

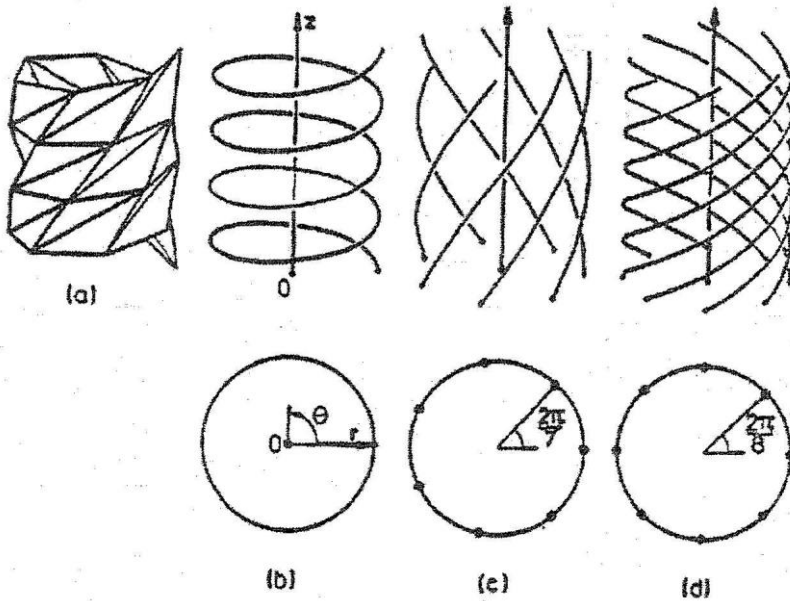
Analizin amacı; sarmalı tanımlayan parametreler açısından l_a , l_b ve l_c kenar uzunluklarını hesaplamaktır. Silindirik ve düğümsel sistemin tanımlanmasından sonra, aşağıda belirtilen cebirsel manipülasyon yazılabilir;

$$l_a = \sqrt{\left(2r \sin \frac{\pi}{n(1-k)}\right)^2 + \left(\frac{2\pi r}{n(1-k)} \tan \alpha\right)^2}, \quad (3.60)$$

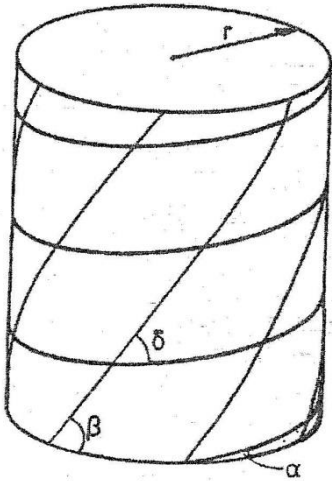
$$l_b = \sqrt{\left(2r \sin \frac{k\pi}{m(1-k)}\right)^2 + \left(\frac{2\pi r}{m(1-k)} \tan \alpha\right)^2}, \quad (3.61)$$

$$l_c = \sqrt{\left(2r \sin \frac{(m+nk)\pi}{mn(1-k)}\right)^2 + \left(\frac{2(m+n)\pi r}{mn(1-k)} \tan \alpha\right)^2},$$

burada $k = \tan \alpha / \tan \beta$.



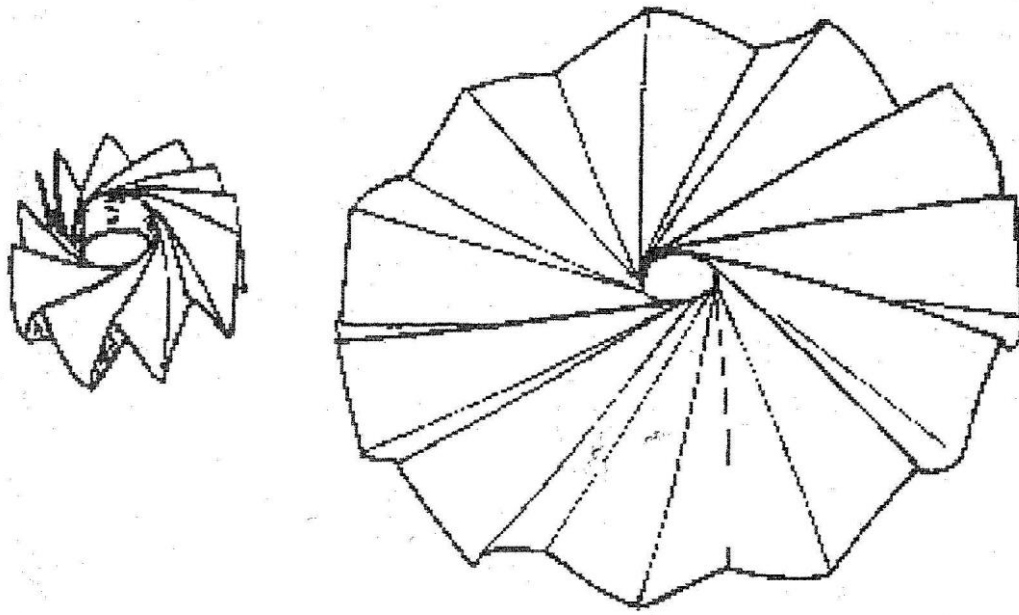
Şekil 3.53. Üçgenlere ayrılmış katlanabilir silindir düğümlerinin geometrik tanımı [5]



Şekil 3.54. a ve b sarmallarını tanımlayan parametreler ve koordinat silindir [5]

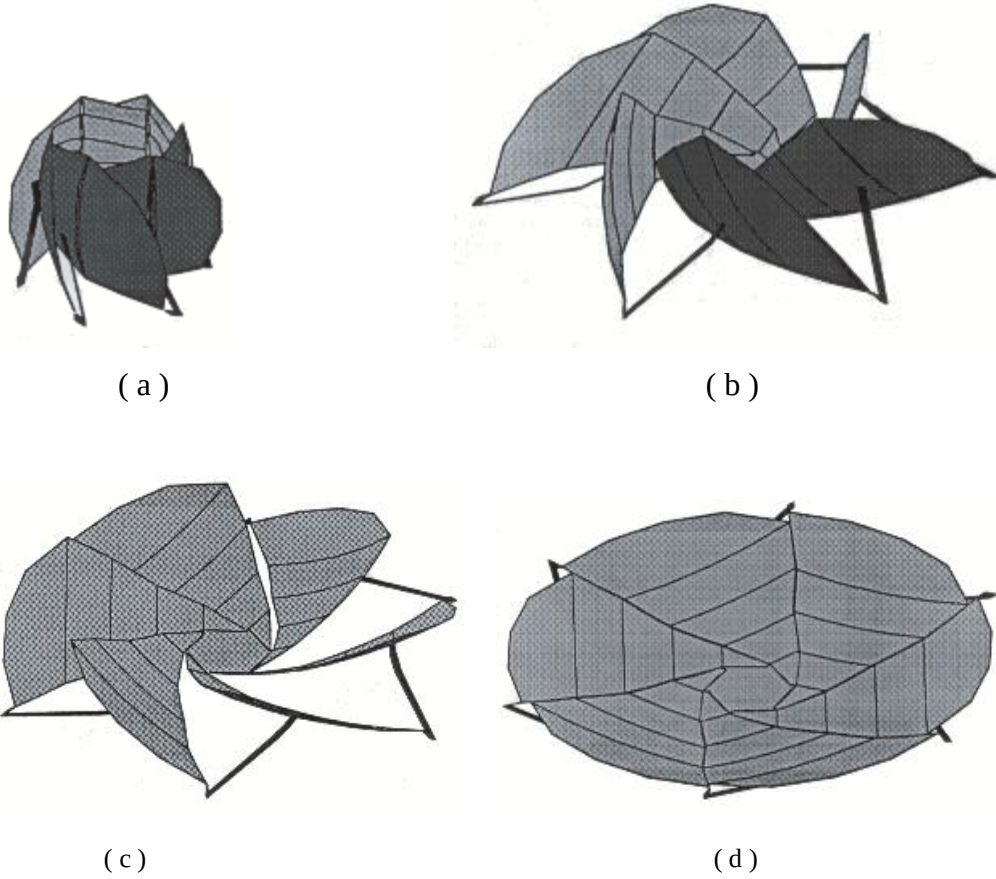
Tamamen açılmış veya kapanmış durumda gerilimsiz olan üçgenlere ayrılmış silindirlerin özel konfigürasyonlarını seçmek için bu sonuçlar kullanılabilir. Ana varsayımda; katlama sürecinin tek tip olduğu kabul edilmiştir. Bu tamamen doğru değildir, çünkü herhangi bir kısmen paketlenmiş konfigürasyon tamamen açık, tamamen kapalı ve bir “geçiş” bölgesinden oluşmaktadır. Bu nedenle; katlama tarafından ortaya çıkarılan herhangi bir gerilimin bu geçiş bölgesinde yoğunlaşması beklenir. Probleme yaklaşım için en basit yol; tüm deformasyonların yalnızca l_c açısından modellenenebilmesi için $l_b/l_c = \text{sabit}$ olduğunu varsaymaktadır. Katlama sırasında elastik gerilimi biriktiren ve açma sırasında bunu serbest bırakan silindirlerin tasarlanmasının mümkün olduğuna da dikkat etmek gerekir.

Guest ve Pellegrino tarafından yapılan diğer bir benzer öneri, merkezi bir göbek [5] etrafına sarma yoluyla bir membranın katlanması yöntemi olarak sararak katlama şeklindedir. Bu tip yapılar, 1960’ lardan bu yana defalarca önerilmekte olup, bu özellikli olanı, yakın zamanlarda Cambridge Danışmanları tarafından solar bir yelkenlinin paketlenmesi yöntemi olarak önerilmiştir. Önerilen katlama şeklinin bir örneği, neredeyse tamamen katlanmış ve neredeyse tamamen açılmış biçimde Şekil 3.61’ de gösterilmektedir.



Şekil 3.55. Membran sarılarak katlama şekli [5]

Guest ve Pellegrino, sararak katlama şekli üzerine yaptıkları çalışmadan yola çıkarak, katı yüzeyli açılabilir antenler geliştirdiler (SSDA) [5]. SSDA, yüksek çalışma frekansının katı bir yansıtıcı yüzey gerektirdiği bir parabolik antenin katlanması için yeni bir kavramdır. Yüzey kanatlara ayrılır; her kanat ise döner eklemlerle bağlanmış panel alt bölümlerine ayrılır. Yüzey, merkezi bir göbek etrafına kanatların sarılmasıyla katlanır. SSDA tasarımı, açılma sırasında bozulmayı en aza indirecek şekilde oldukça optimize edilmiştir. Şekil 3.56, tasarım çalışmaları sırasında üretilen bir bilgisayar simülasyonu kullanarak SSDA'nın dört açılma görünümünü vermektedir. Tamamen üzerinde çalışılarak geliştirilen 1,5 m yarıçaplı SSDA tasarımı uygulanmış ve açılması tasarım sürecinin sonuçlarını doğrulamıştır.



Şekil 3.56. Katı yüzeyli açılabilir antenin açılma aşamaları (SSDA) [S. D. Guest]

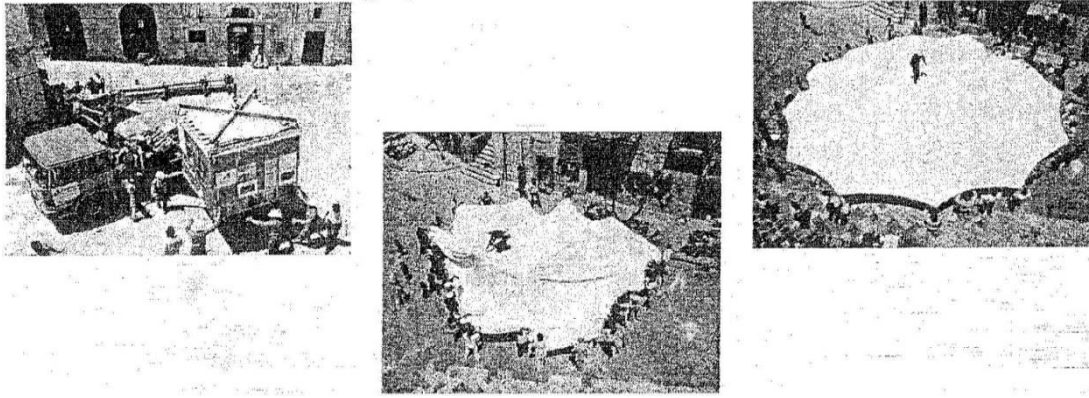
3.4. Kablo ve Membran Açılabilir Yapılar

Yalnızca sahip oldukları gerilme mukavemeti temel karakteristikleri nedeniyle; kablolar ve membranlar katlanabilirler. Bu nedenle, açılabilir yapılar için ideal adaylardır. (Bkz. Resim 2.1, 2.2 ve Şekil 2.1)' de gösterilenler gibi katlanıp-açılabilir yapıların tarihteki ilk örnekleri bu kategoriye girmektedir. Karakteristik olarak modern olan bazı örnekler, bu bölümde kısaca verilmektedir.

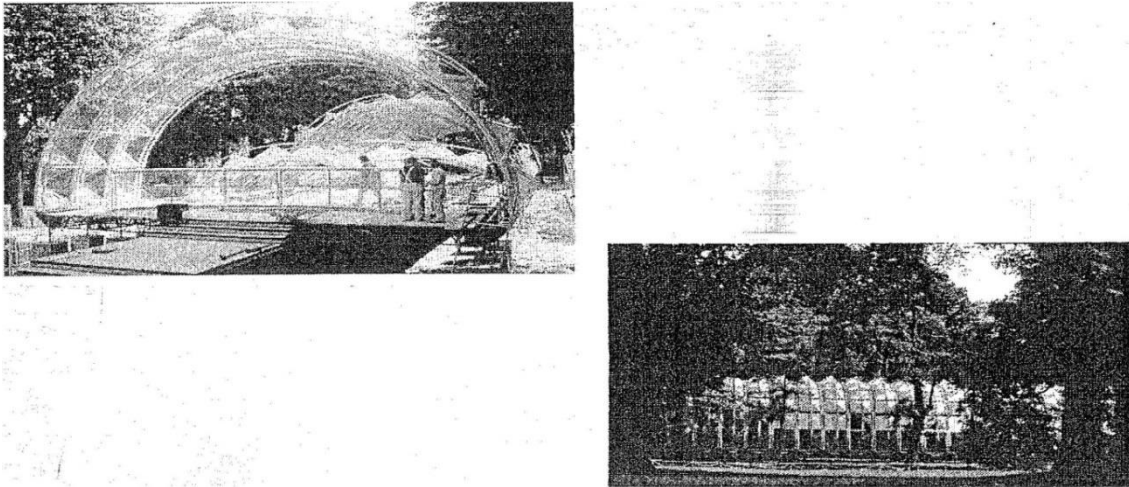
1979 yılında; İtalyan Mimar Renzo Piano, inşaat çalışmaları (Kronenburg [5]) sırasında orada oturanların evlerinde kalmasını teşvik ederek tarihi şehir merkezi binalarının yenilenmesini amaçlayan bir şehir rekonstrüksiyon projesini (Otranto, Güney İtalya) yürütmek üzere UNESCO tarafından finanse edildi. Kübik bir konteyner içerisine konumlandırılan ve vinçli küçük bir kamyonla nakledilen mobil bir laboratuvar yapıldı. Bu küp daha sonra zemine indirildi ve panel duvarlardan ve kablo destekli membran çatıdan oluşan bina hızla monte edildi (Resim 3.9). Yenileme ve koruma tekniklerinin sürekli olarak açık şekilde sergilenmesi, çalışmaların yürütülmesinde bina sakinlerinin

danışabildiği bu yapıda yer aldı. Bu projenin danışmanlığı; Ove Arup & Partners, IDEA Institute, G.P. Cuppini, G. Gasbarri, Editech ve G.F. Dioguardi tarafından yapıldı.

Atelier de Paris ile işbirliğiyle aynı mimar tarafından yapılan diğer bir geçici yapı, bilgi işleminin geleceği hakkında bir sergi sahnelemek için tasarlanan ve çeşitli Avrupa şehirlerinin parklarında sahnelenen IBM gezici fuar çadırıdır (Resim 3.10). Açıldığında; 48 m uzunluğunda, 12 m genişliğinde ve 6 m yüksekliğindedir. Her biri 6 adet piramidal polikarbonat elemandan oluşan 34 kemerden yapılmıştır. Kullanılan diğer malzemeler, lamine edilmiş ahşap ve dökme alüminyumdu. Fuar ve fuar çadırları konteynerlerde götürülüyordu, bu nedenle de temel gereksinim sökme ve takma kolaylığıydı. Bu projenin danışmanlığı Ove Arup & Partners tarafından yapıldı ve yüklenici, Calabrese Engineering S.p.a firmasıydı.

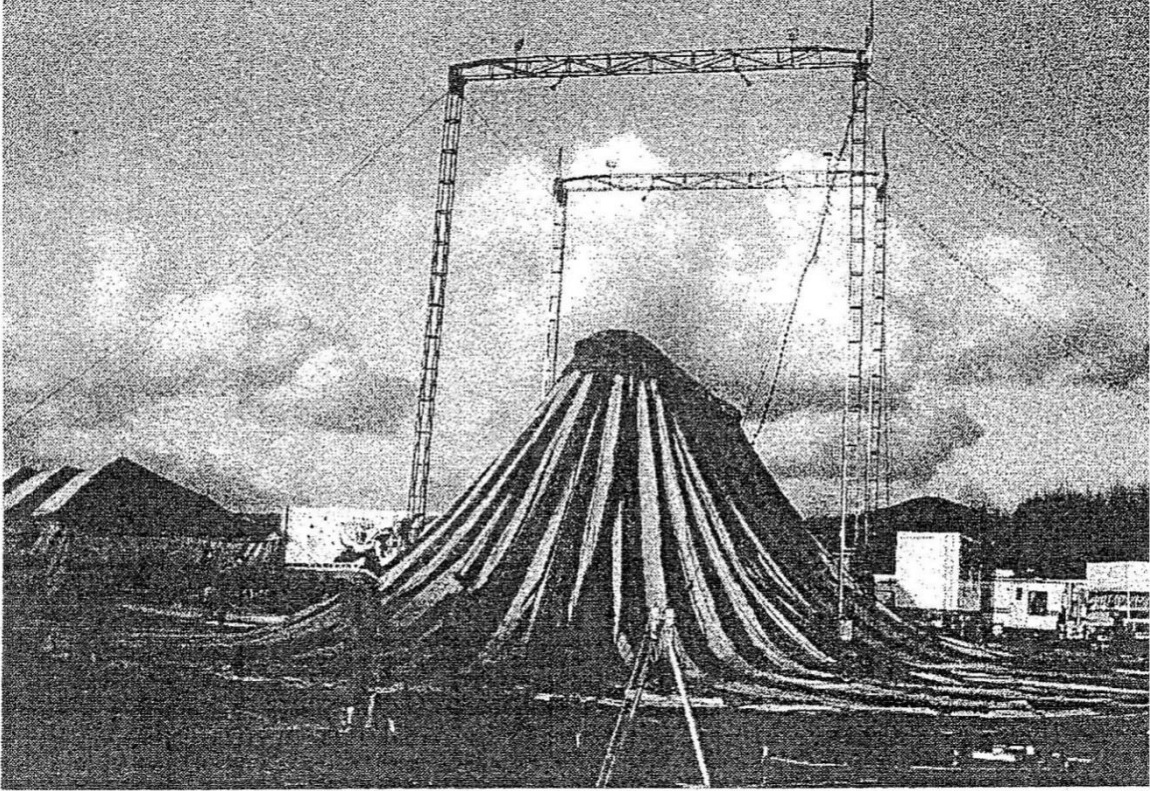


Resim 3.9. Renzo Piano tarafından yapılan mobil şehir aracı çadırının açılması [5]



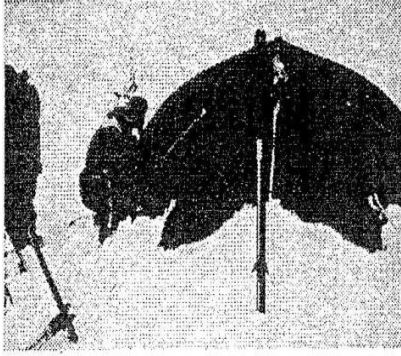
Resim 3.10. Renzo Piano tarafından yapılan IBM gezici çadırı [5]

Taşınabilir membran çatıların bir diğer popüler uygulaması, Resim 3.11’ de gösterilen gibi sirk çadırları için olanıdır.



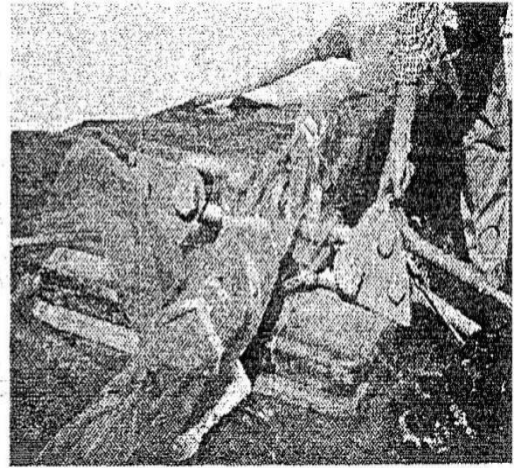
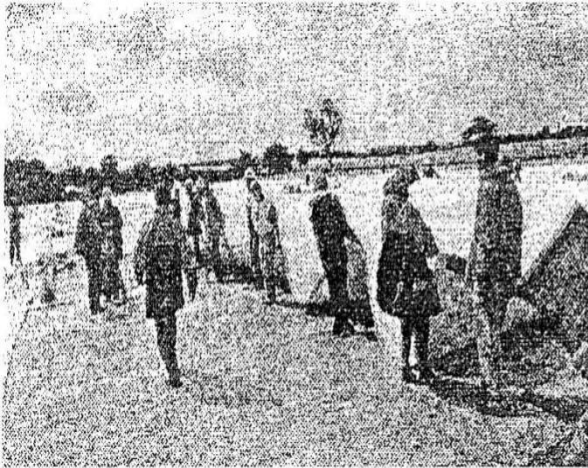
Resim 3.11. Açılabilir membran çatının monte edilmesi [5]

1985 yılında, Buro Happold ve Ian Liddell, Roger Mear’ın “Scott’un ayak izinde” Kuzey Kutbu seyahati için de-monte bir çadır tasarladı (Resim 3.12). Yapı; kompakt, 2,4 m uzunluğunda kızıakta taşınabilecek kadar hafif, kuvvetli rüzgarda bile kurması kolay ve aşırı hava koşullarına yeterince dayanıklı olmak zorundaydı (Kronenburg [5]). Çözüm; bir çadır membran içinde yer alan altı fiberglas direkli uzun bir bağ olarak taşınabilen şemsiye tipi bir yapıydı. Yapıyı kurmak için, çadırın kumaşı direklerin ucuna kadar aşağı çekiliyor ve daha sonra basınç altında eğilmiş şekle yayla bağlanıyordu. Çadır açıldığında 2,5 m görünümünde bir plana sahipti. Çadırın derisi, naylon bir dış katmanla birleştirilmiş ve iç tarafa yapıştırılmış PFTE derisi ile birlikte Goretex kumaşından yapılmıştı. İlave bir direnç sağlamak için kumaşın içine kevlar bantları yapıştırılmıştı.

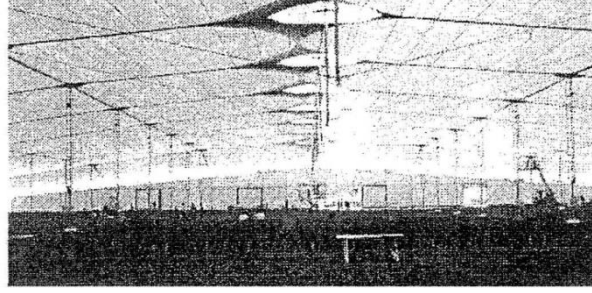
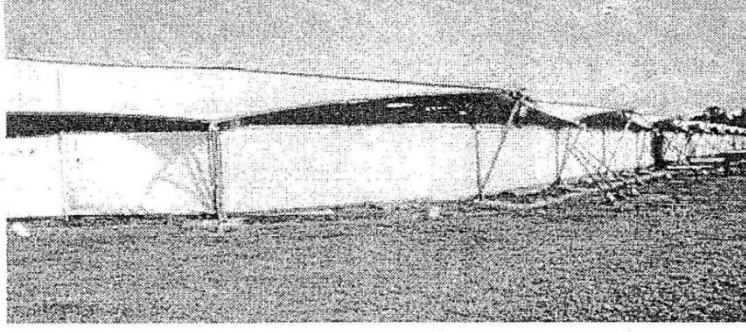


Resim 3.12. Buro Happold tarafından yapılan Antartik seyahat çadırı [5]

Resim 3.13 ve 2.14; Radha Soamy Satsan Beas (RSSB) barınağının (Kronenburg [5]) sırasıyla kurulma sürecini ve kurulmuş yapıyı göstermektedir. RSSB, her yaz yaklaşık 25 000 kişi ile toplanan bölgesel bir organizasyondur. Bu yapı da Buro Happold tarafından tasarlanmış ve 33 000 £ toplam bütçe ile yaklaşık olarak 20 000 m² alan kaplamaktadır.

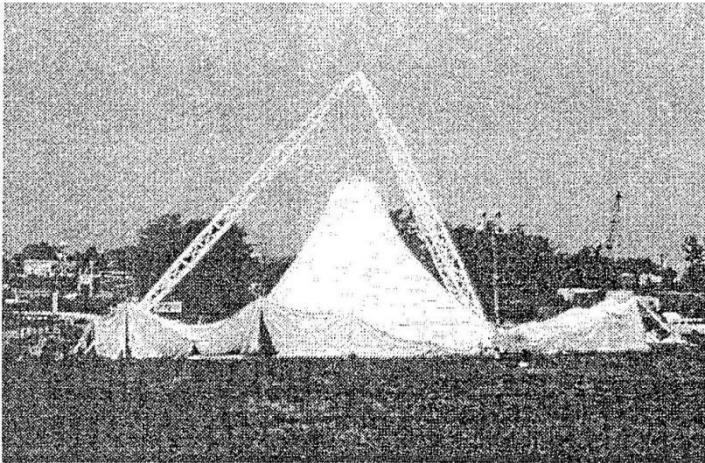


Resim 3.13. RSSB çadırının kurulması [5]

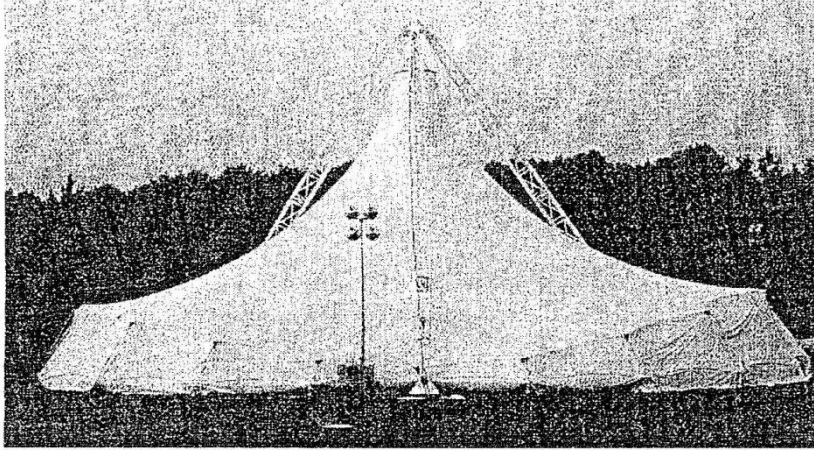


Resim 3.14. Kurulmuş RSSB çadırı [5]

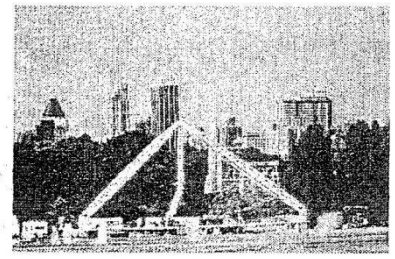
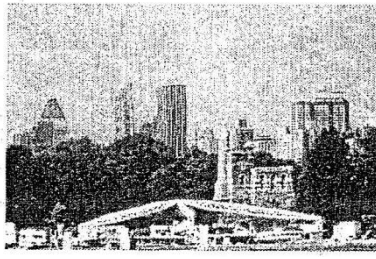
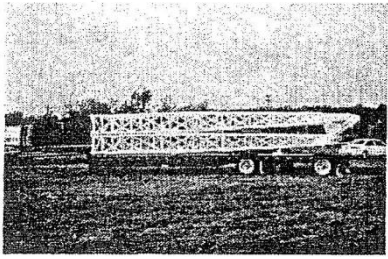
Resim 3.15 ve 3.16, Visual Services Inc. Tarafından görevlendirilen FTL Happold (Kronenburg [5]) tarafından tasarlanan ve Kadillak Tiyatro olarak adlandırılan yapının kurulma sürecini ve nihai şeklini göstermektedir. Yapı Kadillak arabaların sergilenmesi için gezici bir tesis olarak kullanıldı. Daha sonra da aralarında Atlanta olimpik Oyunlarının da olduğu sergi ve performans olayları gibi geniş bir yelpazede kullanıma sunuldu. 1000 m² membran, sıkıştırıldığında hepar şekli alan yalnızca üç kumaş panelinden birleştirildi. Membran, kafes kirişlerinin birinin içinden geçen bir kablo ile merkezinden yukarıya çekilmektedir. Pozisyonuna geldiğinde; hidrolik olarak çalışan çelik bir pin, membranı yerinde kilitleyecek şekilde tepedeki yakalama plakasının içine yerleştirilmektedir.



Resim 3.15. Kadillak Tiyatro'nun kurulması [5]



Resim 3.16. Kurulmuş kadillac tiyatrosu [5]



Resim 3.17. Carlos moseley müzik çadırının kurulma süreci [5]



Resim 3.18. Manhattan silüetine karşı Carlos Moseley Müzik Çadırı [5]

Diğer bir benzer yapı da 1991 yılında M.G. McLaren'in yapısal danışmanlığıyla FTL Happold tarafından tasarlanan Carlos Moseley Müzik Pavyonudur (Kronenburg [5]). Resim 3.17' de kesit ve görünüm planı verilmekte olup, Newyork Flarmoni Orkestrası ve Metropolitan Opera'nın Açık hava konserleri için kullanılmaktadır. Yapı; 20,4 m maksimum yüksekliğe, 23,4 x 12,0 m sahne alanına sahip olup, yedi adet 3,9 m

yüksekliğinde 13,5 m boyunda römork takılmış kamyon treyler aracılığıyla taşınmakta ve dört saat içinde monte edilmektedir. Sökmesi daha kısa bir zaman içinde yapılmakta ve ertesi gün tekrar monte edilebilmektedir, böylece konserlerin her gün değişik bir bölgede yapılması mümkün olabilmektedir.

Resim 3,19; Medine’de Mescid-i Nebevi’ de iklim kontrollü açılıp-katlanabilir şemsiyelerin (Mimari tasarım; Dr. Kamal Ismail, Mimari büro; Dr. Bodo Rasch, yapısal tasarım; SL-Sonderkonstruktionen ve Leichtbau Gessellschaft GmbH ve yapısal analiz; Buro Happold) çeşitli katlanma ve açılma aşamalarını göstermektedir. Mevsime bağlı olarak, minimize edilecek derecede geniş dalgalanmalara müsaade ederek gece veya sabah açılmaktadırlar. Bu tip yapılar, özellikle sıcak iklimlere sahip ülkeler için uygundur. Bu çözüm, kapladığı alanının oranıyla belirlenmiş olarak açık pozisyonda 17 x 18 m ebadına 14 m yüksekliğe sahip on iki adet açılıp-katlanabilir şemsiyeden oluşmaktadır. Bunlar, 24 m diyagonal uzunluğuyla, daha önce bu şekilde yapılmışların en genişidir. Şemsiyenin açılması ve kapanması, direğin tepesine menteşe ile bağlanmış kollar üzerinde hareket eden merkezi bir hidrolik silindirle kontrol edilmektedir. Silindirin hareket etmesi için gerekli yağ basıncını sağlayan hidrolik pompa, izlemek için elektronik kontrol ile açılma ve kapanma operasyonlarının düzenlenmesi ve kontrol edilmesi yapının temeline yerleştirilmiş ve avlu döşemesinin altında borular aracılığıyla 12 ayrı şemsiyesinin her birine bağlanmışlardır. Elektrik motorları, pompalar ve kontrol vanaları; birkaç bileşenin simültane arıza vermesi durumunda bile şemsiyelerin sürekli olarak çalışmasını garanti altına almaktadır.



a



b

Resim 3.19. Medine Mescid-i Nebevi ‘ de açılıp-katlanabilir şemsiyeler



c



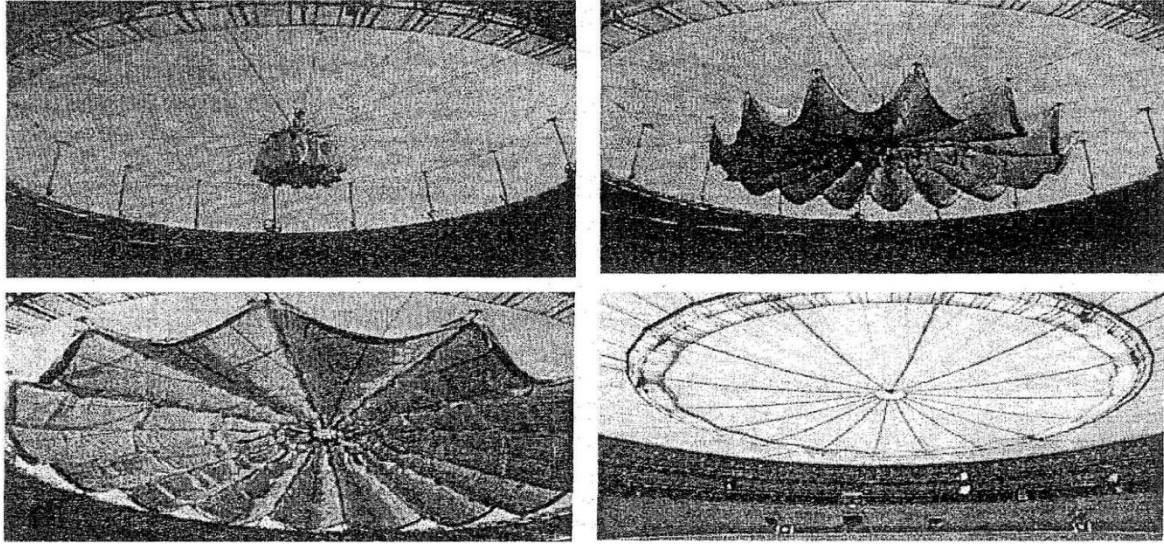
d



e

Resim 3.19. (devam) Medine Mescid-i Nebevi ‘ de açılıp-katlanabilir şemsiyeler

Bu tipte diğerk bir proje de; İspanya Zaragoza’da boğa g reşı alanının açılıp-katlanabilir çatısı olup, resim 3.20’de gösterilmektedir. Alman firması Schleich Bergman ve ortakları tarafından 1989 yılında tasarlanmış olup, açılması yalnızca iki dakika almaktadır.



Resim 3.20. Zaragoza- İspanya’ da açılıp- katlanabilir çatı [5]

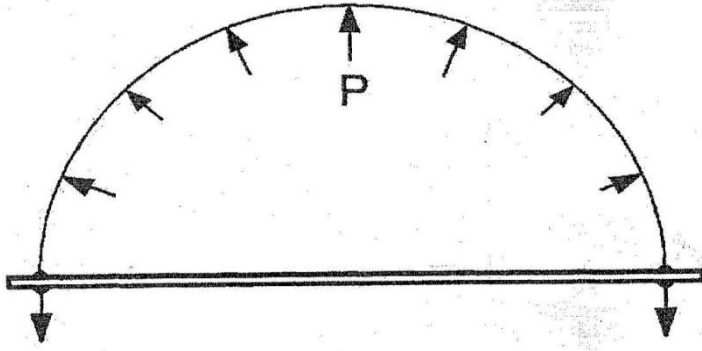
3.5. Pnmatik Açılabilir Yapılar

 nceki bölümde ele alınan membranlar, rijitliklerini  n germe yoluyla ve diğerk kablolarla ve sertleştirici elemanlara bağlantıları aracılığıyla elde etmektedir. Rijitlik karakteristiklerini kontrol altında tutmak için i  basıncın kullanıldığı diğerk bir membran yapı sınıfı da vardır. Bu tip yapılar, pnmatik yapılar olarak adlandırılırlar ve hava destekli – şişme yapılar sınıfındadırlar [5].

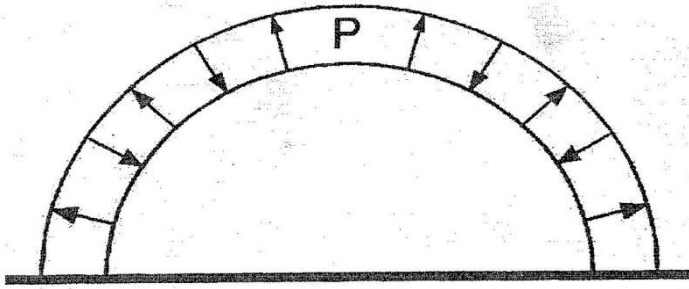
Hava destekli yapılar, küçük bir hava basınç diferansiyeli ile desteklenen tek bir yapısal membrandan oluşmaktadır. Bu; bina i  hacminin, atmosfer basıncının çok üzerinde bir basınçta olduğu ve yapının içine ve dışına ulaşımın bir basınç diferansiyeli boyunca elde edildiği anlamına gelmektedir. Bu nedenle; kesintisiz bir hava desteğiyle ikmal edilmesi gereken şekilde bina i  alanından sürekli bir hava sızıntısı vardır. şekil 3.57’ de, hava destekli yapıların prensibi gösterilmektedir.

Buna karşılık; havayla şişirilmiş bir yapıda, daha ziyade konvansiyonel yapıların yapısal elementleriyle çoğu kez aynı şekilde kendi başına dış yüklere direnç gösteren kolonlar,

kirişler, duvarlar ve kemerler gibi şişirilmiş yapısal elementleri şekillendirmek için kapalı bir membran içine hava basılır. Burada hava basıncı kaybı azdır ve bu durum membran malzemenin çok az miktarda hava gözenekliliğine atfedilir. Sonuç olarak periyodik şekilde havayla desteklenmesine gereksinim vardır. Şekil 3.58’ de hava destekli yapıların prensibi gösterilmektedir.



Şekil 3.57. Hava destekli membran prensibi [5]

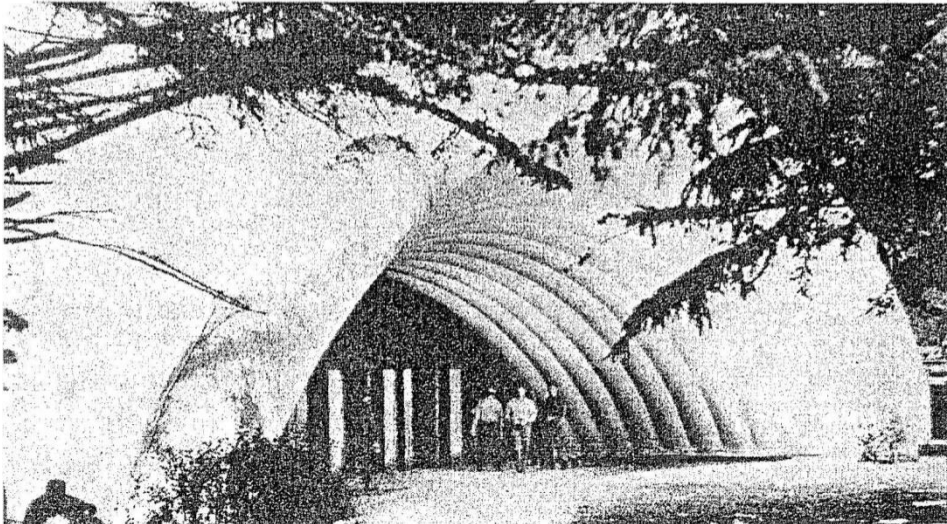
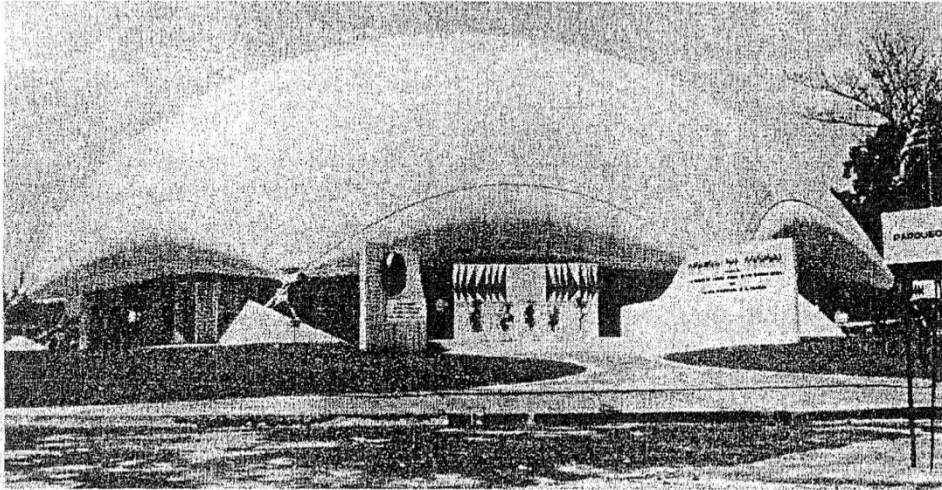
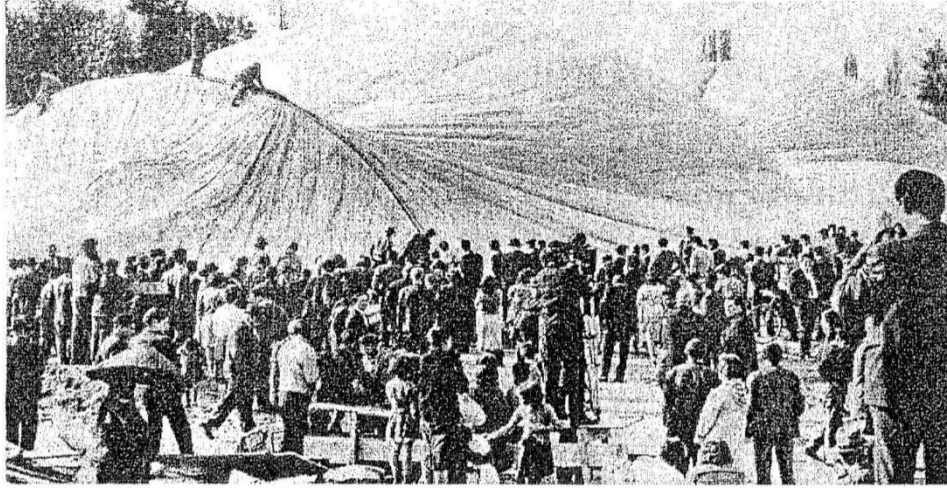


Şekil 3.58. Havayla şişirilmiş membran prensibi [5]

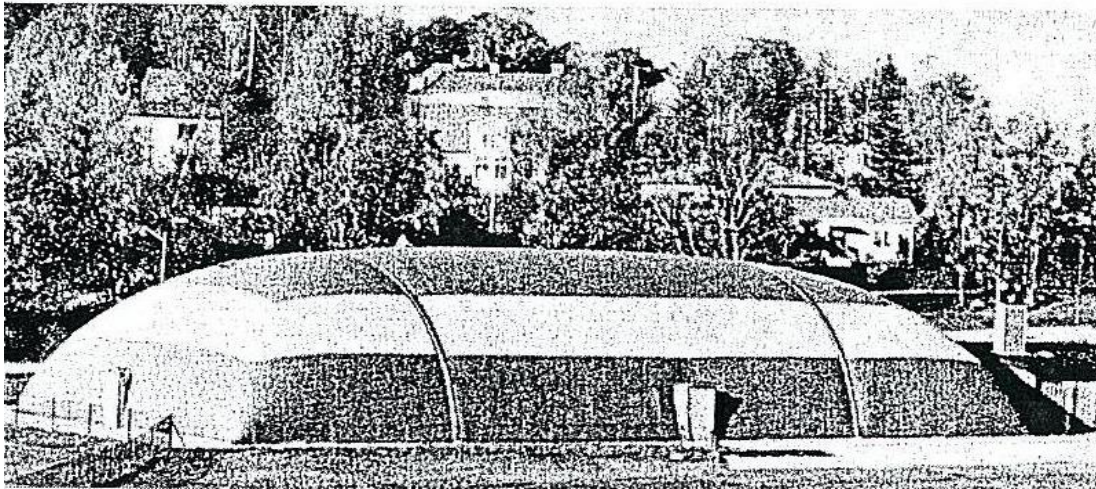
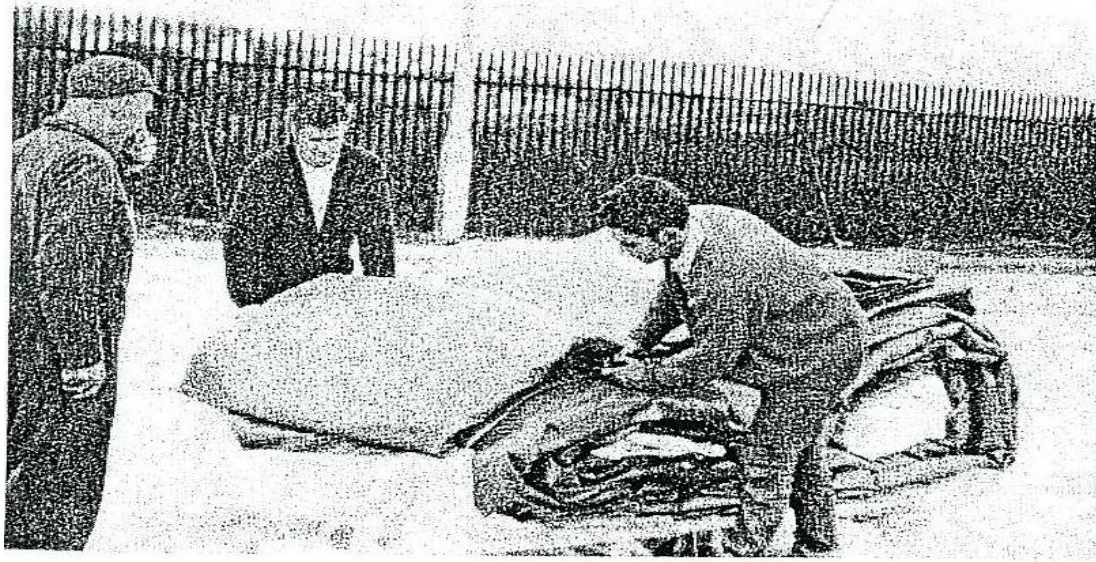
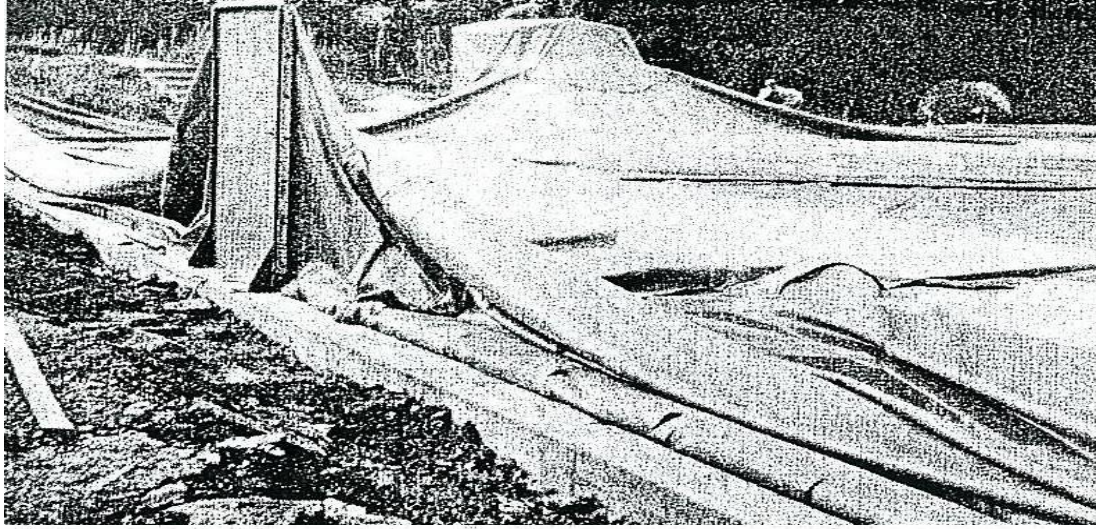
Basınç vasıtasıyla sertliklerinin kontrol edilmesi özellikleri nedeniyle; pnomatik yapılar, kendi yapısından kaynaklanan açılabilirlik karakteristiğine sahiptir.

Birleşik Devletler Atom Enerjisi Komisyonu’nun gezici sergi fuarından iki görüntü ve kurulma prosedürü Resim 3.21’ de verilmektedir. Bu yapı, mimar Victor Lundy tarafından 1960 yılında tasarlanmış olup, danışmanlık mühendisi olarak Birdair ile Severeud tarafından üretilmiştir. Yapı 90 m uzunluğa, 38 m maksimum genişliğe ve 15 m maksimum yüksekliğe sahiptir. Bina, aralarında 1,2 m boşluk olan iki adet vinyl kaplı naylon membran kullanılarak inşa edilmiştir. İç ve dış membranlar, sırasıyla 49 mm ve 38 mm su basıncının basıç diferansiyeli vasıtasıyla gerilmiştir. Bu iç basınçlandırma, 150 km/saat kadar rüzgâr yüküne dayanacak şekilde tasarlanmıştı, ancak Şili- Santiago’da 200 km/saat’in üzerinde bir rüzgâra güvenli şekilde dayandı. Pnomatik yapıların taşınabilme

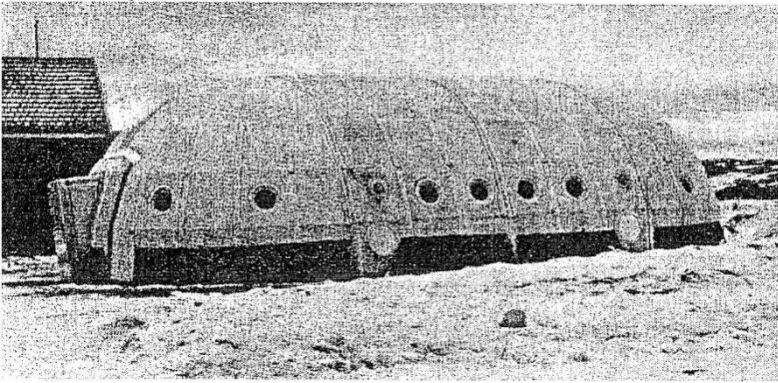
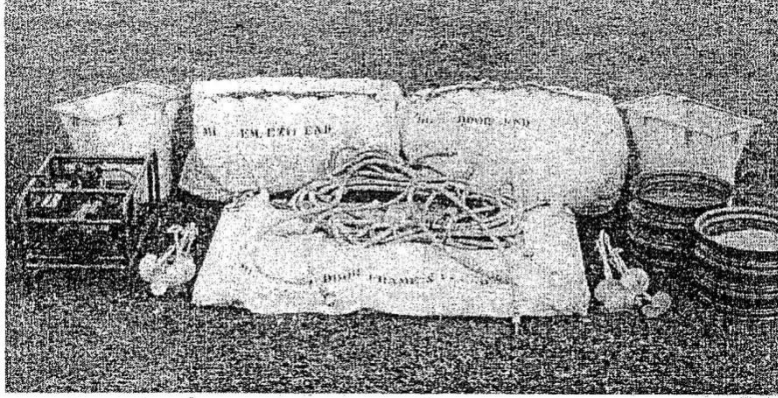
kolaylığı, Resim 3.22’ de Barracudaverken AB tarafından tasarlanan Barracuda hava Destekli Yapı ve Resim 3.23 ‘de kutup barınağı olarak kullanılan ML havayla şişirilmiş ikili duvar yapısı gösterilmektedir.



Resim 3.21. Birleşik Devletler Atom Enerjisi Komisyonu Gezici Sergi Çadırı [5]



Resim 3.22. Barracuda hava destekli yapının taşınması, kurulması ve son şekli [5]



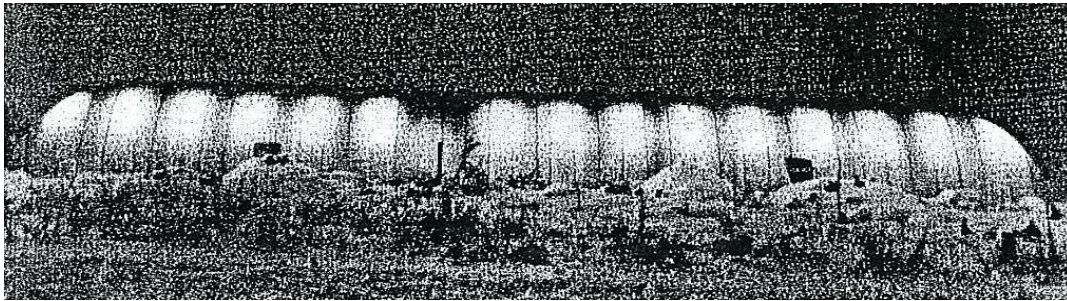
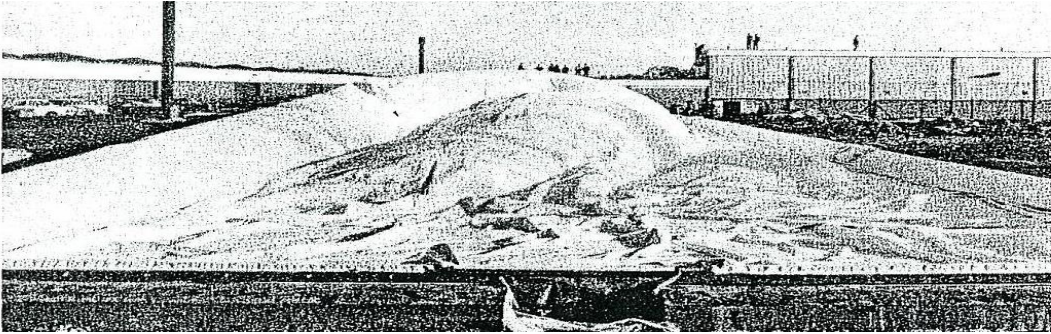
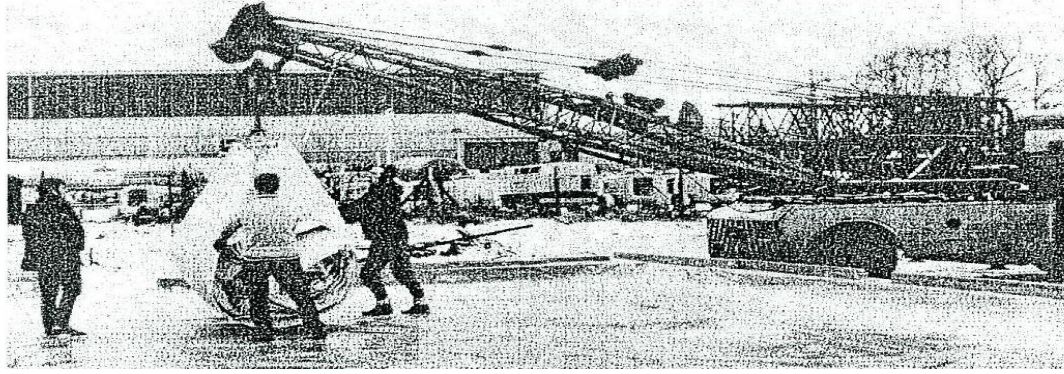
Resim 3.23. ML havayla şişirilmiş ikil duvar yapısının taşınması ve nihai şekli [5]

Resim 3.24, 1970 yılında İngiliz bilgisayar üreticisi Computer Technology Ltd. için Foster Associates tarafından tasarlanan dünyanın ilk pnomatik ofis binasına atıfta bulunmaktadır. Yapı, İsveç firması Polydrom tarafından naylon kaplı translüsent PVC'den üretilmiş olup, 60 m uzunlukta 12 m genişliktedir.

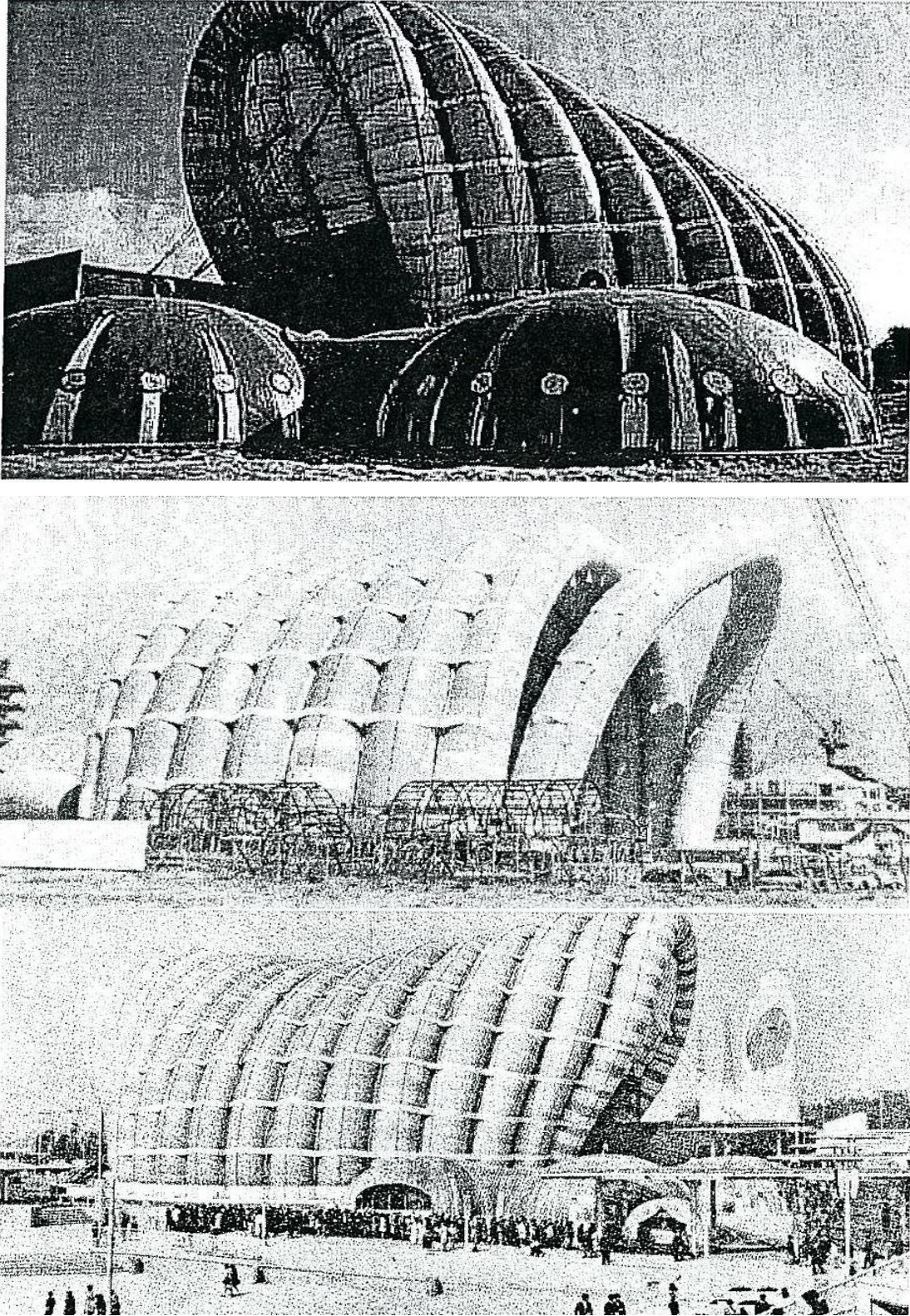
Çok etkileyici bir pnomatik yapı da; mimar Yutaka Murata ve yapısal mühendis Mamoru Kawaguchi tarafından tasarlanan ve Taisei Construction Co tarafından inşa edilen Japonya - Osaka'daki EXPO' 70 için Fuji Grup Çadırıydı (Resim 3.25). Yapı, her biri 78 m uzunluğunda ve 4 m çapında havayla şişirilmiş 16 kemerli 50 m çapında dairesel bir plana sahiptir. Membran duvarlarla havayla şişirilmiş kirişlerin bir kombinasyonu, yapının uçlarını kapatmaktaydı. 60 m/s' ye kadar rüzgar koşullarına uyum sağlaması için dâhili basınç 8000 ila 25000 Pa arasında değişiklik gösterebilmekteydi. Borular civatalarla ve dişlerle bağlanmış ve temele sabitlenmişti.

Pnomatik tasarımların diğer örnekleri şunlardır: 1993 yılında Birleşik devletler Ordusu için F.T.L. Happold tarafından tasarlanan, dört dik ve iki eğik polyester hava tüpü kemerli, 3 ft ve 6 inç çapında, 40 psi'lik düşük bir basınçla şişirilmiş Taşınabilir Bakım Çevrili Alanı

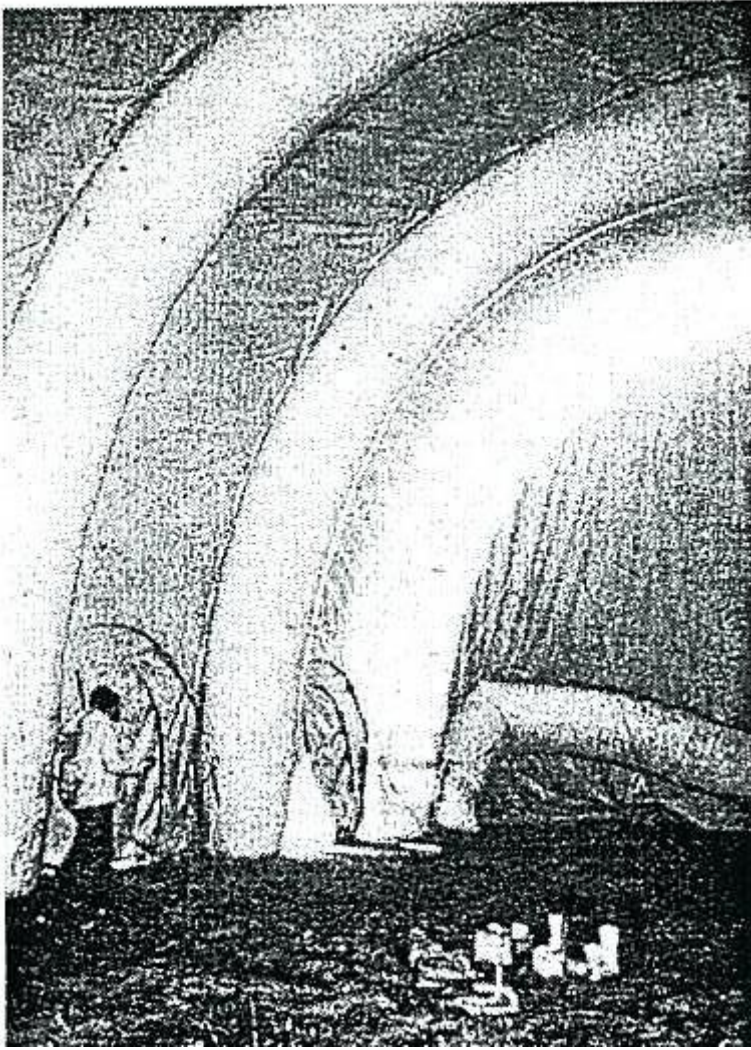
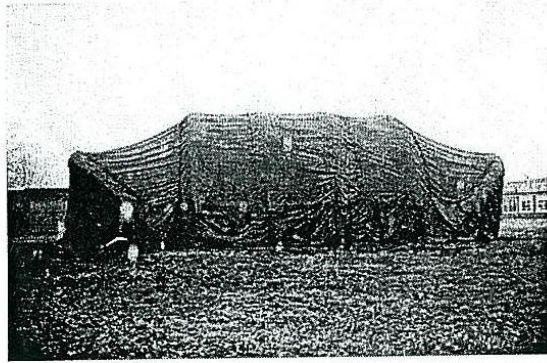
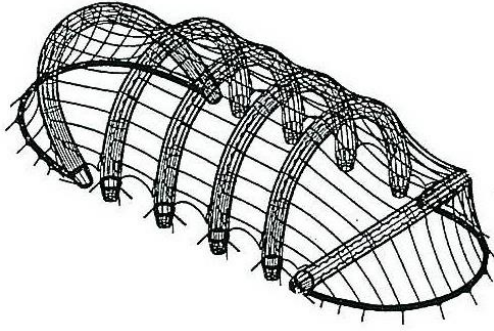
(Resim 3.26); mimar Lorenzo Apicella ve yapısal mühendis Neil Thomas tarafından tasarlanan tasarım halindeki gezi fuar ve konferans salonu (Resim 3.27); Stuttgart yakınında Alman firması Festo tarafından inşa edilen ve tasarlanan ilk kübik, pnomatik fuar alanı yapısı (Resim 3.28) ‘ dir.



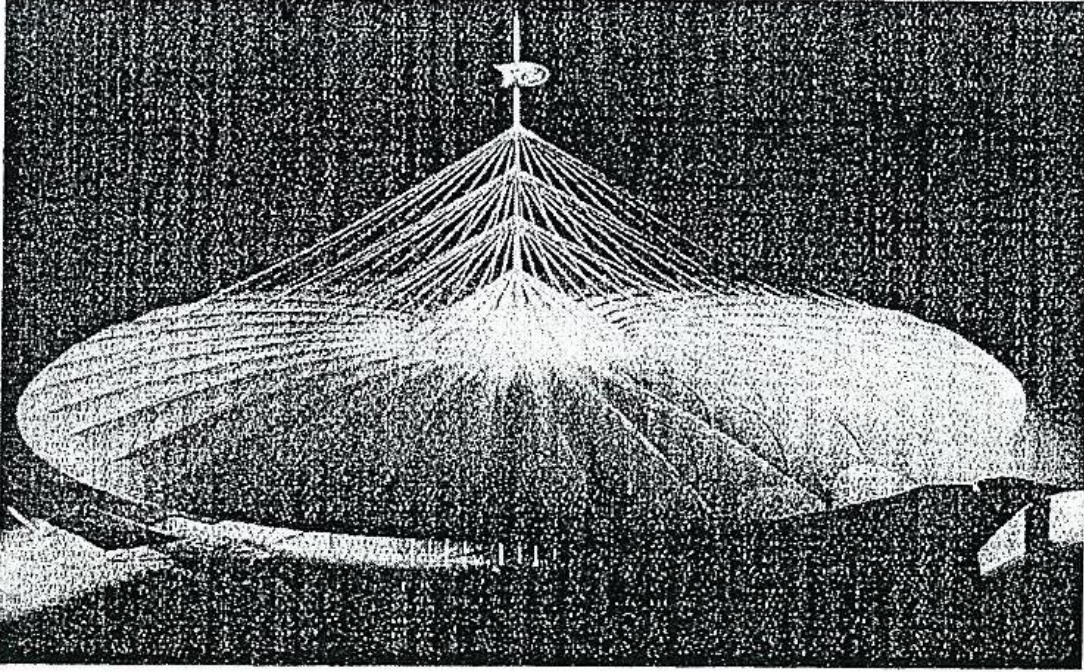
Resim 3.24. Pnomatik ofis binasının taşınması, kurulumu ve son şekli [5]



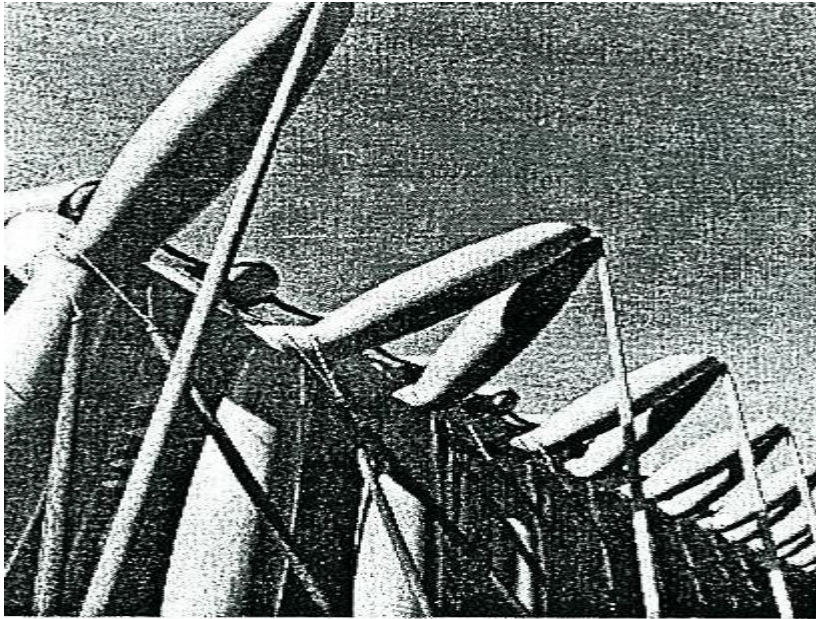
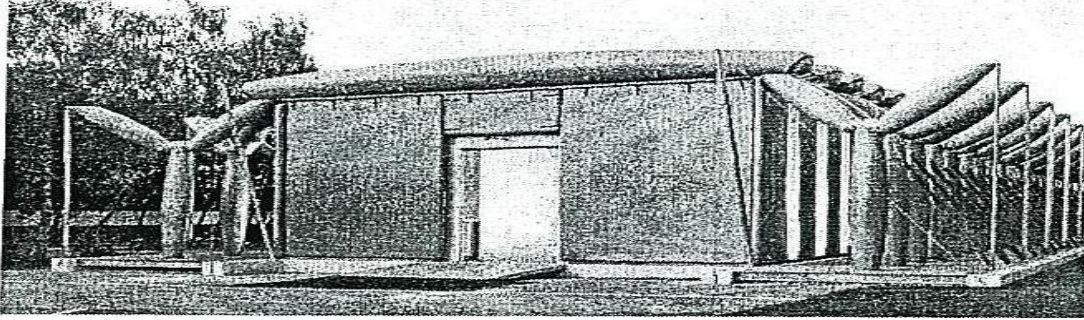
Resim 3.25. Fuji Grup çadırının kurulum aşamaları[5]



Resim 3.26. Taşınabilir bakım çevrili alanının farklı görüşleri ve katlanma aşamaları [Happold]



Resim 3.27. Gezi, fuar ve konferans salonu [Apicella ve Thomas]



Resim 3.28. Stuttgart yakınında Alman firması Festo tarafından yapılan pnomatik fuar alanı yapısı [5]

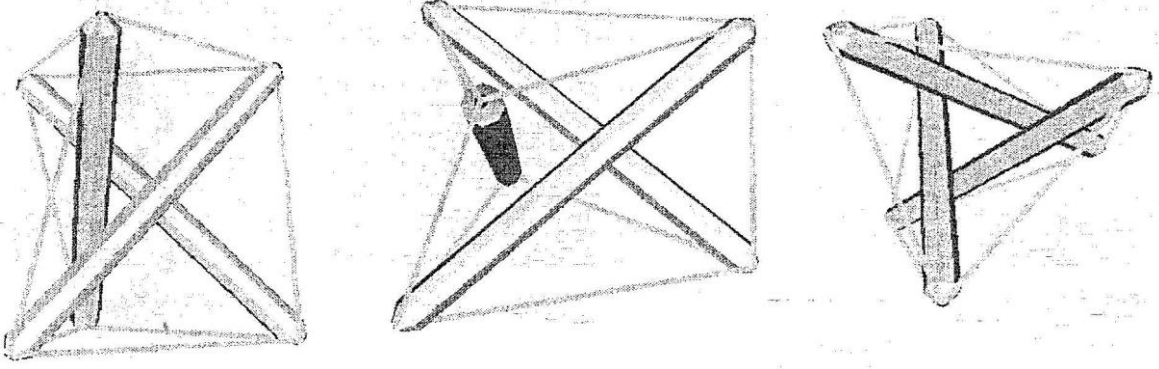
3.6. Gerilim Bütünlüğüne Sahip Açılabilir Yapılar

Uzay kafes tasarımına gerilim bütünlüğü yaklaşımı, kesin bir biçimde baskı ve gerilim güçlerini çerçevenin öğeleri arasında dağıtmaktadır [5]. Bu, baskı güçlerinin sürdürülmesi için gereksinim duyulan öğelerin sayısını en aza indirmektedir. Bu çok büyük ve görsel olarak itici bileşenlerin en aza indirilmesi daha hafif birçok çerçeve öğesine ve daha şeffaf gerilim bileşenlerine yol açmaktadır.

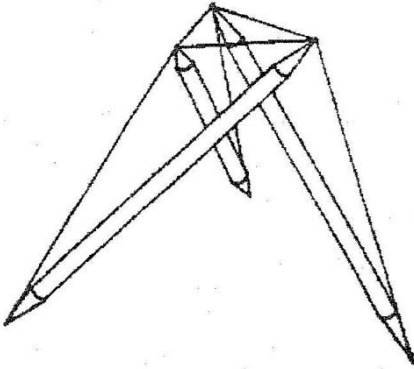
Şekil 3.59' dan Resim 3.30' a kadar gerilim bütünlüğüne sahip yapıların bazı örnekleri gösterilmektedir. Şekil 3.59' da gösterilen yapı, üç basınç ögesinden ve dokuz kablodan oluşan mümkün olan en basit gerilim bütünlüğüne sahip yapıdır.

Cambridge Mass.'de gerilim bütünlüğü çözümlerinin sahibi Robert Burkhardt, gerilim bütünlüğüne sahip bir üçayağı ve jeodezik çok yüzlü şekillerden türetilen gerilim bütünlüğüne sahip ağları, gerilim bütünlüğüne sahip bir demet tasarımı için başlangıç noktası olarak önermektedir (Şekil 3.60). Üçayaklı gerilim bütünlüğüne sahip yapı, altı adet tendonla çevrelenmektedir. Üçayağın tepesini teşkil eden bir üçgeni oluşturmak için tepe tendonu olarak adlandırılan üç tendon, bir uçta üç dikmeyi bağlamaktadır. Ara katman olarak adlandırılan diğer üç tendonun her biri, bir desteğin tepe ucunu üçayaktaki komşu desteğin tepe olmayan ucuna bağlamaktadır. Bu; her üçgenin bir tepe tendonu, bir ara katman tendonu ve bir destek içerdiği ilave üç adet üçgeni ortaya çıkarmaktadır. Şekil 3.61, gerilim bütünlüğüne sahip bir yapıda ortaya çıkan böyle bir üçayağın küresel olarak birleştirilmesini göstermektedir. Kürenin kesilmesiyle bir kubbe de elde edilebilir.

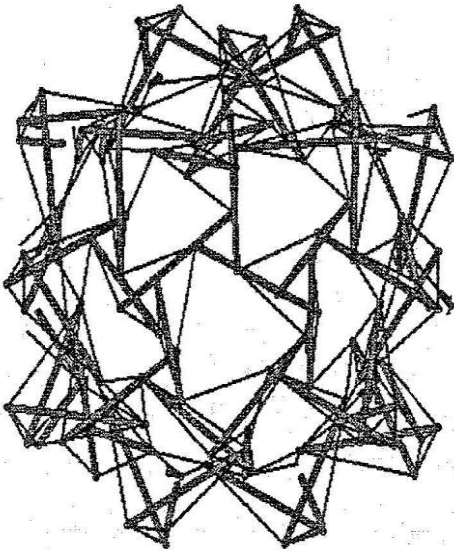
Gerilim bütünlüğüne sahip yapıların küresel olması ya da çok yüzlü cisimlere dayalı olması zorunluluğu yoktur. Gerilim bütünlüğü kavramı ilk kez, 1948 yılında yapılara başlayan ve bunları Buckminster Fuller' e gösteren heykeltıraş Kenneth Snelson tarafından hayata geçirilmiştir. Gerilim bütünlüğü (tensegrity) terimi, “gerilimsel bütünlük (tensional integrity)” söz öbeğinden, bu yöntemin büyük mimari kubbeler uygulanabileceğini ortaya atan Fuller tarafından türetilmiştir. Resim 3.29, Hirshorn Müzesinde ve Washington DC Smithsonian Enstitüsü Heykel Bahçesinde 18 m uzunluğunda bir heykel için Snelson tarafından yapılan İğne Kule'nin iki görüntüsünü vermektedir [5]. Zeminde bulunan seyirciye sanatçının sonsuzluk duygusunu yakaladığı alışılmadık duyguyu uyandıracak şekilde daha aşağıdaki bileşenler ebat olarak daha geniştir.



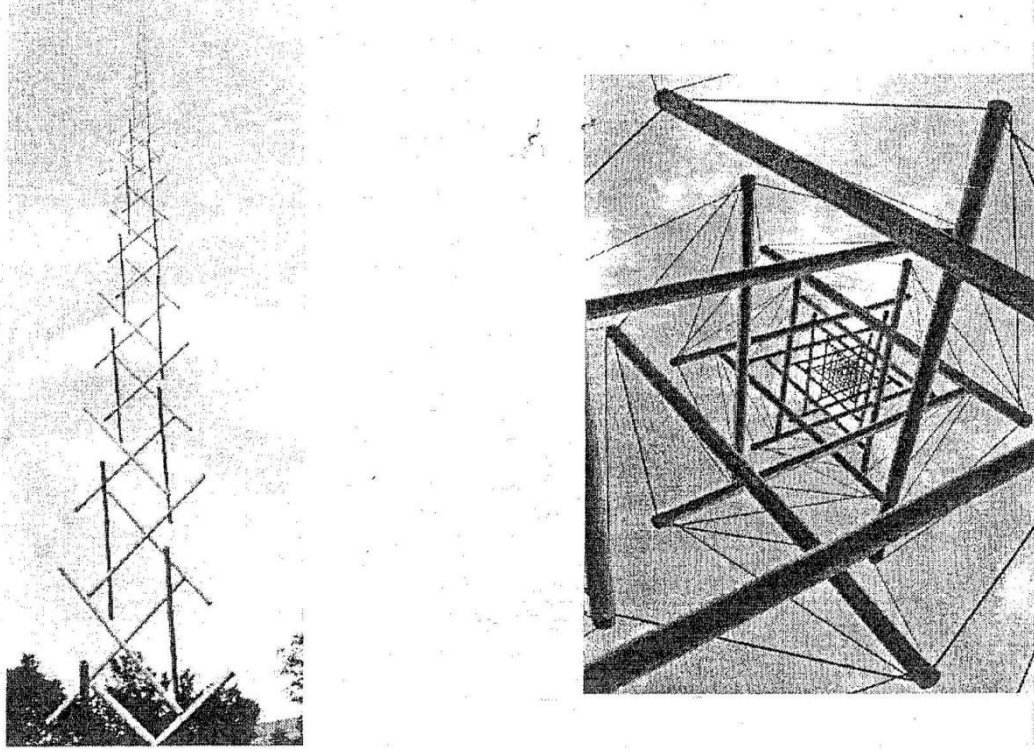
Şekil 3.59. Üç baskı destekli basit bir gerilim bütünlüğüne sahip yapı [5]



Şekil 3.60. Burkhardt tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip üçayak [5]

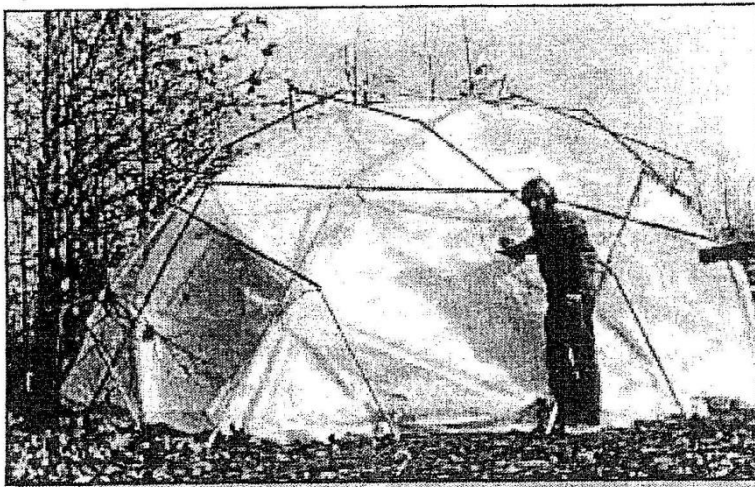


Şekil 3.61. Burkhardt tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip kubbe [5]



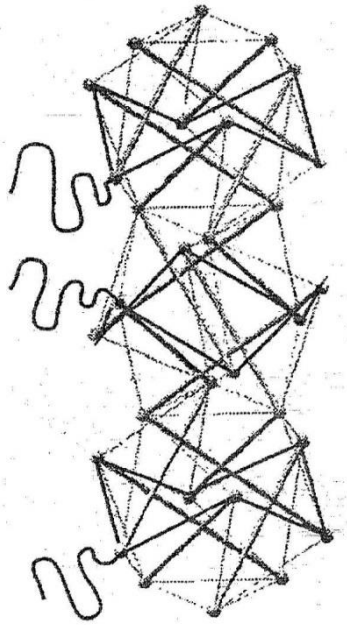
Resim 3.29. Snelson tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip kolon modeli [5]

Resim 3.30’ da; Shelter Systems tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip bir barınak görebilmekteyiz [5]. Bu yapılar, hem gerilim bütünlüğü hem de jeodezik tasarım prensiplerini içermektedir. Kaplama gerilimi tarafından olan haricinde kutuplar birbirlerine birleştirilmediği için ve bu olmadan çökeceği için bunlar gerilim bütünlüğüne sahip yapılardır. Yapının telleri, içine çizilen bir küre içerisinde en kısa hattı izlediği içinde bunlar jeodeziktir.

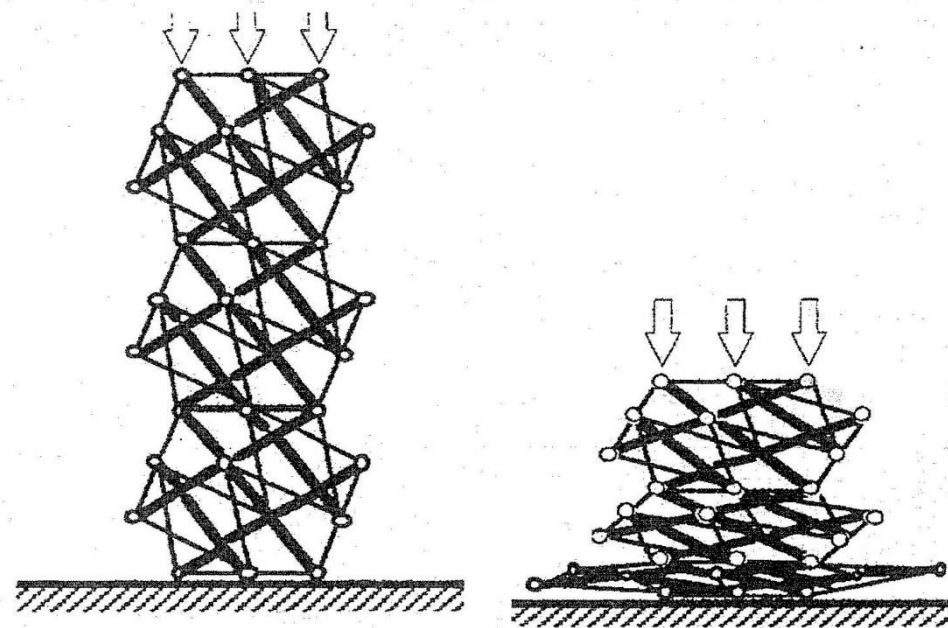


Resim 3.30. Shelter Systems (© Shelter-Systems.com) tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip barınak [5]

Gerilim bütünlüğüne sahip yapıların açılabilirlik özelliklerine dair detaylı bir çalışma, Profesör Rene Motro'nun danışmanlığında Montpellier Üniversitesindeki kendi doktora tezinde Mourad Bouderbala tarafından yürütülmüştür [5]. Bu kavramların bazıları Şekil 3.62 ve 3.63' te gösterilmiştir.

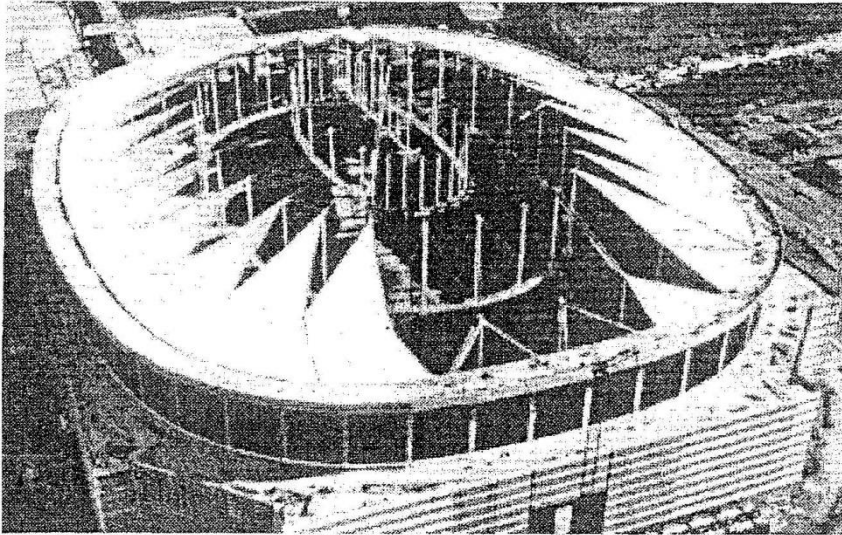


Şekil 3.62. Bouderbala tarafından yapılan sökülebilir gerilim bütünlüğüne sahip yapı [5]



Şekil 3.63. Bouderbala tarafından yapılan gerilim bütünlüğüne sahip yapının katlanma süreci [5]

Gerilim bütünlüğüne sahip yapıların en büyük ölçekli uygulaması Georgia Kubbesinin çatısıdır. Dünyadaki en geniş kablo-destekli kubbeli stadyumdur. Atlanta'nın merkezinde yer almakta olup, 1996 Yüzyıl Olimpik Oyunları sırasında jimnastikçilere, basketbol ve hentbol takım finallerine ev sahipliği yapmıştır (Resim 3.31). Bu yapı 200 m genişliğe sahip olup, gergin bir kablo sistemi üzerine sarılan teflon kaplı fiberglas panellerden ve değişken dikey kutuplardan yapılan bir çatıya sahiptir. Dikme tepeleri membran kaplama tarafından yerinde tutulmakta ve temel noktaları, komşu halkalar üzerindeki direklerin tepesine giden yukarı ve dışa doğru kablo elemanı ile ve yatay bir çember oluşturan iki içeri doğru kablo ile desteklenmektedir. Georgia Kubbesi, Heery/Rosser Fabrap International/Thompson, Ventulett, Stainback ve ortakları ve Mimarlar Ortak Girişimi tarafından tasarlanmıştır.

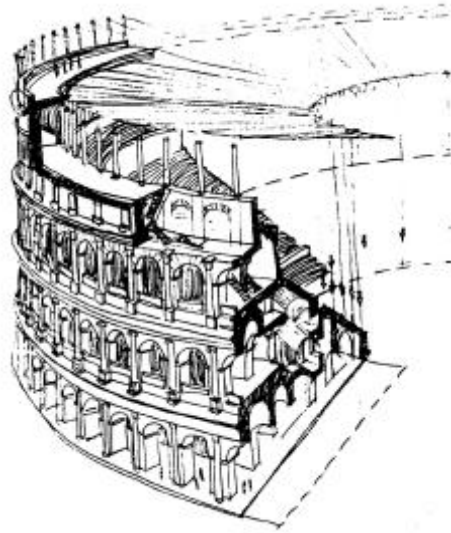


Resim 3.31. Georgia Kubbesi [5]

3.7. Hareketli Çatı Sistemleri

Hareketli Çatılar için geçmişte çok sayıda yapısal sistem öngörülmüş ve günümüzde halen kullanılmaktadır. Bu sistemler ağır beton yapılardan daha hafif perde yapılarına kadar geniş bir yelpazededir. Bu yapıların amacı spor, konferans, müzik ve sahne sanatları etkinlikleri gibi çok çeşitli aktiviteler için kapalı alan yaratılmasını sağlamaktır. Bu tür uygulamalar için çeşitli hareketli çatı sistemleri geliştirilmiş ve bazı durumlarda ekonomik yönden de daha cazip bulunmuşlardır.

Hareketli yapılar uzunca bir süredir zaten kullanılmaktadır. Romalılar zamanında amfiteyatrolarda izleyicilerin yağmurdan ve güneşten korunmak için üzerinin örtülmesi amacıyla büyük ölçekli tenteler kullanılmıştır. Eski çağdaki diğer örnekler ise, şemsiye benzeri yapılar ve daha sonrasında bunları takip eden daha büyük ölçekli katlanabilir bez yapılar ve sert katlanabilir yapılardır [11].

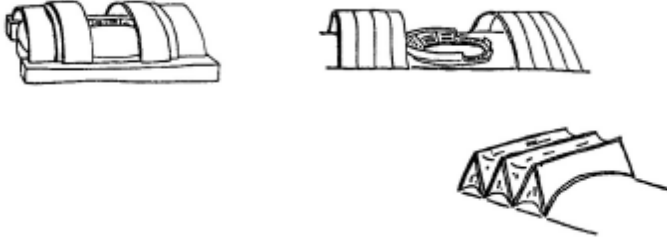


Şekil 3.64. Roma’ da bir kolezyum [11]

Bu tür yapılarda tasarımcıların yaratıcılıkları ilerleyen zamanlarda daha geniş çaplı çözümlere gelmesini sağlamış ve hareketli çatılar yaygınlaştıkça ve gelenekselleştikçe, bu konuda yayınlar ve tasarım klavuzları yayınlanmıştır. Bu yayınlar planlama ve mimariden, sürücü ve yükleyici mekanizmalara kadar geniş bir alandadır. Şekil 3.65 bu tür sistemlerin çeşitli örneklerini göstermektedir [11,14].

Hareketli çatılar konusuna bir giriş olarak günümüzde araştırılan şemalar için bir takım projeler kısaca sunulmuştur.

Paralel Hareket :



Dairesel Hareket :



Yukarı-Aşağı Hareket



Şekil 3.65. Çeşitli katlanabilir çatılar [11,14]

3.7.1. Hareketli çatılara genel bir bakış

Top Kubbe (Japonya)

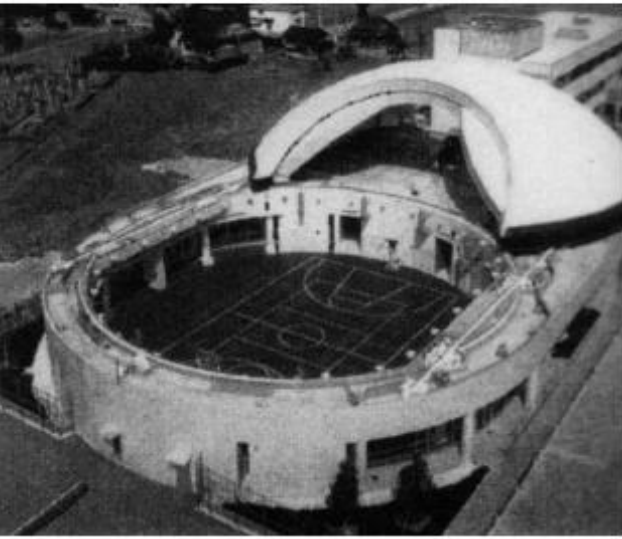
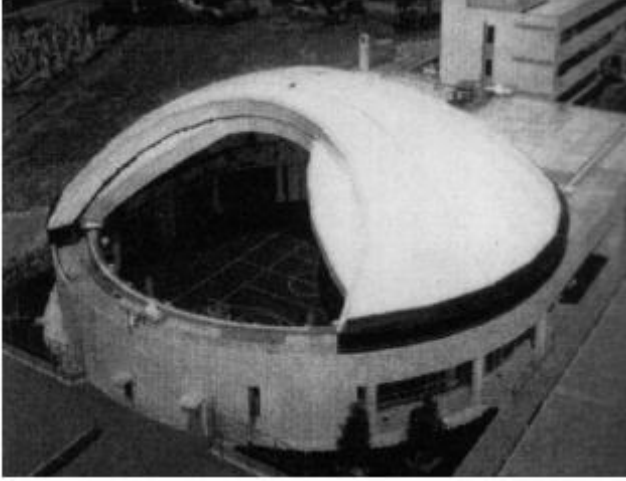
Bu yapının (Resim 3.32) çatısı 37 metrelik bir alanı kaplayan kemerli kafesler ve ikili bez örtüden oluşan iki ayrı katmandan oluşmaktadır. Çatının toplanması için ilk olarak içteki katman 90° dönmekte ve böylece dıştaki katmanı örtmektedir. Bu pozisyonda çatı başlangıçta örtülen alanın yaklaşık olarak %60' ını örtmektedir. Bu hareket çatının çevresindeki kavisli bir ray tarafından kontrol edilmektedir. Tamamen açılması için, tüm çatı farklı ray gruplarının üzerinde yan tarafa doğru hareket etmektedir. Dönme hareketinin sağlanması için iki katman arasında 250 mm' lik bir açıklık bulunmaktadır. Bu aralıktan yağmur ve rüzgârın girmemesi için katmanların arasına şişirilebilir bir tüp yerleştirilmiştir [11].

Fukuoka Kubbesi (Japonya)

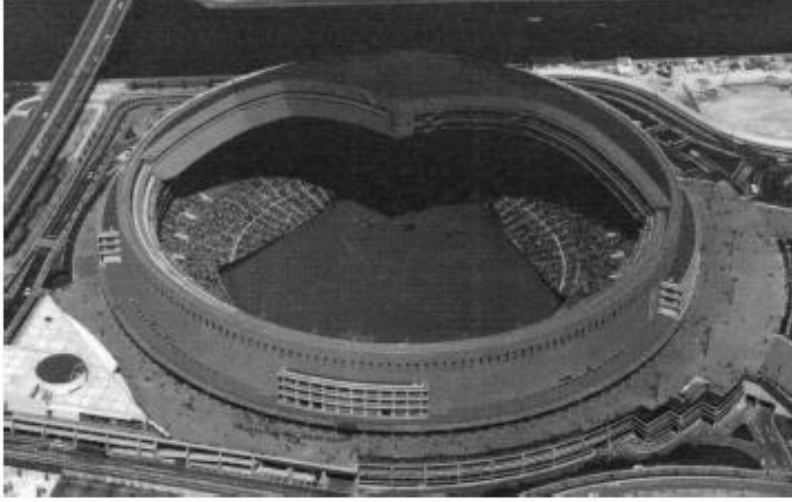
222 m açıklıklı Fukuoka Kubbesi (Resim 3.33) üç büyük çatı paneli tarafından örtülmektedir. Bu paneller çekil kafeslerden yapılmış ve her biri tek başına kendi üzerine etki eden yüke dayanabilecek kapasitededir. Bunun sağlanması için her bir panel tabanda yaklaşık 180° lik yatay açıya karşılık gelecek şekilde yerleştirilmiştir, böylece her bir panelin kendi başına durağan olması sağlanmıştır. Üç panel açıklığın merkezinde dev silindir bir derz ile birleştirilmiştir. Panellerin arasındaki açıklık sağlanabilmesi için merkezi derz üzerinde paneller arası 1,7 m' lik bir mesafe vardır. Bu noktada panellerin her biri sadece 125° açığı örtmektedir. İçteki panel kalıcı yapıya sabitlenmiş fakat dışarıdaki iki panel yapının merkezi etrafında dönmekte ve yapının çevresi boyunca bir alt düzenek tarafından desteklenmektedir [11].

Milenyum Stadyumu (İngiltere)

72.500 kapasiteli bu stadyum (Resim 3.34) , 120 m* 80 m' lik alanı örtmek için 2 katı çatı kesiminden oluşmaktadır. Bu kesimlerin her biri bir kafes takımından ve alüminyum levhalarla giydirilmiş yassı bir tecrit güvertesinden yapılmıştır. Bu, iç mekân konserleri için uygun olacak şekilde kuşatılan alanda akustik bir performans ağlanması amacıyla yapılmıştır. İki kesim kalıcı yapıya sabitlenmiş raylar üzerinde hareket etmektedir. Mekanik sistemi basitleştirmek için, toplanan kesimler kalıcı yapıya sabitlenmiş kablo ilmekleri üzerinden motorlar ve dişli kutuları aracılığıyla kontrol edilmekte ve gücünü bunlardan almaktadır.



Resim 3.32. Top Kubbe' nin açılması [11]



Resim 3.33. Fukuoka Kubbesi [11]



Resim 3.34. Milenyum Stadyumu' nun çatısı [6]

Vista Alegre (İspanya)

Burada var olan yapı (Resim 3.35) ortadaki boğa güreşlerinin yapıldığı alanın örtülmesi için hafif bez bir yastıkla birleştirilmiştir. Bu yastıklar üst yüzeylerinde Polyester/PVC' den ve alt yüzeylerinde ise kablolarla güçlendirilmiş şeffaf ET bezden yapılmıştır.

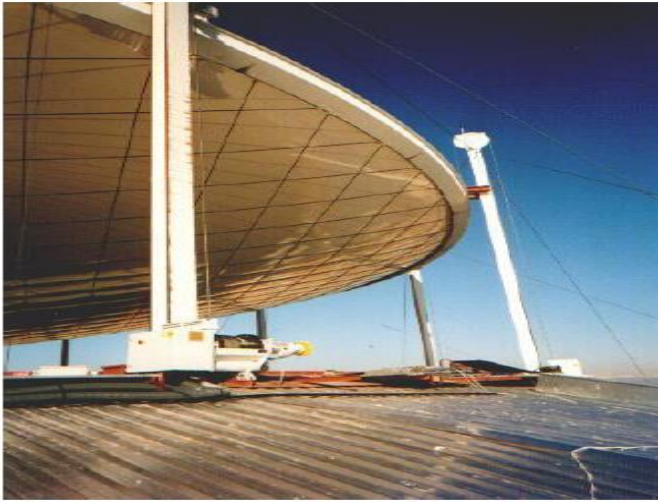
Yastık 50 m çaptadır vinç ve kolonlar kullanılarak 11,4 m kaldırılabilir. Yapı var olan sundurma çatının üstüne büyük tribünün üzerinden sabitlenmiş. Sezon boyunca seyircilere yeterince koruma sağlaması için çatı genişletilmiştir [11].



(a)



(b)

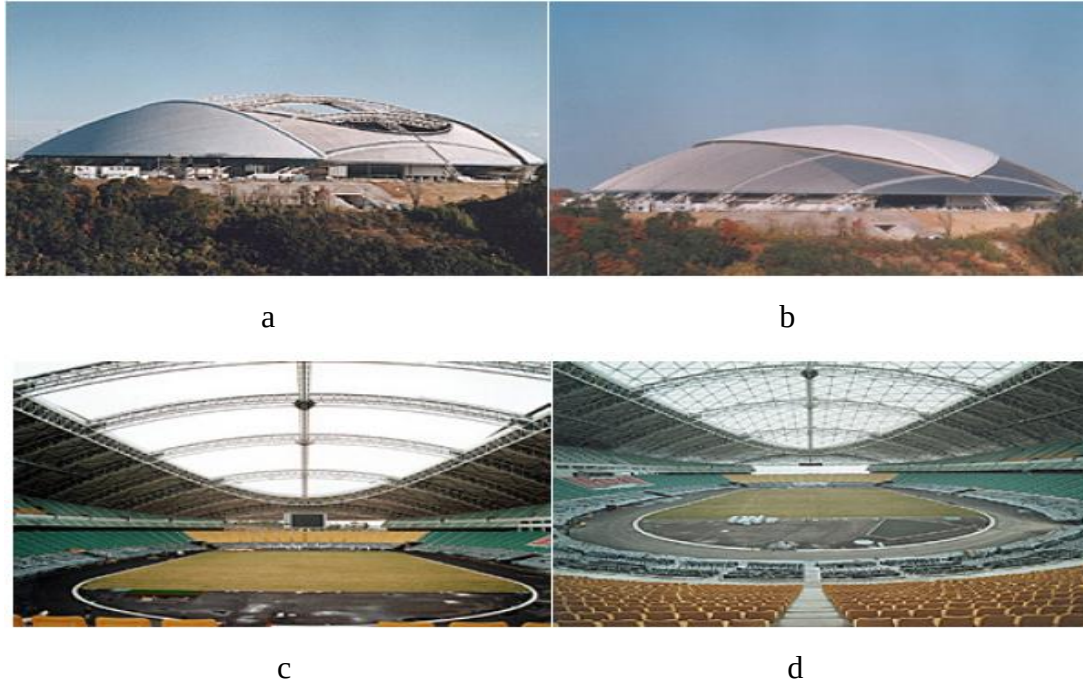


(c)

Resim 3.35. Vista Alegre boğa güreşi ringi üzerindeki hareketli çatıdan görünüm [10]

Oita Spor Parkı ana stadyumu

Takma adı “Büyük Göz” dür. Nedeni bez çatının merkezden göz kapağı gibi gözün kıvrımı boyunca hareket ederek açılmasıdır [Takena Corporation, 2000] .



Resim 3.36. Oita Spor Parkı ana stadyumu katlanabilir çatısı [8].

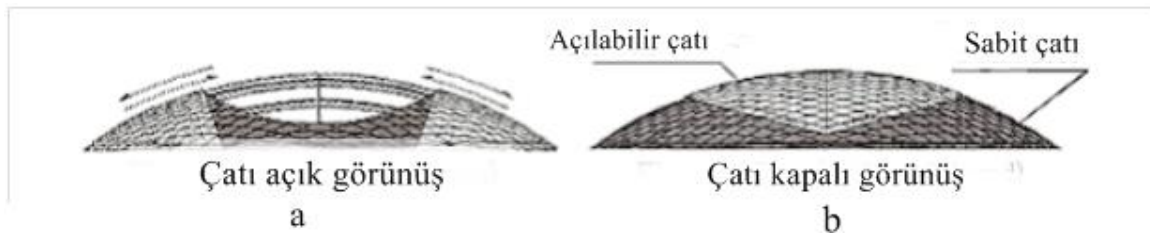
Oita spor parkı ana stadyumunun küresel çatısının iki katmanlı bir yapısı vardır (Resim 3.36). İlk katman 600 milimetre çaplı bakır boruların kendo maskesine benzer şekilde kemikli bir yapıda inşasından oluşan üç boyutlu bir kemer yapıdan ibaret olan sabit bir çatı ve 10 metre uzunluğundaki üçgen şekilli çelik çerçeveden oluşmaktadır. İkinci katman ise iki adet yarım ay şeklinde 10 metre uzunluğunda üçgen şekilli çelik çerçevelerden bir düzlem oluşturmak için birleşmesinden oluşan hareketli çatıdan oluşmaktadır.

Hareketli çatılar (Takenaka tarafından geliştirilmiş) dünyanın en iyi yarı saydam malzemesiyle sadece üstte olacak şekilde değil, aynı zamanda sanki ortada yeniden kesilmiş gibi şekillendirilerek kaplanmıştır. Hareketli çatıların sabit çatıyla aynı küresel yüzey üzerinde hareket etmesini sağlamak amacıyla, son derece düzgün bir şekilde hareket etmelerinin gerekmesinin yanı sıra çatı eğrisine bağlı olarak büyük yük değişimlerinin de üstesinden gelebilmeleri gerekmektedir. Bu nedenden dolayı yeni bir sürücü sistem geliştirilmiştir.

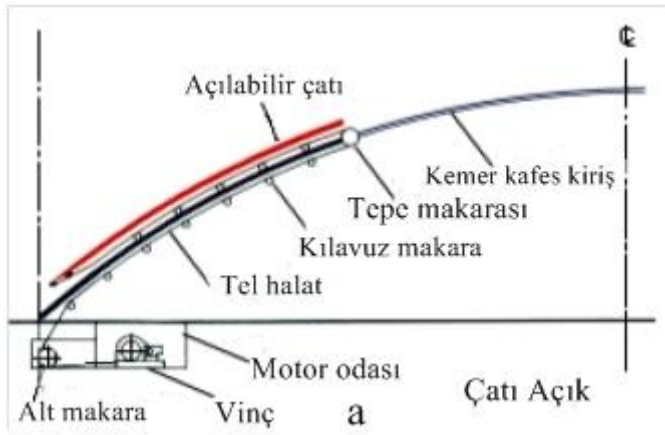
O güne kadar, büyük açık alanların üzerinde açılıp kapanan çatıların birçoğu, küresel bir yapıda dahi olsalar düz bir çizgi üzerinde hareket etmekteydi. Aynı küresel şekil boyunda kayarak açılıp kapanabilen bir tür o güne kadar yapılmamıştı. Aynı küresel şekil üzerinde

hareket edebilecek toparlanan bir çatı kullanarak, küre üst kesiminde açık da kapalı da olsa basit bir silüet sergilemektedir.

Hareketli çatının açılıp kapanması yaklaşık 20 dakika sürmektedir. Ayrıca açılıp kapanma işlemi sırasında bir deprem olması durumunda, elektromanyetik frenler devreye girmektedir. Bütün bunların yanı sıra, güvenlik tedbiri olarak, çatıların alt kısımlarında açık oldukları durum için stoperler vardır. Kapalı oldukları durum için ise bez çatıları bir arada tutması için kelepçe milleri kullanılmıştır (Şekil 3.66 - 3.67).



Şekil 3.66. Çatının açık ve kapalı durumları için boykesitleri [8]



Şekil 3.67. Oito Sports Park ana stadyumunun hareketli çatı sistemi [8]

4. UZAYDA AÇILABİLEN HAREKETLİ YAPI UYGULAMALARI

4.1. Giriş

Mevcut fırlatma araçlarında bulunan hacim kapasitesinden çok daha büyük hacim kapasiteleri olan uzay araçları içeren birçok uzay misyonları tamamlanmış veya şu anda planlanmaktadır. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi(NASA), 'nin uzay mekiği kargo bölümünün çapı 4,6 m ve uzunluğu 18,3 m'dir. Arianespace'nin ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın Ariane-5 fırlatıcısının çapı 4.56 m ve uzunluğu yaklaşık 11 m'dir [18]. Bu boyutların çok yakın bir zamanda değiştiremeyeceklerine göre, uzay aracının bazı bileşenleri, fırlatıcının kargo bölmesinde sığacak şekilde katlanmalıdır ve uzay aracının yörüngede olduğu zamanda açılmalıdır. Başka bir sınırlayıcı faktör de uzay aracının, izin verilen maksimum ağırlığıdır. Bu, fırlatma aracının türüne ve uydu hedefine bağlıdır ve hacmi kısıtlamalarının tersine, genellikle ayarlanabilir niteliktedir.

Son otuz yıl içerisinde, açılabilen uzay yapıları alanında önemli sayıda araştırmalar yapılmıştır. Mevcut kavramların arasında bazı farklılıklar vardır: bazı yapılar bir defa açıldıktan sonra tekrar katlanabilir, diğerlerin açılması depolanan şekil değiştirme enerjisine dayanır ve bazı yapılar ise açılma sırasında rijittirler. Katlanma uzayda bir zorunluluk değildir, fakat, bazı durumlarda gerekli olabilir, bkz [18]. Depolanan enerjiye bağlı olmayan yapılar, dış yollarla açılırlar, örneğin bir motor aracılığıyla. Yapıların çoğu, tamamen açılana kadar tam dayanım kazanmazlar, bazıları ise hemen yük taşıyabilirler.

Açılabilen yapılar konusunda yapılan birçok araştırmaya rağmen, son yirmi yılda pek çok yüksek profilli başarısızlıklar ortaya çıkmıştır [18]. Uzayda vuku bulan hataların tamiri çok pahalı ve oldukça zordur. En iyi bilinen örnek, Hubble Uzay Teleskobu (HST) 'dur. Bu teleskopta lens sorunlarının yanında, kendi güneş enerjisini sağlayan tertibatın termal yükleme nedeniyle oluşan, beklenmedik düzeyde mekanik titreşim sorunları yaşanmıştır. Başarısızlık nedenlerinin biri, yapı davranışının tam olarak anlaşılmamasıdır. Muhtemelen daha nadir olan başka bir neden ise, konseptin kendi içerisinde zayıf olmasındandır. Birkaç açılabilen yapıların mucidi olan Miura [11] şunu vurgulamıştır: “ Rasyonel bir yapısal konseptin oluşturulması, bir yapının tasarım sürecinde ilk adım olmalıdır ve pratik tasarım adımından önce gelmelidir”.

Konseptin sağlamlığı ilk önce analitik ve fiziksel modellerle kanıtlanmış olmalıdır. Takip edilen mevcut tasarım prosedürü: Açılabilen yapının paketleme verimliliği, yapısal rijitliği ve hassasiyeti, arasından oluşan bir dengeleme üzerinde durur. Bir uzay yapısının yapımında nihai adım: son derece pahalı ancak misyonun başarısını sağlamak için kaçınılmaz olan kapsamlı yer testleri ve olası uçuş testleri içerir.

Havacılık sektöründe açılabilen yapıların üç ana türü mevcuttur:

- Direkler,
- Antenler ve
- Güneş panelleri.

Direkler, tipik olarak, parazitleri azaltmak için [18] elektronik araçları ayırmak için ya da güneş enerjisi sağlayan tertibatı [18] gibi diğer yapılarının desteklenmesi için kullanılır. Bir çok sayıda direk kavramı mevcuttur bkz.[18], ancak bu bölümde yalnızca birkaçı sunulacaktır. Tüm uyduların Dünya ile iletişim kurmaya ihtiyacı vardır ve bu nedenle bazı antenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut olan birçok anten tipleri arasında, parabolik yansıtıcı anten, düşük güçte yüksek veri aktarım oranı sağlayan, yüksek yarar nedeniyle, en yaygın olanıdır[18]. Antenler yalnızca iletişim için değil, aynı zamanda Dünyayı gözlemek ve astronomik çalışmalar için de kullanılır. Mevcut esnek güneş hücresi teknolojisi 223 W/m² üretebilir[18]. Bu, güneş enerjisi sağlayan tertibatların yeterli güç üretebilmesi için oldukça büyük olması gerektiği ve uydunun bordasında bulunan araç sayısının artacağı anlamına gelir. En gelişmiş uzay araçlarından biri HST'dır ve HST kendi parçaları için 4.7 kW 'ye ihtiyaç duymaktadır. Bu güç dört adet 2.39 x 6.06 m² güneş enerjisi sağlayan tertibatlardan sağlanır [18].

4.2. Açılabilen Direkler

Açılabilen direkleri aşağıdaki dört gruba ayırabiliriz [18]:

- İnce duvarlı boru hortumları/bomları,
- Teleskopik direkler,
- Kıvrılıp bükülebilen direkler ve
- Eklemlili makaslar

Açılabilen direkler hakkında birkaç inceleme mevcuttur: Mikulas ve Thompson [18] ABD'de geliştirilen yapıları sundular, Pellegrino [18] aynı zamanda katlanabilen konseptler sunmuş ve Jensen ve Pellegrino [18] en yeni ve kapsamlı konseptleri sunmuşlardır.

4.2.1. İnce duvarlı boru bomları

İnce duvarlı boru bomları muhtemelen açılabilir ve katlanabilen yapıların en erken çıkan türleridir. Bunlar ince duvarlı kabuklarının elastik şeklinden yararlanırlar. İnce duvarlı bomlar için tipik malzemeler paslanmaz çelik, Bakır-Berilyum ve *Karbon Fiberli Takviyeli Plastiktir.* (CFRP) [18].

Depolanabilir tübüler uzayabilir eleman

Depolanabilir Tüpüler Uzayabilir Eleman (STEM) 1960'lı yılların başında Kanada'da icat edilmiştir [18]. Bu uzatma, kıvrılıp bükülebilen, kendini-doğrultma çelik şerit mezura için kullanılan ilkeye dayanır. Şerit mezura, kendi eğrilik yarıçapı ile oluşturduğu tam silindirin küçük bir açıyla (*geometride bir kavisin iki ucu arasına çekilen doğru çizgi olarak*) karşı karşıya gelirken, STEAM 360° 'den fazla bir açı kapsar, Şekil 4.1 (a). Üst üste gelme seçeneği birçok faktöre bağlıdır, ancak en azından 50° 'dır [18]. Bir STEAM eksensel ve eğilme bakımından oldukça rijittir, ancak açık tüp bölümü nedeniyle düşük burulma rijitliği vardır. Burulma rijitliğinin yükseltilmesi, örtüşme bölgesinde yeterli bir sürtünme olduğu takdirde sağlanabilir. STEAM, istiflenmesi için bir kasası olmadan, sarılmış ve bir tambur üzerine düzleştirilmiştir. Tamburu döndürerek bu eleman açılır ve depolanan elastik enerji sayesinde, otomatik olarak tüpüler konfigürasyona geri gelir. Elemanın, düz kesitten, tüpüler kesite gittiği manevra bölgesinde, istifleme kasası bulunur. STEAM' in bir uzantısı, birbirinin içinde yerleştirilmiş olan iki adet özdeş şeritleri olan iki-STEAM 'dir, Şekil 4.1 (b). Bir iki-STEAM' in yüksek eğilme rijitliği ve daha iyi mekanik tampon davranışı vardır. Aynı sertlik ve uzunluğa sahip bir STEAM'e nazaran, bir iki-STEAM'in avantajları: daha kompakt bir istifleme kasasına ihtiyaç duyan daha kısa tamburlar ve daha kısa manevra uzunluğudur [18]. İki -STEAM' in bir versiyonu, burulma rijitliğini artırmak amacıyla STEAM'leri , Şekil 4.1 (c), kendi aralarında kilitlemiştir. Son yıllarda geliştirilmiş olan bir tübüler bom ise, çift yönde kararlı – sarılmış kompozit (BRC)' tir [18]. Bu eleman, tam bir STEAM gibi görünmektedir ancak, hem istiflenme hem de dağıtılma konfigürasyonları bakımından istikrarlıdır. Bu istifleme kasasının daha

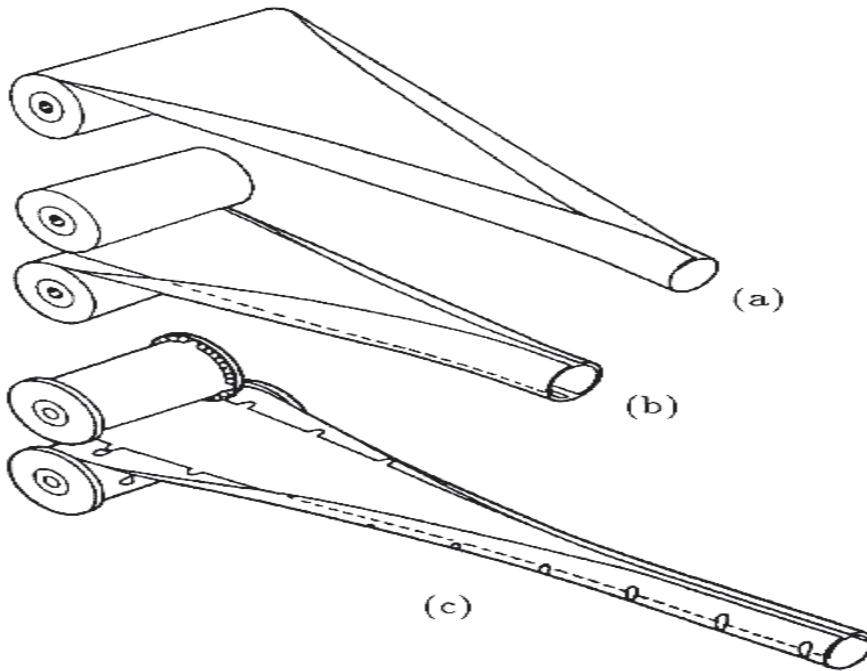
küçük ve hafif yapılabileceği anlamına gelir. Buna ek olarak, geri çekme mekanizması basitleştirilebilir.

Katlanabilir tübüler direk

Katlanabilir tüpüler direği (CTM), kenarlarında bağlanmış iki STEAM' lardan yapılır ve bu iki STEAM' lar bire nazaran daha yüksek burulma rijitliği oluşturan bir bom oluşturlar. CTM' ler STEAM' larla benzer bir şekilde sarılmışlardır. Açılmış konfigürasyonunda, tüp gerilmemiş durumdadır ve bir mercekli kesite sahiptir [18]. Son zamanlarda, Alman Uzay Araçlar Merkezi (DLR) tarafından, güneş yelkenlerinde kullanılmak üzere, 14 m uzunluktaki bir CTM geliştirilmiştir. Bu eleman CFRP'den yapılmış ve sadece 0,1 kg / m [33] ağırlığındadır.

4.2.2. Teleskopik direkler

Teleskopik direkleri normal olarak, bir dizi iç içe konulan, konsantrik, ince duvarlı silindirik tüpten oluşur. Uzunluk açısından sınırlayıcı faktörüye tüp kalınlığı ve bindirme uzunluğudur.

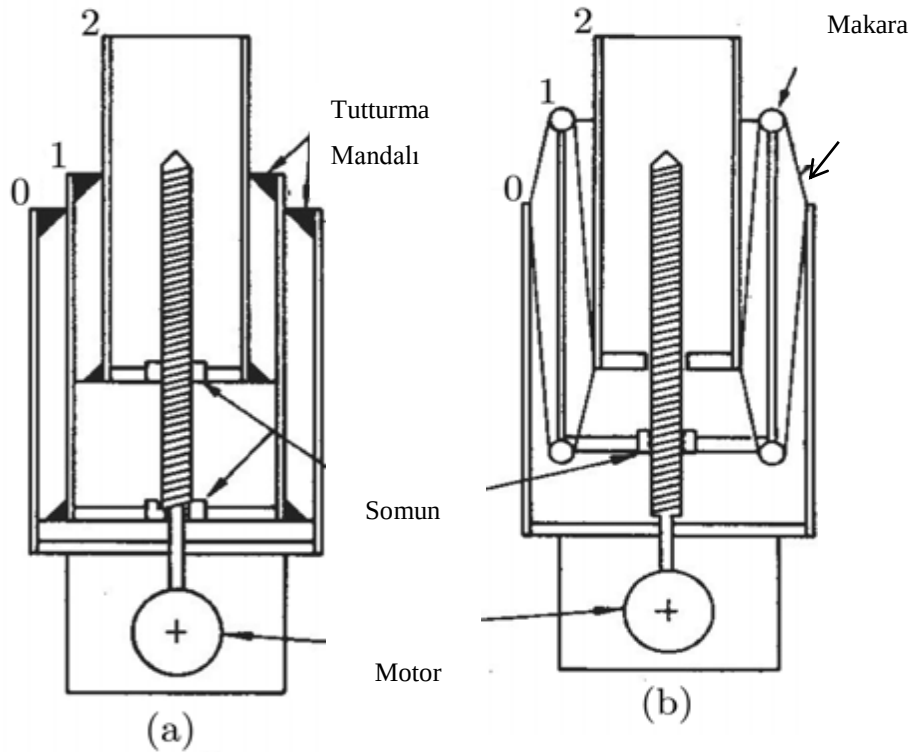


Şekil 4.1. Tübüler Bomlar (a) STEAM, (b) İki-STEAM Ve (c) birbirine kilitlenmiş İki-STEAM



Resim 4.1. Katlanır tübüler direği [18]

Alüminyum alaşımının ve CFRP'nin tipik kalınlığı 0,5 mm'dır. Teleskopik direkler, bir vida ve somun tekniği kullanarak sırayla ya da Şekil 4.2 (a)'da görüldüğü üzere, eş zamanlı olarak açılabilirler. Şekil 4.2 (b) 'de önceki tekniğin, kablo ve makaralarla kombine edilmiş hali gösterilmiştir. CFRP'den yapma 40 m uzun bir teleskopik direği Dormer [18] şirketi tarafından geliştirilmiştir. Direk çapı yaklaşık olarak 0,5 m olan 18 parçadan meydana gelmektedir ve 3 m istiflenme uzunluğuna sahiptir. Tethered Uydu [18] için, uzunluğu 2,4 m, yedi borudan oluşan bir eş-zamanlı açılabilen teleskopik direk geliştirilmiştir.



Şekil 4.2. Bir teleskopik direğin açılması: (a) sırayla ve (b) eş zamanlı [18]

4.2.3. Kıvrılıp bükülebilen direkler

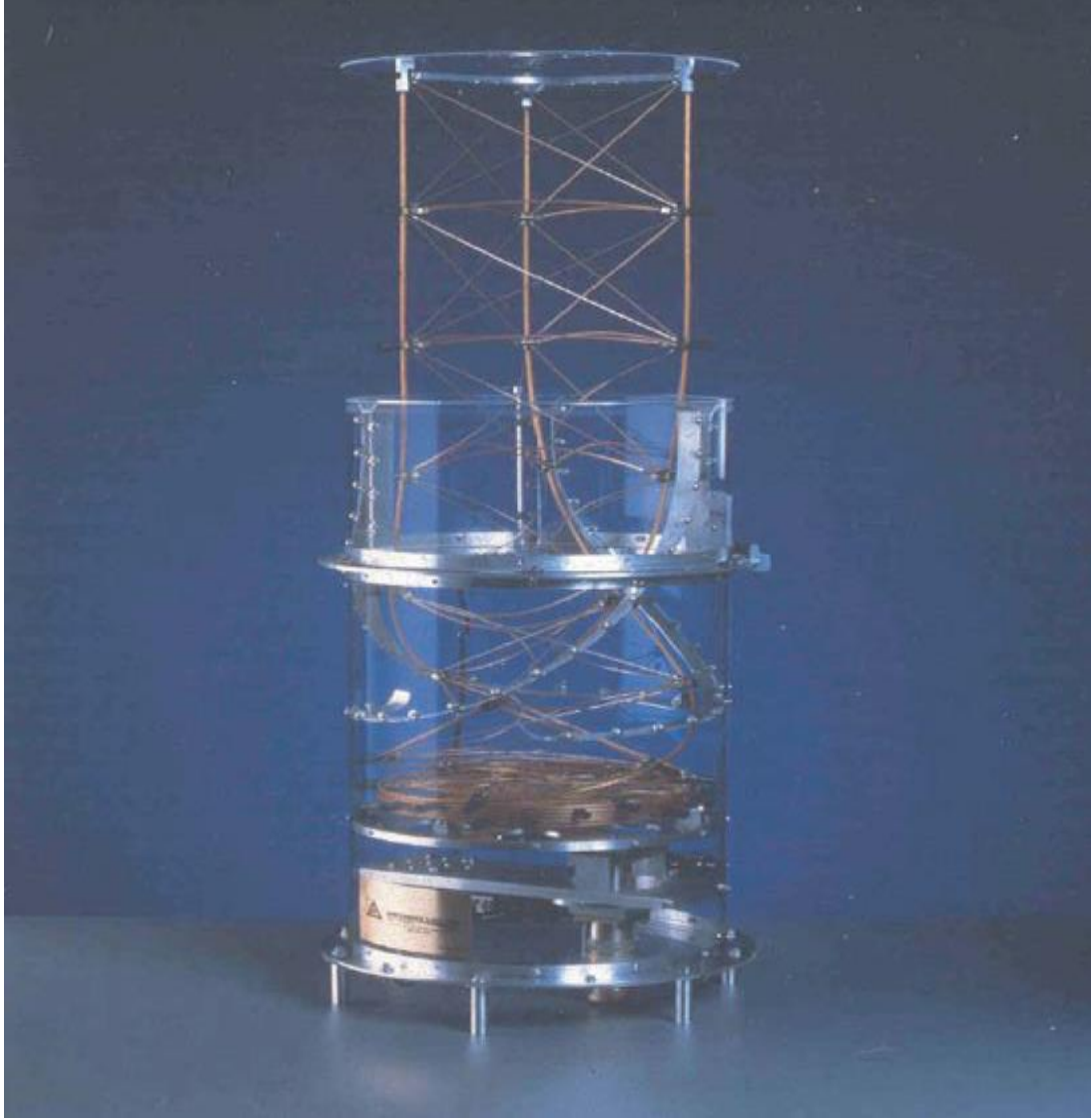
Kıvrılıp bükülebilen direkler 1967 yılında, (CM) Astro Araştırma Şirketinde çalışan [18] H.R. Mauch tarafından icat edilmiştir. Bir Kıvrılıp bükülebilen direk normalde, düzenli aralıklarla takviye edilen, uzunlamasına üç adet elemandan oluşur. Takviye, uzunlamasına duran elemanlara dik duran elemanlardan ve çapraz elemanlardan oluşur. Resim 4.2’ de görüldüğü üzere, direk, lonjeronları kıvrarak istiflenebilir. İki şekilde açılabilir: kendi-kendine veya motor tahrikli uzantısı yoluyla. Bu iki farklı şekilde dağıtılabilir. İlk yöntem sarılmış lonjeronların içinde depolanan elastik enerjiye dayanır ve hızı bir kordon, başka bir deyişle, açılmasını ve geri çekilmiş direğin makarada toplanmasını kontrol eden ve direğin ucuna bağlanan bir eksensel kablo tarafından kontrol edilir. Bunun sonucu olarak, direğin ucu açılma sırasında döner. Direk rijitliğinin açılma sırasında, açılmış duruma nazaran, daha düşük olması nedeniyle, bu yöntem, tipik olarak 3 m.’ yi aşmayan, kısa direkler için uygundur[18]. Daha uzun direkler için, motor tahrikli yöntemi kullanılır. Bu yöntemde, Resim 4.2 ‘de görüldüğü üzere, direk özel bir kutu içine koyulmuştur. Kutu, geri çekilmiş direk uzunluğundan, iki direk çapı daha yüksektir ve somunları döndüren, sürüş görevi yapan bir motor içerir. Direğin bir bölümünün, istiflenmiş halinden açılmış konfigürasyona geçme işleminin gerçekleştiği geçiş bölgesi, kutu içerisinde bulunur, böylece kutudan ayrılan kısım tam güce sahiptir. Kutunun kullanıldığı durumların başka bir avantajı, dönen direğinin ucu olmaktan ziyade, onun somunu olmasıdır. Bir CM , istifleme açısından oldukça verimlidir; kapanmış halinin uzunluğu, açılan uzunluğunun yaklaşık % 2-3 ‘üdür. Çapı 0,75 m.’ ye kadar olan direkler inşa edilmiştir ve pratik sınır yaklaşık 1 m. olarak kabul edilmiştir [18].

4.2.4. Eklemlı kafesler

Eklemlı kafesler uzay uygulamalarında yaygın olarak kullanılırlar ve pek çok farklı konfigürasyonda mevcuttur. Bu yapılar, önceki konseptlere nazaran daha yüksek bir rijitliğe, yapısal verimliliğe ve hassasiyet yeteneğine sahiptirler. Popüler kafes direklerinin genel olarak sahip olmaları gerektiği bir şey daha, açılma esnasında sabit bir çapın olduğudur.

Çok sayıda gelişmiş makas konseptleri icat edilmiştir, örneğin değişken geometrisi olan makas [18] ve kabloyla sabitlenen pantografik direk [18], ancak çalışmalar sonucu oluşan

görüş, bunların çoğunun, kısmen değişen çaplardan dolayı, dezavantajlı bir duruma düştüklerinden ibarettir.

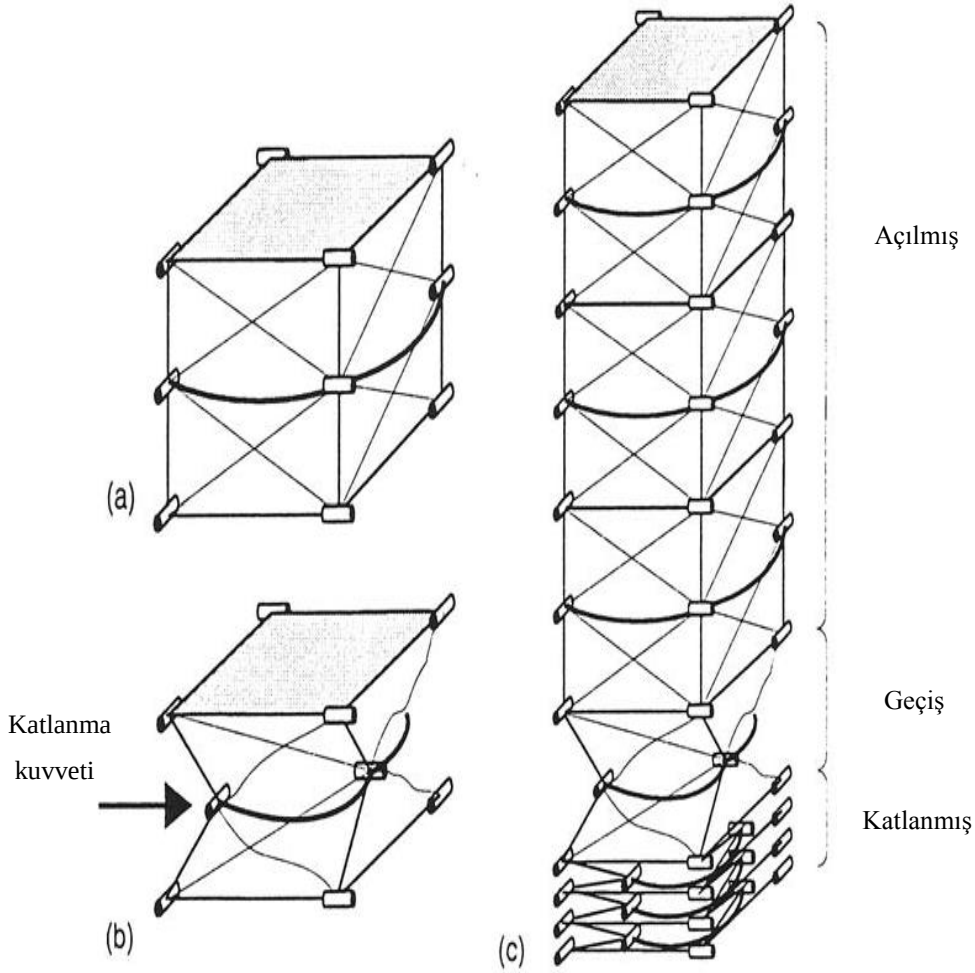


Resim 4.2. Somunu döndürmek suretiyle kıvrılıp bükülebilen bir direğin açılması [18]

Katlanır eklemli kare kafes kiriş direği

Katlanır eklemli kare kafes kiriş direği (FAST) direği AEC-Able Mühendislik Şirketi tarafından geliştirilmiştir [18]. Direkte, lonjeronlar boyunca bulunan döner menteşeler, kare bölmelerin yanlarına paralel olan dingiller ve her bölmenin yüz kısmında bulunan diyagonal destek kabloları bulunmaktadır [18], Şekil 4.3 (a) . Kablolarda, dört yanall yaylar tarafından ön-gerilme uygulanır. Katlama sırasında, sağlamlaştırma kabloları, yay dirsekleri gibi gevşek hale gelirler, Şekil 4.3 (b) ve (c) . Yaylarda depolanan enerji,

direğinin bir bölümünün açılmasını harekete geçirir. Bunun sonucunda, her açılan bölme, tam bir rijitliğe sahip olur.



Şekil 4.3. FAST direğinin ilkesi [18]

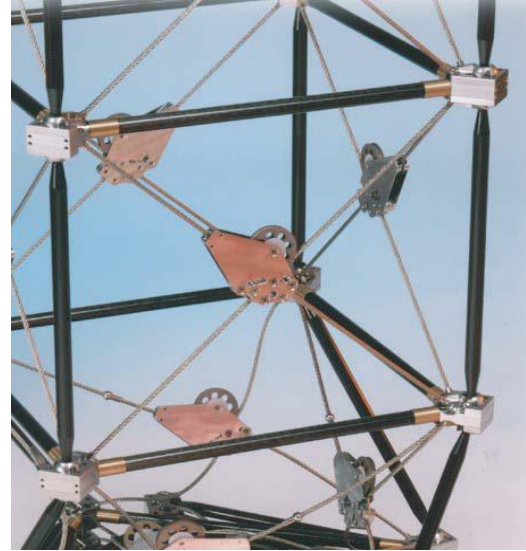


Resim 4.3. ISS için FAST direği [AEC-Able Mühendislik Şirketi]

CM'lara gelince, geri çekilen direk, ve geçiş bölgesi bir kutunun içine yerleştirilmiştir. Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS) 'nda bulunan, kendi güneş enerjisini sağlayan tertibatı, her biri 1,09 m çapında ve 34,75 m uzunluğunda olan sekiz FAST direkleri tarafından desteklenir (Resim 4.3) . Kutu uzunluğu 2,3 m veya, açılmış hali uzunluğunun yaklaşık % 6,6' sıdır [18].



(a)



(b)

Resim 4.4. ADAM açılma aşamaları [AEC-Able Mühendislik şirketi]

Able açılabilen eklemli direk

AEC-Able Mühendislik şirketi, son zamanlarda, çok uzun ve rijit direkler gerektiren uygulamalar için Able Açılabilen Eklemli Direği (ADAM) geliştirmiştir. FAST direğiyle karşılaştırıldığında, ADAM’ da yay kullanılmamakta ve bölmelerin her bir yüzünde bulunan bir çift çapraz destekleyici kablolar bulunmaktadır (Resim 4.4). Küre şeklinde olan menteşeler uzunlamasına uzanan elemanların uçlarında yerleştirilmiştir ve rijid yanal kare, açılma sırasında yaklaşık 90 ° döner, Resim 4.4(a). Çapraz kabloların üzerinde bulunan özel mandallar, açılmayı durdururlar ve her bölmenin sert bir hale gelmesini sağlarlar, Resim 4.4 (b). CM’lerde olduğu gibi, açılma işlemi için, bir kutu/somun tekniği kullanılmıştır. Dünya’yı haritalandıran Shuttle Radar Topografi Misyonu (STRM) 60 m uzunluğunda bir ADAM kullanır. Asal işlevi, iki radar antenlerinin ayrılması olan STRM-ADAM’ı, 1,12 m çapındadır ve 87 bölmeden oluşur. Onun istiflenmiş yüksekliği 1,42 m’dir ve kutunun uzunluğu 2,92 m ya da komple direk uzunluğunun % 4,8’idir [18].

4.3. Açılabilen Reflektör Antenler

Açılabilir reflektör antenler hakkında çeşitli incelemeler mevcuttur: Freeland, Roederer ve Rahmat-Samii, Rogers ve arkadaşları, Mikulas ve Thomson , Pellegrino, ve Hachkowski ve Patterson [18]. Freeland ve Mikulas ve Thomson tarafından yapılan incelemeler, yalnızca ABD’de geliştirilen konseptleri kapsarlar, Roederer ve Rahmat-Samii’ninkileryse Avrupa’da geliştirilen konseptleri de kapsarlar. Pellegrino ABD, Avrupa ve Japonya’dan gelen ve geri çekilebilir niteliği üzerinde duran konseptlere odaklanmışlardır.

Hachkowski ve Peterson tarafından yapılan en son inceleme, antenlerin hassasiyetiyle ilgilidir ve yalnızca reflektörlerden oluşmayan, 50 yapıyı kapsar.

Esas olarak, üç farklı türde açılabilen anten vardır:

- Ağ antenler,
- Katı yüzey antenler ve
- Şişme antenler.

Her kategoride, birçok farklı konseptler öne sürülmüştür ancak bunların yalnızca sınırlı bir sayısının uygulanabilir olduğu ve daha az bir sayının uçabilen nitelikte olduğu

kanıtlanmıştır. Aşağıdaki üç bölümde, her kategoriden en önemli konseptler sunulacaktır. Bunların bazıları uçabilmişler ve bazıları yerden hiç kalkamamışlardır.. Sonundaysa, anten konseptleri özetlenecek ve paketleme verimliliği alansal kütle, yüzey hassasiyeti ve doğal frekans açısından karşılaştırılacaktır.

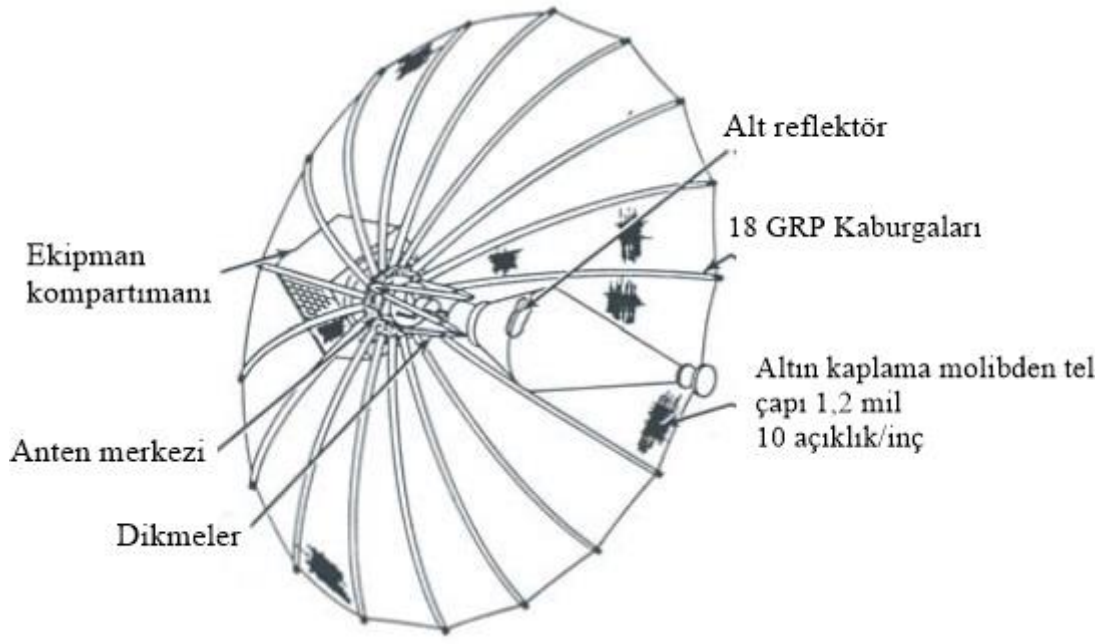
4.3.1. Ağ antenleri

Açılabilen antenlerin en yaygın türü, hafif metalik örgü şekli ağdan oluşan bir yansıtıcı yüzeye sahip olan ağ anten türüdür. Ağın aralıklı olmasına rağmen, yaklaşık 40 GHz' e kadar radyo frekans (RF) dalgaları yansıtılabilir [18]. Açılabilen ağ antenlerinin, ağın desteğinin şekline göre birbirinden farklı olan birçok konfigürasyonları mevcuttur. En yaygın anten tasarımı, bir anten göbeğinden çıkan kavisli kaburgalardan ve kaburgaların arasında asılmış bir ağdan oluşan ters bir şemsiye şeklinde olan tasarımıdır. Şemsiye tipi tasarımlar hala yaygındır, ancak şuanda daha yüksek yüzey hassasiyeti elde edebilen birkaç yeni kavram da geliştirilmektedir. Takip eden bölümde, en önemli açılabilen ağ konuşlandırılabilir ağ anteni kavramı ele alınmıştır.

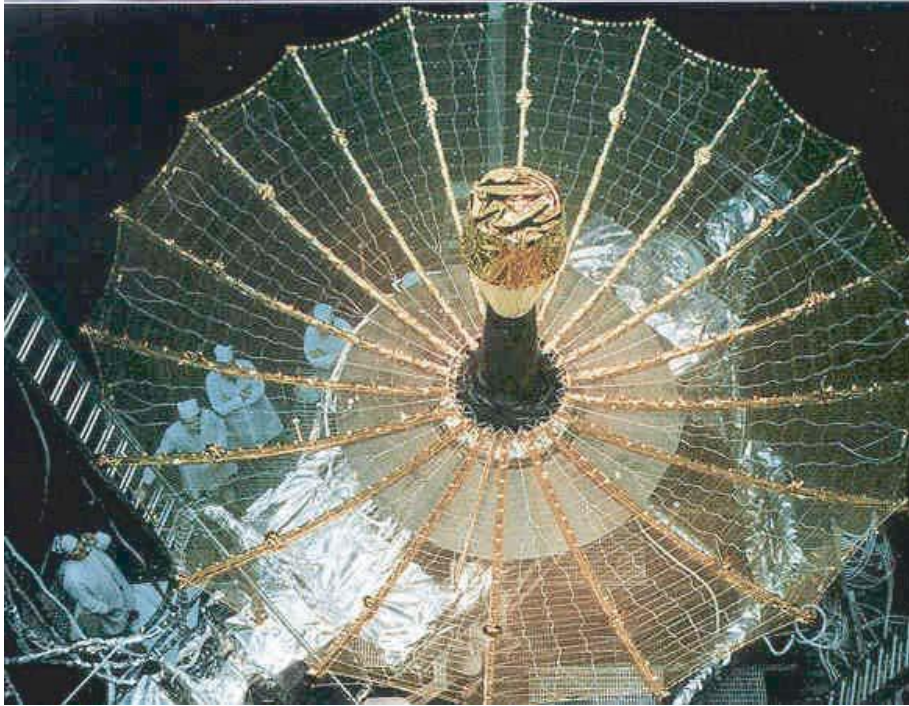
Rijit-kaburga anten :

Rijit-Kaburga Anteni (RRA) Harris şirketi tarafından, NASA İzleme ve Bilgi Aktarma Uydusu¹ (TDRS) ve Jüpiter'e NASA'nın Galileo misyonu için geliştirmiştir. RRA merkezi bir anten göbeğine bağlı 16 parabolik, tüp şeklinde CFRP kaburgaları ve kaburgalar arasında bir RF yansıtıcı ağı olan bir şemsiye tipi antendir (Resim 4.5 (a)). Kaburgalar yalnızca anten göbeğine menteşelenmişler ve bunlar yalnızca besleme yapıya doğru katlanırlar. Bu yapı, antenin yarıçapı ile yaklaşık aynı seviyede olan bir istiflenmiş yüksekliği verir. TDRS ve Galileo için inşa antenler 5 m çapında ve hemen hemen aynıdır.

¹. Harris tarafından yapılan kaburga antenleri TDRS-A'dan G' ye kullanılmışlar ve sonra, TDRS-H'dan J'ye için geri çekme anteniyle değiştirilmiştir



(a)



(b)

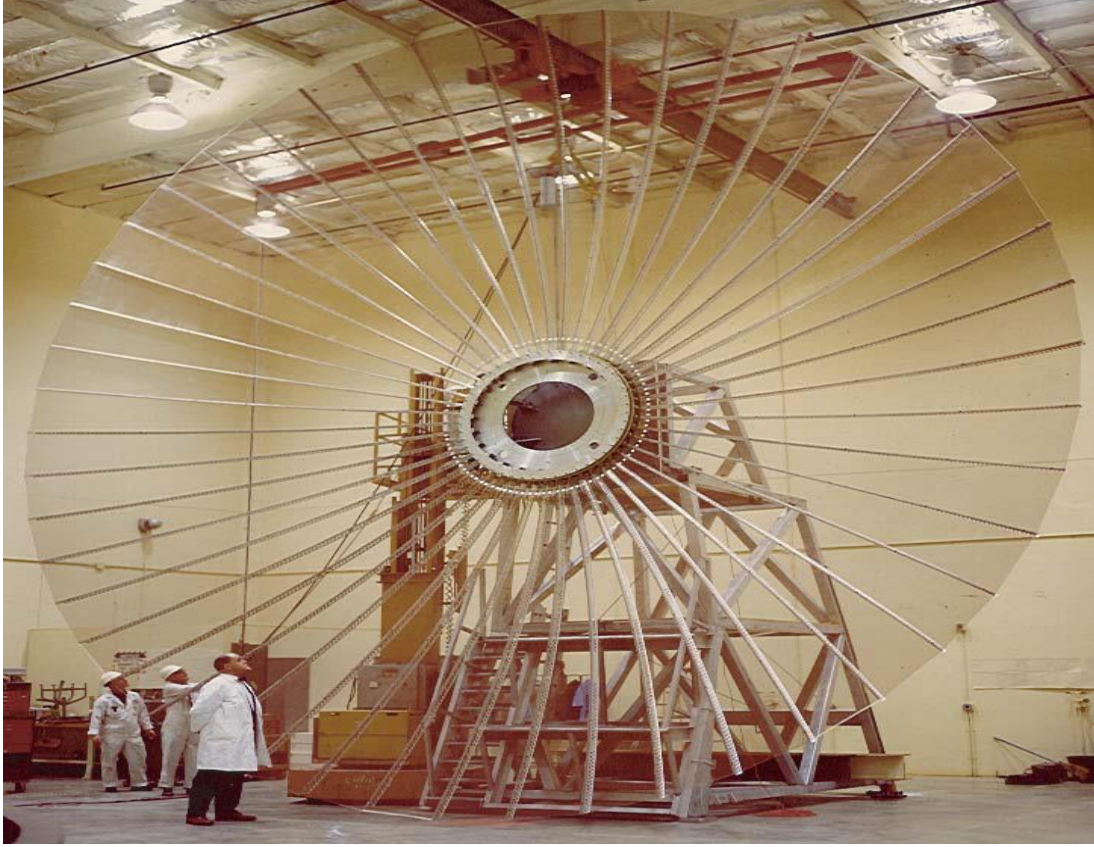
Resim 4.5. Galileo misiyonu için 5 m çapında rijid kaburga anten [Harris]

İstiflenmiş konfigürasyonda, çap ve boy sırasıyla 0,9 ve 2,7 m²'dir . : Kaburga, reflektör yüzeyi, yapıyı katlayan ve açan besleme ve açılma mekanizmaları da dahil olmak üzere, tüm anten yapısı 24 kg ağırlığındadır. 18 Ekim 1989 tarihinde fırlatılan Galileo uzay aracının bordasında bulunan RRA anteni, 11 Nisan 1991 tarihinde beklendiği üzere,

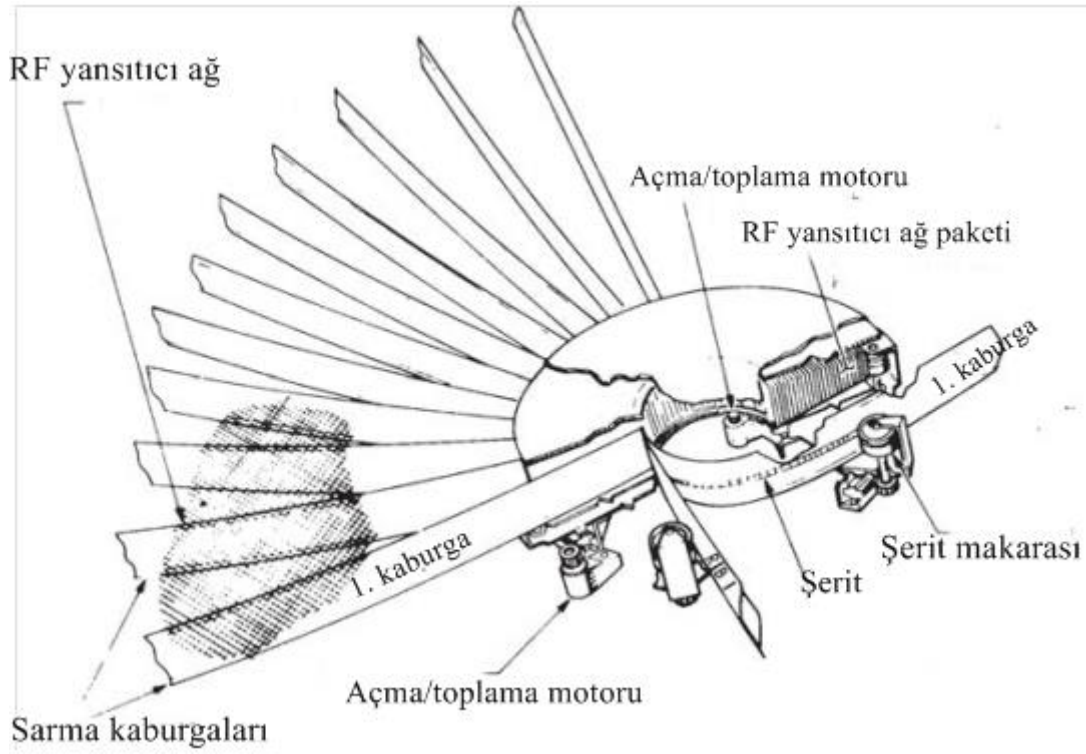
açılmayı başaramadı. Misyonun hedefleri, yükselmesi daha düşük olan ve iletişim bağlantısına çeşitli gelişmeler yapılmış olan bir anten kullanılarak elde edilebildi. Başarısızlığın, kısıtlama pimleri ve onların prizleri arasında meydana gelen çok yüksek sürtünmeden kaynaklandığına inanılıyor.

Sarma-kaburga anten

NASA'nın Jetli Sürüş Laboratuvarı (JPL) ve Lockheed Füze ve Uzay Şirketi tarafından, 1970'lerde Sarma-Kaburga Anteni (WRA) geliştirildi. Bu, merkezi anten göbeğinden, mercekli kesitin parabolik CFRP kaburgalarından ve bir RF yansıtıcı ağıdan oluşan, şemsiye tipi bir konsepttir. İstiflenmiş pozisyonda, kaburgalar dikey menteşe pimleri üzerinde dönerler ve daha sonra anten göbeğinin etrafını teğet sarmalarlar. Kaburgalar, anten göbeğin etrafına yerleştirilen tutucu bir kabloyu keserek açılırlar. Yay yüklü kapılar açılırlar ve kaburgaların içinde depolanan enerji, onların başlangıç konumuna doğru açılmalarına neden olur. Vakum'da bu sekans yaklaşık iki saniye sürer. Açılma mekanizması Resim 4.6 (b)' de gösterilmiştir. Motoru tersine çevirerek, antenin yörüngesinden geri çekilmesi de mümkün olduğu not edilmelidir. 1974 yılında, Uygulamalar Teknoloji Uydusu 6 (ATS-6) ile 9, m çapında olan bir WRA fırlatılmıştır, Resim 4.6 (b). ATS-6 anteni, 0,45 m yüksekliğinde, 2,0 m çapında bir anten göbeğinde istiflenmiş olan 48 kaburgadan oluşmaktaydı. Bütün anten yaklaşık 60 kg ağırlığındaydı [18].



(a) 9.1 m çapında ATS-6 sarma-kaburga anteni [18]



(b) Sarma-kaburga açılma mekanizması.

Resim 4.6. Sarma-kaburga reflektör anten [18]



Resim 4.7. ACeS sistemi için 12 m çapında menteşeli kaburga anten [18]

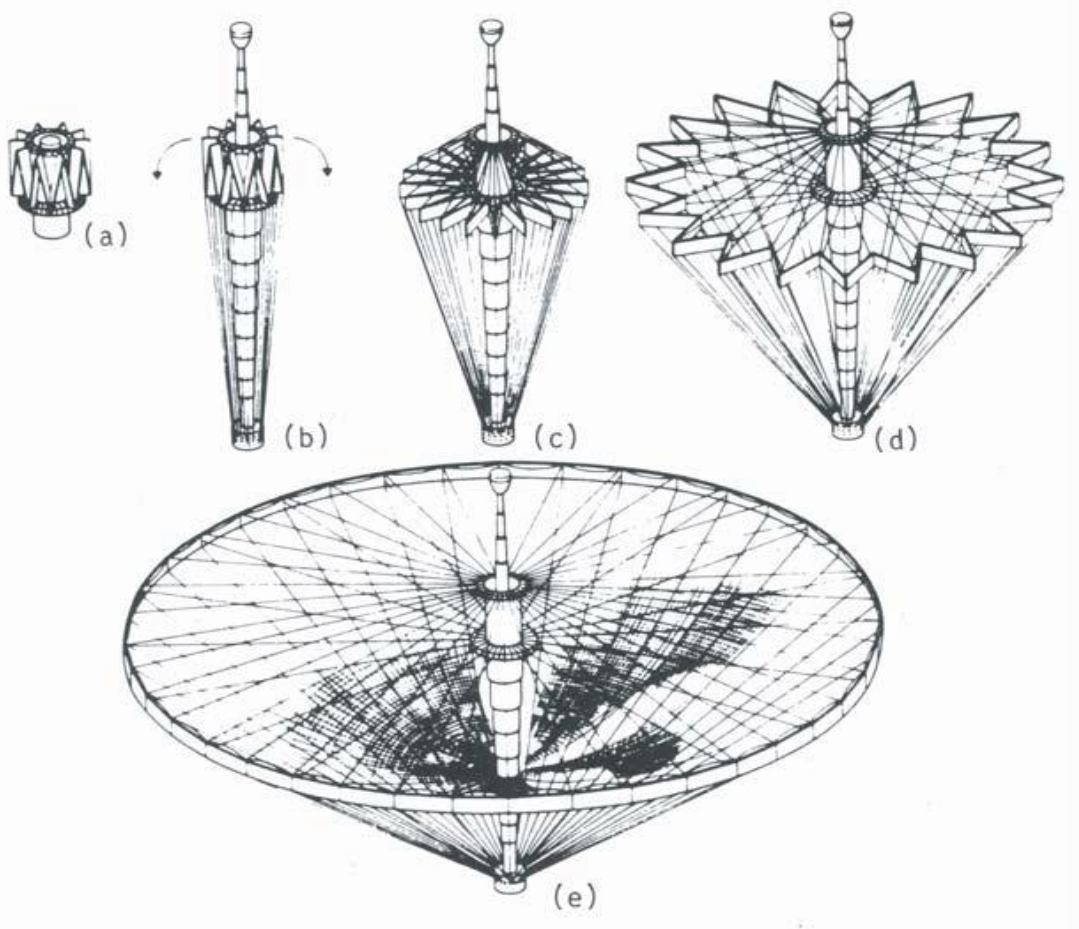
Menteşeli-kaburga anten

Menteşeli-Kaburga Anteni (HRA) Harris Corporation şirketi tarafından Asya Hücresel Uydu: (ACeS) sistemi için geliştirmiştir. Bu kapsamda, kaburgalar kendi uzunlukları boyunca menteşelenmiştir ve bu ayarlama, istifleme paketinin daha küçük bir yüksekliğe sahip olmasına neden olur. Daha küçük bir paket çapı sağlamak amacıyla, kaburgalar düz şekliyledir ve parabolik ağ yüzeyi, kaburga boyunca bulunan açılma elemanları tarafından şekillenir, Resim 4.7. 13 Şubat 2000 tarihinde fırlatılan ACeS Garuda-1 uydunun üzerine, iki adet 12 m çaplı HRA monte edilmiştir. Her antenin istiflenmiş çapı ve yüksekliği sırasıyla 0,86 ve 4,5 m' dir. Antenin ve bomun toplam ağırlığı 127 kg' dır. Harris şu anda HRA'nın geliştirilmiş bir versiyonu üzerinde çalışmaktadır. Bu versiyonun adı Gelişmiş Katlama Kaburga Anteni (AFRA)' dır ve ACeS HRA'nın çapıyla aynı çaptadır ancak, daha düşük kütle ve daha küçük istiflenme çapı ve yüksekliğe sahiptir [18].

Çember / sütun anten

Çember / Sütun Anteni (HCA), 1980'li yılları civarında, NASA Langley Araştırma Merkezi (LaRC) ve Harris Corporation şirketi tarafından, büyük bir uzay anteninin fizibilitesini gösterebilmek amacıyla geliştirmiştir. Bu antenin konsepti, basit bir gerilim ve basıncı önceden yüklenmiş bir yapıdan ibarettir. Basınç elemanları bir merkezi sütun ve büyük-çaplı bir çemberden oluşurlar ve ağ kablosundaki ön-gerilimi sağlarlar. Yapısal

katkılara ek olarak, ağ kablosu, RF yansıtıcı ağ yüzeyini destekler ve şekillendirir [18]. Anten üç temel adımda açılır: sütun üst ve alt olmak üzere her iki taraftan aynı anda açılır, Şekil 4.4 (a) ve (b); çember 24 eklemleri arasında sekiz eklemden monte edilen motorlar aracılığıyla açılır, Şekil 4.4 (c)-(e). Son olarak, sütunun alt kısmında, tüm kabloları ve ağı ön-gerilen, dışa uzanan, önceden yüklü bir segment de çıkar. 9,5 yüksekliğe sahip, 15 m çapında bir HCA, inşa edilmiş ve yerde test edilmiştir. İstiflenmiş konfigürasyonda, anten yüksekliği 2,7 m ve çapı 0,9 m bir silindir içinde sığdırılır.



Şekil 4.4. Çember /sütun antenin açılma aşamaları [18]

Antenin iskeletinin toplam ağırlığı yalnızca 291 kg, araçlar ve besleme dahil toplam ağırlığı 410 kg'dır [18].

EGS anten

Enerji-GPI-Uydu(EGS) Rus-Gürcü şirketi tarafından, çap aralığı 5-25 m olan, açılabilen reflektör antenlerine ilişkin yeni bir konsept geliştirdi. EGS anteni, dairesel bir pantograf

halkası ve merkezi bir anten göbeğine bağlanan radyal gerilmiş membran kaburgalardan oluşur. 5,6 m ile 6,4 m boyutları olan bir elips reflektör anten, Rus yörünge istasyonu MIR üzerinde bulunan boşlukta/uzayda test edilmiştir Resim 4.8. Antenin istiflenmiş çapı ve yüksekliği sırasıyla 0,6 ve 1,0 m'dir. Mekanik ve elektrik sistemleri de dahil olmak üzere, anten ağırlığı, 35 kg'dır. Ayrıca 13,5 m çapında olan bir anten daha inşa edilmiş, ancak yalnızca yer üzerinde test edilmiştir [18].

Geri- çekme yaylı anten

Hughes Uzay ve İletişim Şirketi¹ tarafından hareketli bağlantıları içermeyen, farklı bir anten kavramı geliştirilmiştir. Geri-çekme yaylı anten (SBA), ince grafit örgü çanağı, ayrılmaz bir kaburga kafesi ve kenar boyunca uzanan bir sağlamlaştırma çemberinden oluşur. Anten tıpkı bir midye kabuğu gibi elastik biçimde katlanabilir



Resim 4.8. A 5,6 çaplı bir EGS antenin uzayda görüntüsü. MIR yörünge istasyonundan 28 Temmuz 1999 tarihinde alınan fotoğraf [Enerji – GPI-Uzay Şirketi' nin izniyle]

ve kenar boyunca uzanan bağ kablolarla, bu şekilde yapılandırılmıştır, Resim 4.9. Bu antenin istiflenmiş hacmi diğer antenlere kıyasla oldukça büyüktür ve istiflenmiş yüksekliği, reflektör çapıyla neredeyse aynıdır. Yörüngede, reflektör, depoladıkları elastik gerilim enerjisini salan bağ kabloları keserek açılır.

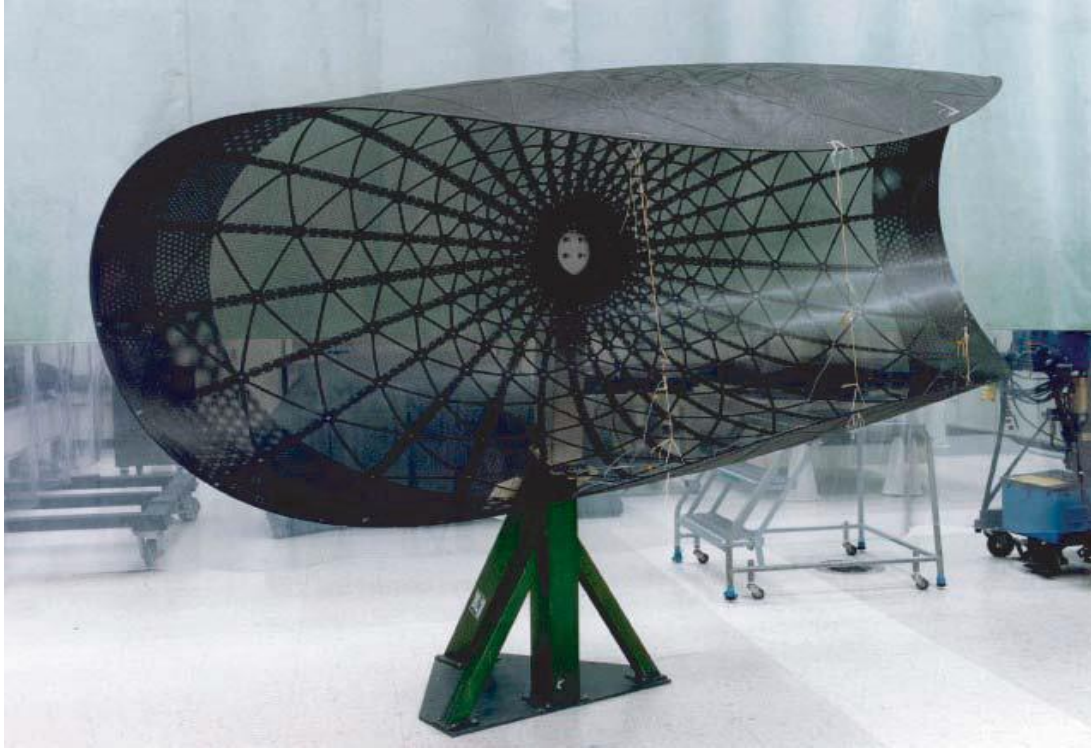
¹Şu anda Boeing Uydu Sistemleri şirketi

20 Nisan 1996 tarihinde fırlatılan MSAT-1 uydusu, SBA kullanan ilk uzay aracıdır. Her iki SBA'ların çapı 6,8 m ve 5,25 m ve ağırlığı 20 kg'dır. İstiflenmiş konfigürasyonda, iki SBA'lar, uzay aracının üstünde bulunan 4,9 m yüksekliğinde, kesilmiş bir konide birlikte haddelenmiştir. Koninin alt ve üst çapları sırasıyla 1,5 ve 3,0 m'dir. Daha yeni bir uygulama olan NASA'nın yeni nesil TDRS'da, 5 m çapında olan RRAs'lar 4,6 m çapında olan SBA'larla değiştirilmiştir [18].

Gerilme kafes anteni

Gerilme kafes konsepti, yüksek hassasiyetli, büyük, açılabilen reflektörler için olan talepleri karşılamak amacıyla, 1986 yılında Miura tarafından geliştirilmiştir [18]. Bu konseptte, reflektör, şemsiye tipi reflektörlerde olan dilimlerin yerine, üçgen yüzlere ayrılmıştır. Kase şeklindeki yüzeyleri, çokgenlerle yaklaştırma fikri yeni değildi, örneğin jeodezik kubbe, ve uzay anten uygulamalarında önceden uygulanmıştır. Ancak, gerilme kafes konseptinin yenilikçi unsuru, kenarlarda esnek elemanların kullanılması ve böylece tüm tertibatın kolayca katlanabileceğidir.

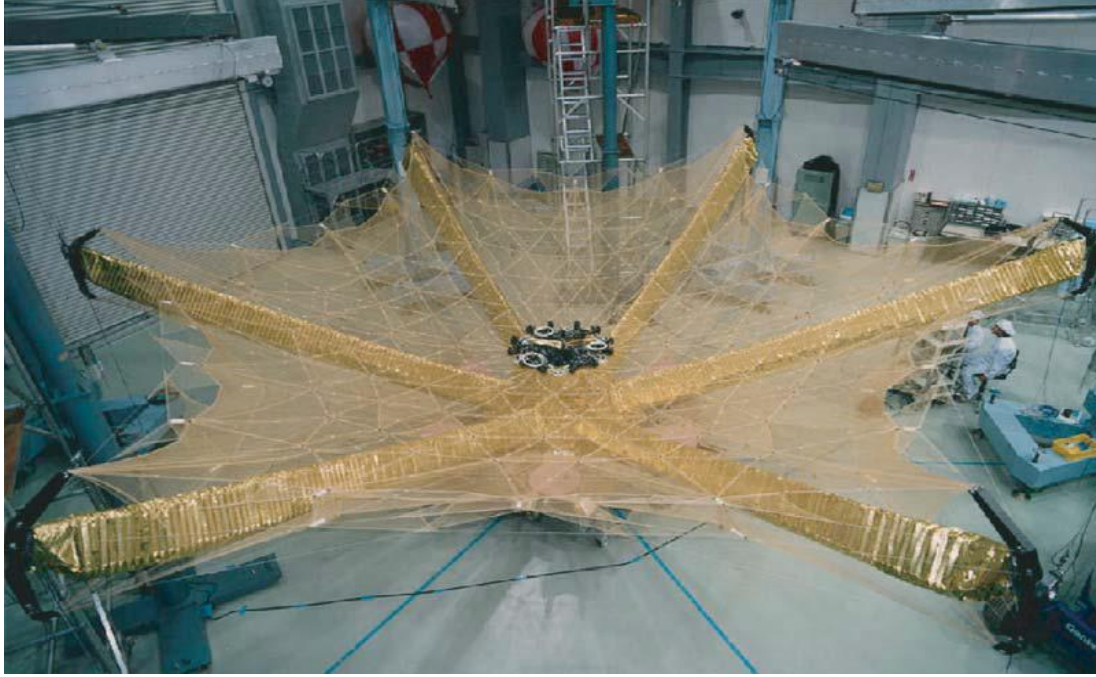
Üçgen ağın ön-gerilmesi için, düzlem dışı kuvvetler (örneğin yaylar) kullanılacaktır. Şemsiye-türleriyle kıyasla, gerilme kafes anteninin önemli bir avantajı, (örneğin desteklerin sayısını arttırmadan, üçgenlerin boyutunu azaltarak) yüzey hassasiyetinin arttırılabileceğidir. Üçgen ön-gerilmeli ağ, yansıtıcı ağ için destek işlevi görür. Japonya'da, gerilme kafes konsepti kullanılarak iki farklı türde anten geliştirilmiştir. Bunlar arasında temel fark, üçgen ağ için kullanılan destekleyici yapıdır. Uzay ve Uzay Bilimleri enstitüsü (ISAS) tarafından, efektif açılışı 8 m çapında olan bir reflektör geliştirilmiş ve İletişim ve Astronomi Yüksek Düzeyde Gelişmiş Laboratuvarında (HALCA) uçuşulmuştur, Resim 4.10.



Resim 4.9. Katlanmış geri- çekme yaylı anten [Hughes Uzay ve İletişim Şirketi] [18]

170 Ana verilere göre, gerginlik kafesi altı kafes direklerden açılır¹. Antenin maksimum çapı 10 m ve toplam kütlesi 246 kg'dır; ağ ve kabloların kütlesi yaklaşık 11 kg ve altı açılabilen direklerin kütlesi 100 kg'dır [18]. Japonya Ulusal Uzay Geliştirme Kurumu (NASDA) kendi Mühendislik Uydu Testi VIII (ETS-VIII) için başka bir anten geliştirmiştir. ETS-VIII anteni 4,8 m çapında olan altıgen gerilme kafes modülleri olan bir modüler yaklaşıma dayanmaktadır. Bir 14-modül anteni, açılma çapı 13 m, ancak anten boyutu 19,2 x 16,7 m²'dir. İstiflenmiş boyutunun çapı 1 m ve yüksekliği 4 m'dir. Destek bomları ve açılma mekaniği dahil olmak üzere, bir 14-modülü antenin toplam ağırlığı yaklaşık kg'dır [18].

¹ K. Miura'ya göre [18], CM'lerin kullanılması, yüksek basınç kuvvetleri nedeniyle mümkün değildir.

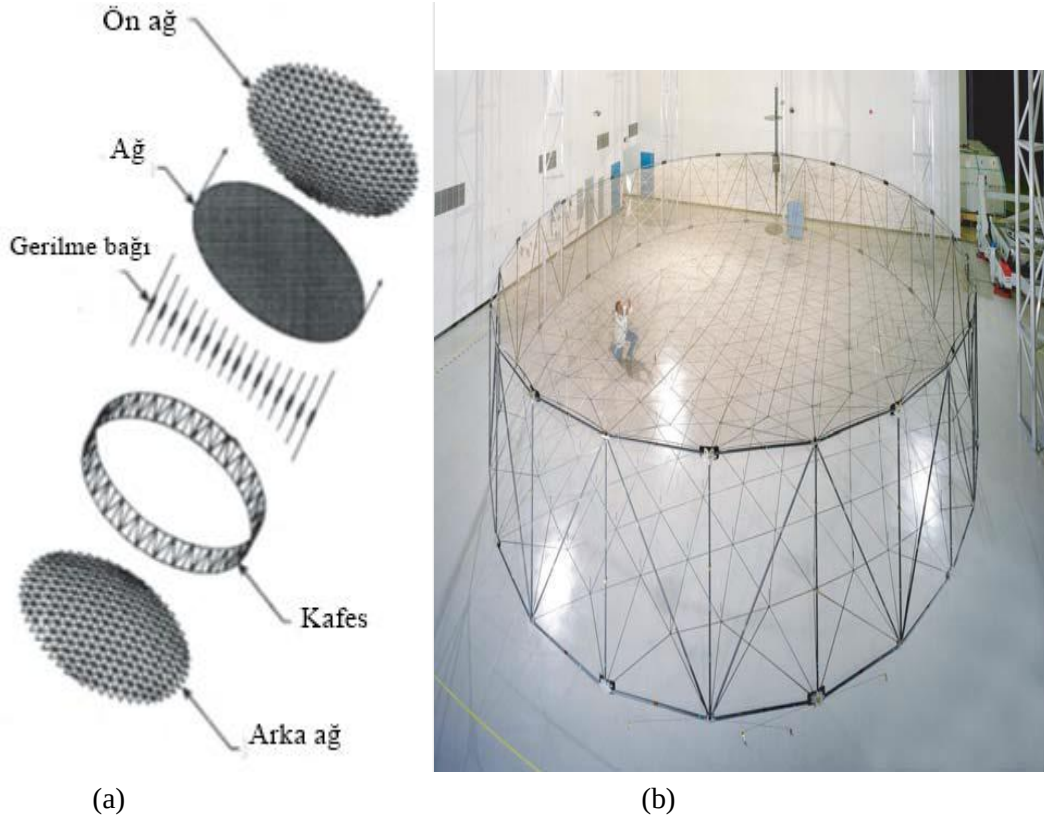


Resim 4.10. HALCA için bir gerilme-kafes anteni [ISAS] [18]

AstroMesh anten

1990 yılında, Astro Havacılık Şirketi¹ şu anda açılabilen reflektör antenleri bakımından teknolojinin en gelişmiş hali olarak bilinen - AstroMesh antenini geliştirmeye başlamıştır. AstroMesh gerilme-kafes kavramına dayanmaktadır ve bileşenleri Resim 4.11 (a) 'da gösterilmiştir. İki özdeş parabolit üçgen ağ, açılabilir bir halka kafesine bağlıdır. Bu tertibat iki ağın yansıtma düğümlerine bağlı olan gerilme bağları tarafından ön-gerilmiştir. RF yansıtıcı ağ, ön ağın arka kısmına eklenir. Anten, halka kafesinin teleskopik diyagonal elemanlarının aralarına sürekli geçen bir kabloyu kısaltarak açılır. Çalıştırma senkronizasyonu, Resim 4.11 (c)'de açıkça görüldüğü üzere, yalnızca üç elemanın birleştiği [18] kafes bağlantılarında bulunan özel eklemler sayesinde elde edilir. AstroMesh'in en son uygulaması 5 Aralık 2000 tarihinde fırlatılan telekomünikasyon uydusu Thuraya'nın bordasında yerleştirilmiştir. Resim 4.11 (b) ve (c) 'de gösterilen bu antenin çapı 12.25 m ve ağırlığı 55 kg' dır. İstiflenmiş konfigürasyonda, çapı ve yüksekliği sırasıyla 1,3 ve 3,8 m 'dır [18].

¹ Şu anda TRW Astro Havacılık.

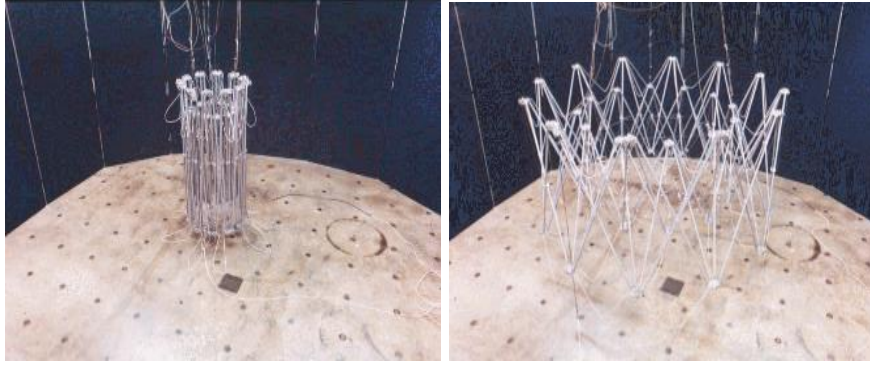


Resim 4.11. AstroMesh açılabilir reflektör anten: (a) konsepti, (b) ve (c) Thuraya için 12,25 m çapında reflektör [M.W. Thomson ve TRW Astro Havacılık]

Kablo-sertleşmeli pantografik anten

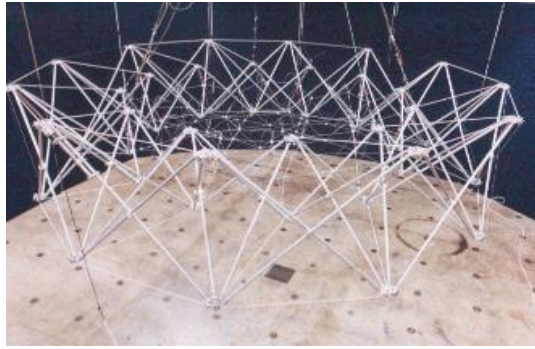
Kablo-Sertleşmeli Pantografik Açılabilen Anteni (CSPDA) DSL tarafından geliştirildi. Açılabilen halka yapısı, makaslı eklemler tarafından bağlanmış olan, üç farklı çubuk çiftinden oluşur. Çubuk çiftleri, katlanabilen dairesel bir pantografik yapı oluşturmak üzere, kendi uç noktalarında bağlıdırlar. Başarılı bir katlamanın en önemli hususlarından

biri, makasın ve bitiş eklemlerin doğru konumlandırma ve üretilme hususudur. 3,5 m çapında olan bir modelin, on iki yanları var ve 48 pantograf elemanlardan oluşmaktadır, Resim 4.12. Halka yapıya, RF yansıtıcı ağı destekleyen, bir çift katman kablo ağı eklenilmiştir.



(a)

(b)



(c)

Resim 4.12. Kablo-Sertleşmeli pantografik açılabilen antenin 3,5 m çapında olan modelinin açılma aşamaları [Z. You ve S. Pellegrino]

Ağın düzeni, toplam yapısı izostatik veya statikçe sadece küçük bir derecede belirsiz olacak şekilde seçilmiştir. AstroMesh'te olduğu gibi, halka yapısının açılması için aktif bir kablo kullanılır. İstiflenmiş konfigürasyonda, çapı ve yüksekliği sırasıyla 0,6 ve 1,2 m'dir [18].

4.3.2. Katı yüzey antenler

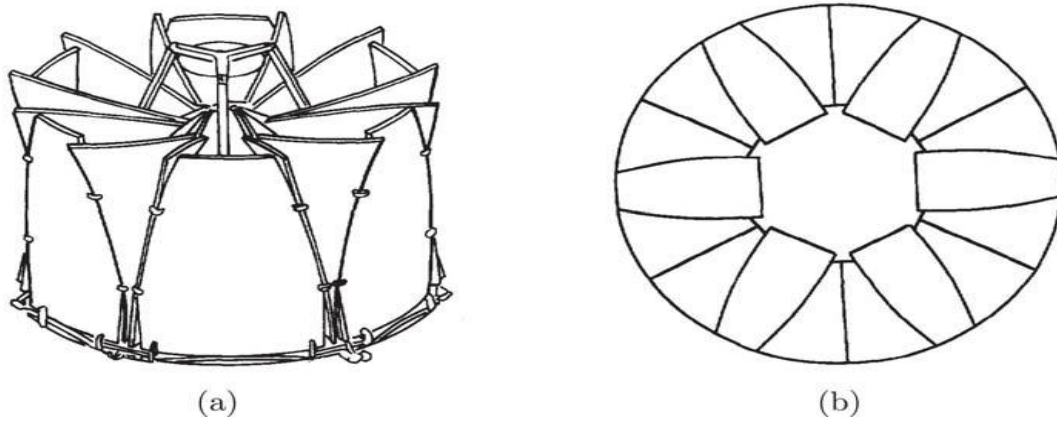
Yaklaşık 40 GHz üzerinde olan frekanslarda çalışan anten uygulamalarında, yüksek yüzey hassasiyeti gerektirir. Onların yansıtıcı yüzeyi için genellikle katı malzeme seçilir [18]. Katı yüzey açılabilen reflektör konseptlerinin çoğu, merkezi anten göbeği, rijid kavisli panelleri ve genellikle radyal yaprakları gibi düzenlenmiş alüminyum petek çekirdeği

üzerinde yerleştirilen CFRP yüz saclardan oluşurlar. Konseptler yaprakların katlandığı tarza göre değişirler [18]. Mekanik karmaşıklığı ve fırlatma aracının boyut sınırlamaları nedeniyle, açılabilen yüksek hassasiyetli reflektörler, çapı bakımından yaklaşık 10 m ile sınırlıdır [18].

Ayçiçeği

Sert panellerle yapılan ilk konsept TRW tarafından geliştirilen ayçiçeği idi, Şekil 4.5. Bu konsept, paneller arasında yerleştirilen basit döner eklemler kullanılarak katlanılır, ancak boyut olarak büyük bir azalma elde edilmez. 4,9 m çapında inşa edilen bir modelin istiflenmiş çapı ve yüksekliği sırasıyla 2,15 ve 1,8 m' dir [18].

15 m çapında olan ayçiçeği'nin genişletilmiş bir versiyonu, çapı 4,4 m ve yüksekliği 6,6 m olan bir silindir içine istiflenmiştir [18]. Ancak, bu versiyon orijinal ayçiçeği versiyonundan, daha karmaşıktır.



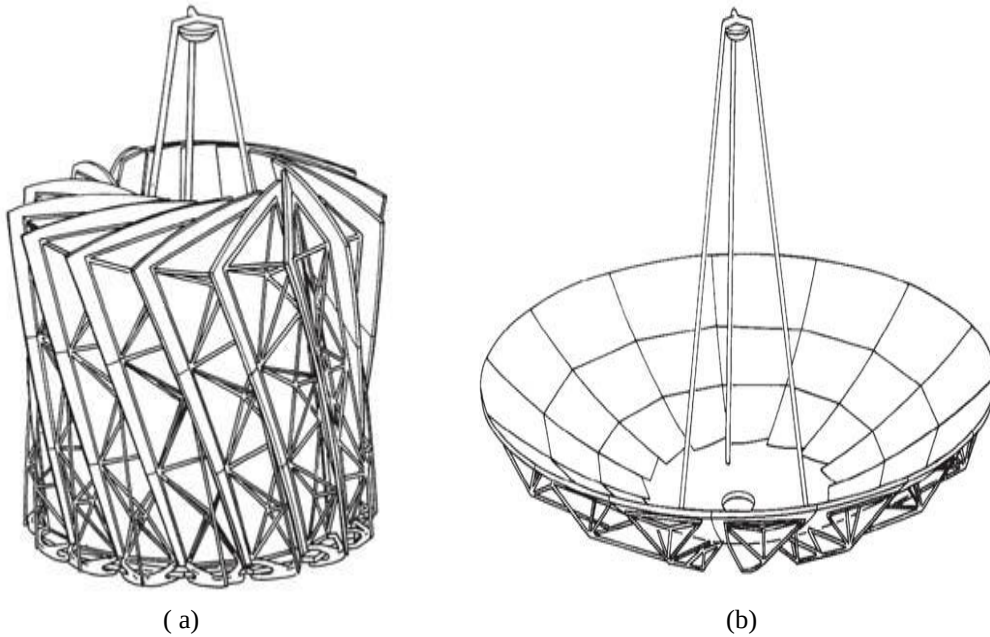
Şekil 4.5. Ayçiçeği anten: (a) katlanmış, (b) açılmış plan görüntüsü [TRW] [18]

DAISY ve MEA

İkinci konseptiye ESA ve Dornier tarafında geliştirilen Açılabilir Anten Entegre Sistemi (DAISY) 'dir, Şekil 4.6. Burada her panel, döner bir eklemlerle merkezi göbeğe bağlıdır. Bu ayarlama göbeğin iç içe geçerek, panellerin katlanmasını sağlar. Menteşe konumu ve yönü, iyi bir paketlemeye ulaşmak ve açılma sırasında paneller arasında oluşabilecek parazitleri

engellemek için, geniş kapsamda yapılan açılma simülasyonları tarafından belirlenir. Şekil 4.6 'da görüldüğü üzere, her panelin arka kısmında bulunan kafes yapısı, daha iyi bir yüzey hassasiyeti elde edilmesi için ek sağlamlık sağlar. 8 m çapında olan bir mühendislik modeli inşa edilmiştir ve onun istiflenmiş çapı ve yüksekliği sırasıyla 2,9 ve 4,1 m 'dir [18].

Yine Dornier ve ESA tarafından geliştirilen bir üçüncü konsept de, MEA 'dır. Katlama konfigürasyon göbeği önüne iç içe geçen panelleri olan DAISY ile benzerdir. Her panel, iki eksenin etrafında dönmesini sağlayan bir eklemlerle anten göbeğine ve küre eklemleri olan çubuklarla, komşu panellere bağlanır. Panelden-panele bağlantı çubukları, iki eksenli eklemler tarafından sunular yükseltilmiş kinematik serbestliğini telafi ederler ve panellerin hareketini senkronize ederler. Katlama sırasında, paneller anten göbeğine doğru katlanırlar ve aynı zamanda bükülürler. 4,7 m çapında olan bir MEA modelinin istiflenmiş çapı ve yüksekliği, sırasıyla 1,7 ve 2,4 m'dir [18] .



Şekil 4.6. DAISY anten: (a) katlanmış, (b) açılmış [Dornier GmbH]

Katı yüzey açılabilen anten

Dördüncü konsept ise , DSL tarafından geliştirilen ve diğerlerinden oldukça farklı olan Katı Yüzey Açılabilen Antenidir (SSDA) (Bkz. Şekil 3.56). Bu konseptte radyal yaprakların yerine, yüzey yerine kanatlara bölünür. Devamında, her kanat, döner eklemlerle bağlanan panellerde bölünmüştür. Bu konsept, herhangi sayıda kanat ve paneller üzerine gelişebilir ve kavisli panellerin, birbiriyle iç içe geçmeleri nedeniyle

verimli bir şekilde paketlenirler. Altı kanat ve kanat başına beş paneli olan 1,5 m çapında bir SSDA modelinin istiflenmiş çapı ve yüksekliği sırasıyla 0,56 ve 0,81 m'dir. Tahminler, panellerin sayısını beşten yediye artırarak, istiflenmiş çaplar olarak, 0,36 ve 0,75 m verim elde edileceğini göstermektedir [18].

4.3.3. Şişme antenler

Şişirilebilir bir anten küçük paket boyutu ve potansiyel olarak düşük kitle verecektir. Bu anten, fırlatılmasından önce katlanmış ve sonra şişirme yoluyla açılan ince esnek malzemeden inşa edilmiştir. Reflektör yapısı ön tarafı şeffaf ve arka tarafı yansıtıcı olan, dairesel, parabolit şeklinde bir yastık gibidir. Bu yapı, kenar boyunca bulunan bir şişme simidi tarafından sertleştirilir. Yapı, yüksek sıcaklıkta yavaşça sertleştirilen bir reçineyi membran malzemesine emdirerek, ya da Sim ultraviyole (UV) ışınlarıyla daha katı hale getirilebilir. Şişme antenlerin en büyük dezavantajı, yansıtıcı yüzeyinin şekline ilişkin yüksek bir doğruluğa ulaşılmasının zor olduğudur [18]. Şişme yapılar, basitliklerinden ve hata modlarının az sayıda olmaları nedeniyle, yüksek bir açılma güvenilirliğe sahiptir. Yapıları yer üzerinde test edebilmek için, helyum kullanarak sıfır yerçekimi olan bir ortam simüle edilebilir [18].

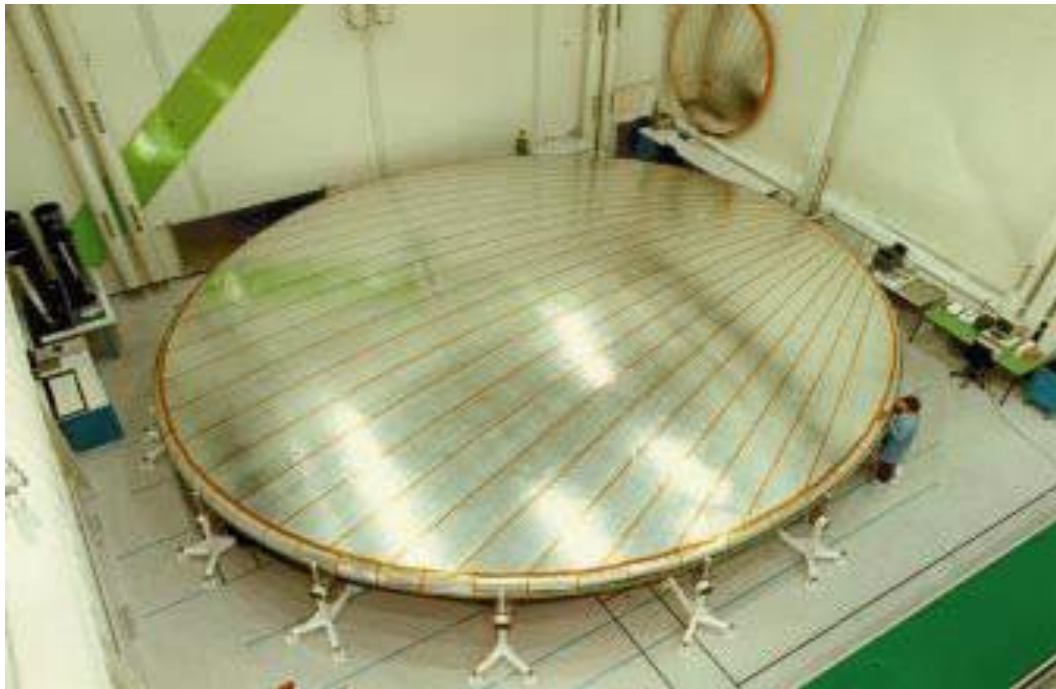
Şişme uzay rijidleştirilmiş reflektörü

ESA ve Contraves şirketi, büyük bir anten [18] gerektiren ortak bir ESA / NASA programı için Şişme Uzay Rijidleştirilmiş Yapı (ISRS) teknolojisi kullanılarak bir anten geliştirdiler. Anten yapısı epoksi tipi reçine emdirilmiş, Kevlar¹ membranlardan yapılmıştır. Yörüngede, şişirme anteni güneşe bakacak şekilde yerleştirilir. Reçine, anten yapısı doğrudan güneş ışığına maruz kaldığında kolayca elde edilebilen 110 ° C bir sıcaklıkta altı saat içinde sertleşir. Sertleşmeden sonra, şişirme gaz [18] atılır/çıkarılır. Anten için, çapları 3,5, 6 ve 12 m olan üç mühendislik modeli, inşa edilmiştir. Resim 4.13'de , son modeli olan 12 m çaplı ofset reflektör gösterilmektedir. Ancak, bununla uçuş testi yapılmamış ve programı iptal edilmiştir[18]. Önceden yapılan bir tasarım çalışması, 20 m çaplı bir reflektörün kütlesinin 134 kg olacağını göstermiştir [18].

Şişme anten deneyi

Büyük antenler için şişme yapı teknolojisinin potansiyelini ortaya koymak için, JPL tarafından Şişme Anten Deneyi (IAE) başlatılmış, Resim 4.14. L'Garde firması ile birlikte onlar, düşük basınçlı bir kanopi yapısı, yüksek basınçlı simit, ve beslemeyi destekleyen üç yüksek basınç çubuğu olan, 14 m çapında bir şişme anten üretmişlerdir. Anten yalnızca kısa bir süre için kullanılacağından dolayı, uzay rijidleştirme malzemesine dikkat edilmemiştir. Kanopiler 6,5 μm Mylar² filmden yapılmıştır, ön kanopi şeffaf bırakılmış, arka kanopi ise yansımayı sağlayabilmek için alüminyumlaştırılmıştır. Simitler ve destek dikmeler 0,3 mm kalınlığında Kevlar'dan yapılmıştır. 2,1 Pa gibi çok düşük bir basınçla düz bir yansıtıcı yüzey elde edilebilir. Simitler ve destek dikmeler her ikisi, 6,9 kPa bir basınca tabi tutulmuşlar. Şişirilebilir yapının toplam ağırlığı 60 kg olmuştur. İstiflenmiş şişme yapının muhafaza kutu konteynırın boyutu 2,0 x 1,1. x 0,46 m³ ' dur.

Açılma işlemi paketin konteynırdan çıkarılmasıyla başlar. Sonra, dikmeler, simitlerden ve en sonunda kanopilerden takip edilerek şişiyorlar. IAE 29 Mayıs 1996 tarihinde fırlatılmış ve böylece şişme hassas yapıların potansiyelinin ilk kanıtını gerçekleştirmiştir [18]. Şu anda, JPL ve L' Garde uzay ve dünya arasındaki, İleri Radyo İnterferometri(ARISE), adlı bir proje üzerinde çalışmaktadır. Bu proje 2,8 Pa basınca tabi tutulan, 25 m çapında bir şişme antenin geliştirmesini kapsamaktadır [18].



Resim 4.13. Şişme uzay rijidleştirilmiş reflektör antenin 12 m çaplı modeli [A. G. Roederer, ESA]



Resim 4.14. 14 m çaplı IAE reflektör antenin uzayda görüntüsü [L' Garde]

¹ Kevlar, E.I. du Pont de Nemours and Company'nin tescilli markasıdır.

² Mylar, E.I. du Pont de Nemours and Company'nin tescilli markasıdır.

5. TÜRKİYEDE GEÇİCİ AFET KORUNAĞI UYGULAMALARI

5.1. GİRİŞ

Türkiye’de deprem: Fay hatlarına bağlı olarak meydana gelen sallanma hareketlerine deprem denilir. Ülkemiz genç oluşumlu bir yapıya sahip olduğu için fay hatları daha canlıdır ve ülkemizde deprem riski yüksektir.

- Kuzey Anadolu Fay Hattı: Marmara bölgesi Saros Körfezi’nden başlayıp İzmit, Adapazarı üzerinden Orta Karadeniz’e de uğrayarak Van Gölü ve Muş Varto’ya kadar uzanan fay hattıdır.
- Doğu Anadolu Fay Hattı: Ülkemizde Hatay’dan giriş yaparak Kahramanmaraş, Malatya, Elazığ üzerinden Van Gölü ve Muş Varto’ya kadar uzanan fay hattıdır.

Fay hatlarının birleştiği yerlerde depremler çok daha kuvvetli olur. Bunun örneği ülkemizde Doğu Anadolu Bölgesi’dir.

- Batı Anadolu Fay Hattı: Ege bölgesinde horst ve grabenleri takip ederek bölgenin iç kesimlerine kadar uzanan birçok kırıklı fay hattı bölgesidir.

Türkiye’de deprem riskinin en az olduğu bölgeler, Ergene havzası, Tuz Gölü, Konya Ovası, Anamur, Doğu Karadeniz kıyısı, Şanlıurfa ve Mardin Şırnak arasındır.

Oluşumlarına göre deprem türleri

- Tektonik Depremler: Fay hatlarına bağlı olarak meydana gelen, Türkiye’de en çok görülen, şiddeti ve hasarı en çok olan deprem türüdür.

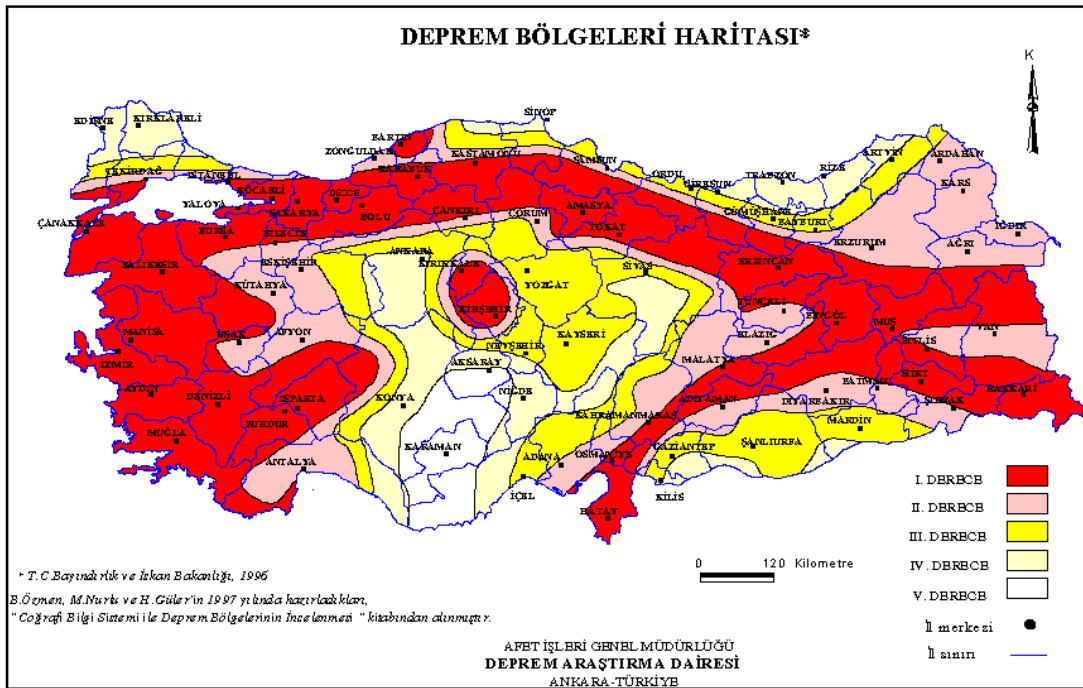
Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı, Batı Anadolu Fay Hattı üzerinde oluşan depremler tektonik depremlerdir.

- Çöküntü Depremleri: Yeraltı boşluklarının çökmesine bağlı olarak oluşan bu depremlerin etki alanı sınırlıdır ve Akdeniz Bölgesi’nde görülür.

Zonguldak'ta meydana gelen maden çökmeleri ya da Konya'da tarım olarak yeraltı suyunun kullanılması sonucu oluşan boşluklara çökme beşeri faktörlerle beraber gerçekleşen çöküntü depremleridir.

- Volkanik Depremler: Volkanik patlamalarla oluşan depremlerdir. Etki alanı sınırlıdır.

Türkiye'de aktif yanardağ bulunmadığı için volkanik depremlerin ülkemizde oluşması söz konusu değildir.



Harita 5.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası

5.2. Türkiye' de Yaşanan Büyük Deprem Felaketleri

Deprem kuşağında yer alan Türkiye'de 1903'ten bu yana 51 kişinin yaşamını yitirdiği Elazığ depremiyle birlikte 26 büyük deprem felaketi yaşandı. Bu depremlerde yaklaşık 80 bin kişi de hayatını kaybetti.

Türkiye'de 1903'ten bu yana yaşanan deprem kronolojisi şöyle:

28 Nisan 1903: Malazgirt: Sismik aletlerle ölçülen ilk depremlerden biri olan bu depremde 2 bin 626 kişi yaşamını yitirdi. Deprem büyüklüğü 6,7 olarak belirlendi.

9 Ağustos 1912: Mürefte: Büyüklüğü 7,3 olan bu depremde 216 kişi yaşamını yitirdi, 466 kişi de yaralandı.

6 Mayıs 1930: Hakkâri: Hakkâri'nin sınır bölgesinde gerçekleşen bu depremde 2 bin 514 kişi öldü. Deprem büyüklüğü 7,2'ydi.

26 Aralık 1939: Erzincan: Türkiye'nin bu yüzyılda yaşadığı en şiddetli deprem olan Erzincan depremi hâlâ hafızalarda. Kışın en şiddetli günlerinde Erzincan halkını vuran bu felakette açıklanan ölü sayısı 32 bin 962. 7,9 büyüklüğündeki bu depremin ardından yurt çapında yas ilan edilmişti. Yardım konvoyları, soğukla da mücadele eden depremzedelere ancak iki gün sonra ulaşabildi. İlk kez depreme karşı önlemler tartışıldı; gazetelerde depremle nasıl yaşanması gerektiği yazıldı.

20 Aralık 1942: Niksar/Erbaa: Büyüklüğü 7,0 olan bu depremde 3 bine yakın insan ölmüş, yaklaşık 6 bin 300 kişi de yaralanmıştı.

26 Aralık 1943: Tosya/Ladik: 2 bin 824 kişinin yaşamına mal olan bu depremin büyüklüğü 7,2 olarak ölçülmüştü.

1 Şubat 1944: Bolu/Gerede: 7,2 büyüklüğündeki depremde 3 bin 959 kişi öldü, çok sayıda insan evsiz kaldı.

31 Mayıs 1946: Varto/Hınıs: Yazın başlangıcında yaşanan bu depremde 839 kişi yaşamını yitirdi, 349 kişi yaralandı.

19 Ağustos 1966: Varto: Varto'nun karşılaştığı bu en şiddetli depremde 2 bin 394 kişi öldü bin 489 kişi yaralandı. Derinliği 26 km olan bu depremin büyüklüğü Richter ölçeğine göre 6,9'du. Varto'da bir önceki yıl yaşanan ve 4,0 büyüklüğünde olduğu hesaplanan bu depremde de 12 kişi yaşamını yitirmişti.

28 Mart 1970: Gediz: Gediz'de meydana gelen 7,2 büyüklüğündeki depremin ortaya koyduğu felaket tablosu: bin 86 ölü, bin 260 yaralı.

6 Eylül 1975: Lice: Bin 385 kişinin öldüğü 3 bin 339 kişinin yaralandığı depremin büyüklüğü Richter ölçeğine göre 6,9.

24 Aralık 1976: Çaldıran/Muradiye: Yaşanan en büyük depremlerden biri olan bu depremin büyüklüğü 7,2 olarak ölçüldü. Can kaybı 3 bin 840'tı. 497 kişi yaralandı, birçok kişi evsiz kaldı.

30 Kasım 1983: Erzurum/Kars: 6,8 büyüklüğündeki deprem, büyük hasara ve can kaybına yol açtı. Depremde bin 155 kişi öldü, bin 142 kişi yaralandı.

13 Mart 1992: Erzincan: Erzincanla birlikte Tunceli'yi de vuran bu deprem, 6,8 büyüklüğündeydi. Depremde 653 kişi yaşamını yitirdi. Yaralı sayısıysa 3 bin 850 olarak belirlendi.

1 Kasım 1995: Dinar: 5,9 büyüklüğündeki depremde ölü sayısı 94.

27 Haziran 1998: Ceyhan: 6,3 büyüklüğündeki deprem başta Ceyhan olmak üzere bütün Adana'yı etkiledi. 84 kişinin hayatını yitirdiği depremde 310 kişi yaralandı, yüzlerce ev hasar gördü.

17 Ağustos 1999: Kocaeli: Türkiye'nin yaşadığı en büyük felaketlerden biri de Kocaeli'nde yaşanan 7.4 büyüklüğündeki deprem oldu. 1939 Erzincan depreminin ardından yaşanan bu en büyük depremde, 17 bin 127 kişi hayatını kaybetti, 43 bin 953 kişi de yaralandı.

1999 - Bolu Düzce: 7.2 büyüklüğündeki depremde, 845 kişi öldü, 4 bin 948 kişi de yaralı olarak kurtuldu.

2000 - Çankırı: Yeni yüzyılın ilk depremi 6.1 büyüklüğünde gerçekleşti. 2 kişinin hayatını kaybettiği depremde, bin 766 kişi de yaralandı.

2000 - Afyon: 5.8 büyüklüğündeki depremde 6 kişi öldü, 547 kişi de yaralandı.

2003 - *Tunceli*: Deprem 6.2 şiddetinde gerçekleşti, bir kişi hayatını kaybetti, 7 kişi de yaralandı.

2003 - *Bingöl*: 6,4 büyüklüğündeki depremde ölü sayısı 176, yaralı sayısı 520.

2004 - *Erzurum*: 5,1 büyüklüğündeki depremde ölü sayısı 9, yaralı sayısı 20.

2004 - *Ağrı*: 5,1 büyüklüğündeki depremde ölü sayısı 18, yaralı sayısı 32.

2005 - *Hakkari*: 5,5 büyüklüğündeki depremde ölü sayısı 2, yaralı sayısı 5.

2010 – *Elağz*: depremi 51 ölü, 74 yaralı, şiddeti 6.0

23 Ekim 2011 günü meydana gelen Van-Erciş merkezli deprem ve 9 Kasım 2011 günü yaşanan Van-Edremit merkezli deprem; Van ve ilçelerinde çok kuvvetli bir şekilde hissedilmiş olup, bölgenin yapı stoğu nedeniyle yıkıcı hasar yaratmış ve çok sayıda can kaybına yol açmıştır. 23 Ekim ve 9 Kasım 2011 depremlerinde toplam 644 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 1.966 vatandaşımız yaralanmış, 252 vatandaşımız ise enkazlardan sağ olarak kurtarılmıştır.

5.3. Afet Sonrası Barınma

Doğanın etkilerinden korunmak için kapalı bir yere sığınmak olarak tanımlanan barınma eylemi, tarihin ilk dönemlerinde insan tarafından mağara, ağaç kovuğu gibi doğal oluşumlar kullanılarak gerçekleştirilirken, insanoğlu zamanla değişen yaşam koşullarına uyacak şekilde barınma mekanı olan konutunu kendisi inşa etmeye başlamıştır. Konut, yalnızca üstü örtülü dört duvardan oluşan bir yapı değil, aynı zamanda insanın her türlü yaşam kolaylıklarından, kentsel altyapıdan yararlanabilmesini, bireysel ve ailesel mahremiyetini koruyabileceği sağlıklı, rahat, mutlu bir şekilde sürdürülebilir, yaşanabilir güzel ve temiz bir çevrede, insan onuruna yakışır bir biçimde yaşamasını sağlamakla ilgili toplumsal işlevler yüklenmiş bir ortamdır. Tarih boyunca toplum ve aile yapısına bağlı olarak farklılıklar gösteren konutun her toplumda özel bir yeri bulunmaktadır. Bir barınma

mekanı, ne şekilde yapılırsa yapılsın kullanıcıların fiziksel ve ruhsal sağılığını korumalıdır. Barınma mekanı, bireyin ve toplumun günlük yaşamını ierdiğıinden, konut planlamasında yön verici temel unsur, içinde yaşayan ailenin yapısı ve konut içinde gerçekleşecek hayatın biçimi olmaktadır. Barınma mekanının yapıldığı dönem, coğrafiya, toplum koşulları ne olursa olsun, kullanıcısıyla bunları inşa eden ya da tasarlayan kişiler arasında bir ilişki sağlanmalıdır [Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005].

Türkiye sık sık deprem gibi doğal felaketlerin yaşandığı bir ülkedir. Dolayısıyla afetler sonrasında ne kadar çabuk organize olunursa can ve mal kaybı azalmakta ve yaralar daha hızlı sarılmaktadır. Doğal afetler sonrası ortaya çıkan barınma ihtiyaı AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) tarafından sağlanmaktadır. Türkiye’ de afet sonrası acil barınma ihtiyaı Kızılay çadırları ve Mevlana Evleri denilen prefabrik evlerle sağlanmaktadır. Türkiye en son 2011 yılında can ve mal kaybıyla sonuçlanan Van Depremi’ni yaşamıştır. Bu deprem sonrası barınma ihtiyaı çadır ve Mevlana evleriyle karşılanmıştır.

Mevlana evleri

Mevsim koşullarına dayanıklı Mevlana Evleri kısa sürede, kolayca monte edilebiliyor. Donanımlı olarak, depremzede ailelere teslim edilen prefabrik yapılar, afetzedelerin orta vadeli yerleşimine olanak sağlıyor.

Afetzedelerin orta vadeli (6 ay - 5 yıl) yerleşimlerinde kullanmaları için hazırlanan Mevlana Evleri, doğa koşullarından etkilenmeyen, %100 dönüşümlü, doğa dostu pet sandviç panelden üretilmektedir. Bir Mevlana Evi 4 kişi tarafından 4 dakika içerisinde kurulabiliyor.

Afet alanına demonte olarak nakledilen malzeme geçme montaj sistemine sahiptir. Cıvata ve somun kullanılmaksızın evlerin montajı gerçekleştirilmektedir. 400 kilogram ağırlığında ve 10,5 metrekare yaşam alanına sahiptir. İçerisinde 4 kişilik bir ailenin yaşayabilmesini sağlamak üzere iki adet ranza bulunmaktadır. Özel olarak tasarlanan bu ranzalar istenildiğinde koltuk şeklini de alabiliyor.

Mevlana Evleri, dış cephe kaplamasının yanı sıra çift cam özelliği ile çelik afet evleri dışarıdaki ısı değişimlerinden çok fazla etkilenmediği gibi içerisindeki ısıyı da koruyarak 4 mevsim kullanılabilir. Elektrik sistemi monte edilen Mevlana Evleri, özel ayarlanabilir taban sistemi ile zemin bozukluklarından etkilenmiyor.

Toplam ağırlık: Maksimum 300 kg.

Parça sayısı: 10 adet

Ölçüler: 2,3 x 4,56 x 2,2 m. (en, boy, yükseklik)

Kullanım alanı: 10,5 – 13 m²

Kullanılan malzeme: Poliüretan dolgulu pet panel (duvarlar ve çatı)

İskelet: kuvvetlendirilmiş alüminyum profil

Kapı ölçüleri: 0,9 x 1,8 m.

Pencere ölçüleri: 0,45 x 0,60 m.

Boya: Elektrostatik toz boya

Elektrik tesisatı: tse'li tesisat

Kar yükü: 80 kg/m²

Rüzgâr dayanımı: 100 km/saat

Yanmazlık sınıfı: b2 (din 4102)

Mevlana evleri çadırın alternatifi olarak kullanılan acil barınma yapılarıdır. Ancak temel ihtiyaçlardan olan mutfak, tuvalet, banyo gibi bölümler bulunmadığından gerekli barınma konforu sağlanamamaktadır.



Resim 5.1. Deprem sonrası acil barınma çadırları [haber7.com]



Resim 5.2. Mevlana evleri [kızılay.org.tr]



Resim 5.3. Mevlana evlerinin montajı [Haber3]



Resim 5.4. Mevlana evinin içten görünüşü [kızılay.org.tr]



Resim 5.5. Mevlana evi iç görüntüsü [konyayenigün.com]



Resim 5.6. Mevlana evinden bir görünüş [Haber3]

Prefabrik konteyner evler

Türk Kızılayı deprem bölgelerinde barınma amaçlı kış koşullarına dayanıklı, mutfak, banyosu ve tuvaleti olan prefabrik evler de kullanmaktadır. Evler 10 yıla kadar

dayanıklıdır ve daha sonra Türk Kızılayı tarafından toplanarak başka afetlerde de kullanılabilir.

Yapı malzemesi ve ısı izolasyonu yönünden uluslararası standartlara sahip yaşam üniteleri olarak üretilen evler, modüler ve prefabrik açıdan uluslararası standartlara uygun çelik konstrüksiyona sahiptir.

Ancak prefabrik evler nakliye, montaj ve depolama sorunları nedeniyle Türk Kızılayına ciddi yük getirmektedir.



Resim 5.7. 2011 Van depreminde deprem bölgesinde kurulan prefabrik barınma yapıları
[Dorce Prefabrik]



Resim 5.8. 2011 Van deprem bölgesinde kurulan prefabrik deprem konutlarından bir görünüş [Dorce Prefabrik]

6. HAREKETLİ YAPI SİSTEMLERİNİN GEÇİCİ AFET KORUNAKLARINA UYGULAMASI

6.1. Acil Durum ve Barınma Eylemi

Doğanın etkilerinden korunmak için kapalı bir yere sığınmak olarak tanımlanan barınma eylemi, tarihin ilk dönemlerinde insan tarafından mağara, ağaç kovuğu gibi doğal oluşumlar kullanılarak gerçekleştirilirken, insanoğlu zamanla değişen yaşam koşullarına uyacak şekilde barınma mekanı olan konutunu kendisi inşa etmeye başlamıştır. Konut, yalnızca üstü örtülü dört duvardan oluşan bir yapı değil, aynı zamanda insanın her türlü yaşam kolaylıklarından, kentsel altyapıdan yararlanabilmesini, bireysel ve ailesel mahremiyetini koruyabileceği sağlıklı, rahat, mutlu bir şekilde sürdürülebilir, yaşanabilir güzel ve temiz bir çevrede, insan onuruna yakışır bir biçimde yaşamasını sağlamakla ilgili toplumsal işlevler yüklenmiş bir ortamdır. Tarih boyunca toplum ve aile yapısına bağlı olarak farklılıklar gösteren konutun her toplumda özel bir yeri bulunmaktadır. Bir barınma mekanı, ne şekilde yapılırsa yapılsın kullanıcıların fiziksel ve ruhsal sağlığını korumalıdır.

Yeryüzü aktif olduğu sürece deprem, volkan, sel, fırtına, tsunami, toprak kayması ve birçok afet oluşmaya devam edecektir. Bu doğal oluşumlar yeryüzünün biçimlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Doğal afetler insanın can, mal, barınma gibi varlıklarını elinden almaktadır. Barınma eylemi afet sonrası önemli gereksinimlerden biri olmaktadır. Afet, barınma sürecinin kesintiye uğramasına neden olmaktadır. Afet sonrası acil durum barınma eylemi, afetten etkilenen ve bunun sonucunda evsiz kalan tüm insanları kapsamaktadır.

6.2. Acil Durum Kavramı

Acil Durum kavramı iki kelimeden oluşmaktadır. Birincisi, acil; Arapça kökenli bu kelime “derhal” anlamına gelmektedir [Anon 1, OTS] Durum kelimesi ise hal, mevki, pozisyon, konum anlamındadır [Anon 2, TDK]. Acil Durum kavramı; “Ani olarak ortaya çıkan güç durum, yardım ve kurtarmayı gerektiren durum” olarak açıklanmaktadır. Ayrıca acil durum; “beklenmeyen ya da öngörülmeyen, ani gelişen olaylar ” olarak vurgulanmaktadır [Anon 3, 1997]. Acil durum (Emergency) kavram anlamı birçok literatürde farklı şekillerde anlatılsa da genel olarak, hemen müdahale ya da reaksiyon gerektiren, beklenmeyen ciddi olaylar olarak tanımlanmaktadır [Anon 4, 2003].

Birleşmiş Milletlere göre afetin tanımı; “İnsan için, fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak, toplulukları etkileyen ve etkilenen topluluğun kendi imkân ve kaynaklarını kullanarak üstesinden gelemeyeceği doğal, teknolojik veya insan kökenli olayların doğurduğu sonuçlara afet adı verilmektedir” şeklinde yapılmaktadır (Ergünay, 2005).

ABD literatüründe afet; "yerel imkânların yetmemesi halinde, federal kaynakların da kullanılmasını gerektiren ve başkan tarafından karar verilen her durum veya olay" olarak tanımlanmaktadır (Anon 5, 2009). Türkiye’de ise acil durum terimi yıllardır tıp alanında kullanılmasına rağmen, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminden sonra Dünya Bankası’nın önerisi üzerine literatürümüze girmiştir (Ergünay, 2005). Tez konusu kapsamı içerisinde, acil durum ifadesi afet kavramı ile ele alınmaktadır. Afetler, toplumların kendi imkânlarının yetersiz kaldığı, diğer toplum ve yardım kuruluşlarından destek alacak şekilde yıkıma yol açan olaylardır.

6.3. Afet Sonrası Acil Durum Barınma Eylemi

Geçici afet korunakları; insanların karşılaşılabileceği olağanüstü bir durum ortaya çıktığı zaman, barınma gereksinmesini karşılayan, uzun süre kullanmaya elverişli olmayan yapılardır.

Afetler, insan ve insan yerleşimleri üzerinde fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara neden olmaktadır. Bu durum insanlara normal yaşam ve günlük faaliyetlerini durdurarak ya da kesintiye uğratarak zarar vermektedir. Afet sonrası yaşanan sorunların başında barınma ihtiyacı gelmektedir. Afetzedeler için kurulan/yapılan geçici afet korunakları olumsuz çevre etkilerinden korunmayı ve günlük yaşam koşullarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Barınma mekanı, bireyin ve toplumun günlük yaşamını içerdiğinden, konut planlamasında yön verici temel unsur, içinde yaşayan ailenin yapısı ve konut içinde gerçekleşecek hayatın biçimi olmaktadır.

Tarih boyunca insan yerleşimleri doğal afetlere maruz kalarak büyük olumsuzluklar yaşamışlardır. Doğal bir olay olan afetler insanların ihmalleriyle birleşince bir felakete

dönüşmektedirler. Yaşanan afet sonrası sorunların başında barınma gereksinimi gelmektedir. Dünyada ve Türkiye’de afet sonrası barınma sürecine büyük önem verilmektedir. Ülkemizde afet sonrası kalıcı konut yapımına kadar ; Çadır Tipi, Mevlana Evleri ve Prefabrik Konutlar geçici afet korunakları olarak kullanılmaktadır. Afet sonrası kullanılan ilk bakışta ekonomik açıdan daha ucuz ve kurulumu kolay olan çadır tipi geleneksel barınma yöntemi afetzedeler için olumsuz bir süreç yaratmaktadır. Geleneksel barınma yöntemleri, uzun süreli kullanılması durumunda devlet ekonomisine daha çok ekonomik yük getirmektedir. Uzun süreli kullanım zorunluluğu halinde çadır tipi, mevlana evleri gibi ülkemizde kullanılmakta olan geçici afet korunaklarında dayanıklılık, güvenlik, sosyal ihtiyaçlar vb. şartların karşılanamaması geleneksel barınma yöntemlerini kullanışsız ve ekonomik açıdan pahalı hale getirmektedir.

İnsanların afet öncesi süreçte hazırlık yapması gerekmektedir. Yapılan hazırlıklarda seçilen barınakların, sadece ekonomik yönden değil konforlu, çevreci, ergonomik, geri dönüşümlülük gibi faktörleri de göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Dünyada ve Türkiye’de geleneksel anlamda kullanılan barınma yöntemlerinin gözden geçirilmesi ve bunlara alternatif daha uygun ve kullanışlı barınak sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Afet sonrasında ortaya çıkan ilk ve acil talep, afetzedelerin barınma ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Oysa her afet olayından sonra ülkenin çadır stoklarının yetersiz olduğu anlaşılmaktadır [Yazıcıoğlu, 1996: 8; Yazıcıoğlu, 1995: 46; *Meclis Araştırması Komisyonu Raporu*, 1999: 39]. Bilhassa Kızılay’ın afetzedelere dağıttığı çadırlarının gerek sayıca gerekse iklim koşullarına dayanıklılık açısından yetersiz kaldığı ve bunların dağıtımında organizasyon bozuklukları yaşandığı görülmektedir.

Özellikle büyük afetlerden sonra, enkaz altında kalmış yakınlarını aramak, yıkılmış veya hasar görmüş evlerindeki eşyalarını kurtarmak isteyen afetzedelerin bina enkazlarının hemen yanına çadırlar kurması sonucunda düzensiz çadır toplulukları ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise afet sonrası sağlık, gıda, giyecek, vb. yardımların dağıtımında karmaşaya yol açmakta, düzensiz yerleşmeden kaynaklanan bulaşıcı hastalıklara ortam oluşturmaktadır.

Afetzedelerin geçici iskânı amacıyla kurulan çadır kentlerin altyapısı, ancak afet sonrasında ve söz konusu çadır kentlerin kurulmasını müteakip inşa edilmektedir. Bunun

nedeni, afet riski taşıyan bölgelerde herhangi bir afet anında kurulacak geçici iskân bölgelerinin önceden belirlenmemesidir. Afet sonrasında panik havasında çoğu zaman yerleşmeye uygunluk kriterleri göz ardı edilerek seçilen yerlere kurulan barınakların altyapı çalışmaları afetzedeler buralara yerleştirildikten sonra yapılmaya çalışılmaktadır. Bu tez kapsamında önerimiz; afet riski taşıyan tüm bölgeler için acil afet politikalarının belirlenmesi, özellikle 1. dereceden afet riski taşıyan bölgelerde AFAD' a bağlı afet öncesi hazırlık ve afet sonrası rehabilitasyon merkezleri kurulmasıdır. Afet riski taşıyan bölgeler için geçici iskan bölgeleri önceden tespit edilmelidir. Bu bölgelerin altyapı çalışmaları yapılmalı ve geçici afet korunakları bu bölgelerde stoklanmalıdır.

Türkiye' de afet sonrası geçici barınma amaçlı kullanılan sistemlerden bir tanesi de Mevlana Evleri'dir. Mevlana evleri çadır tipi geçici barınma yapılarına göre dış etkenlere karşı daha korunaklı olmasına rağmen çadır tipi korunaklarda olduğu gibi insanın temel ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan mutfak, tuvalet, banyo gibi temel bölümlerin bulunmaması bu evler için çok büyük bir dezavantajdır. Ayrıca ülkemizde çok farklı iklim koşulları olduğu düşünülürse uzun süreli kullanımda yeterli konforu sağlayamamaktadır. Her ne kadar bu evlerde geçmeli bir birleştirme sisteminin olması ve her bir panelin sökülüp takılabiliyor olması nakliye açısından bir avantaj gibi gözükse de bu panellerin sökülüp , tekrar montajı en az dört kişilik bir işçilik maliyeti getirmektedir. Uzun süreli kullanımda ise Mevlana Evlerinin zayıf çerçeve ve panelleri ile dayanıksız olduğu, çok uzun süreli ve tekrar tekrar kullanımın mümkün olmadığı görülmektedir. Kalıcı konutların yapımının en az iki yıl sürdüğü göz önünde bulundurulursa afet sonrası ülkemizde kullanılmakta olan geçici geleneksel korunakların sosyal ve ekonomik ihtiyaçlara cevap vermediği anlaşılmaktadır. Her iki barınma yapısında da ailesel mahremiyetin korunamadığı aşıkardır. Özellikle deprem gibi yıkım gücü yüksek doğal afetlerden sonra kalıcı konutlar yapılana kadar geçici barınma süresinin en az iki yıl olacağı düşünülürse mutfak, banyo, tuvalet gibi temel ihtiyaçlara yönelik kısımların uzun süreli ortak kullanımı bir takım sosyal problemlere, en önemlisi de hijyen problemine neden olacak ve salgın hastalıklara zemin oluşturacaktır. Diğer bir geçici barınma yapısı olan prefabrik konteyner evler çadır tipi ve Mevlana evlerine göre sosyal olarak daha iyi şartlar sunsa bile nakliye, montaj, söküm ve depolama devlete çok büyük bir ekonomik yük getirmektedir.

Geçici barınma ihtiyacı afetten hemen sonra başlayan süreçte doğmaktadır. Afet sonrası müdahale süreci üç aşmaktan ; acil durum, rehabilitasyon ve yeniden yapım oluşmaktadır.

Geçici barınak ihtiyacı, ilk olarak acil durum ve daha sonra rehabilitasyon aşamalarında oluşmaktadır. Günümüzde bu aşamalarda kullanılan geleneksel barınma yöntemleri afetzedelerin yaşam koşullarını olumsuz şekilde etkilemektedir. Ülkemizde acil durum ve rehabilitasyon sürecinin uzun sürmesi ve geleneksel barınakların insani yaşam koşullarına uygun olmayışı, afetzedelerin yaşamını daha da zorlaştırmaktadır.

Ülkemizde son yıllarda sosyal ve ekonomik şartlar hızla yükselmiştir. Bu durum insanlarımızın her alandaki beklentilerini yükseltmiştir. İnsanımız daha yüksek yaşam şartları ve konforu beklentisi içindedir. Bu beklentilerin afet sonrası karşılanamaması zaten doğal bir afet yaşamının, mal varlığını, belki de en sevdiklerini kaybetmenin acısını yaşayan insanımızı psikolojik olarak daha büyük sıkıntılara sürükleyecektir. Bu durumun rehabilitasyonu ise devlet için ayrı bir maliyet getirecektir. Afetzedelere aile mahremiyetlerini de koruyacak, sosyal ihtiyaçların daha konforlu bir şekilde sağlanacağı afet sonrası geçici yaşam alanları sunmak artık sosyal devlet olmanın gereği haline gelmiştir.

Ülkemizdeki deprem sigortası incelendiğinde afetten hemen sonra başlayan ve kalıcı konutların yapılıp teslim edilmesine kadar süren geçici barınma ihtiyacını kapsamadığı görülmektedir. Bu yük devletin omuzlarına yüklenmektedir. Bu anlayışın değiştirilmesi bu tez kapsamında sunmak istediğimiz bir öneridir. Geçici barınma ihtiyacının deprem sigortası güvencesine alınması bir çok sorunun çözümünü kolaylaştıracak ve devletin yükünü hafifletecektir. Depremzedelere afet sonrası sunulacak geçici barınma imkanlarının da standardını yükseltecektir.

Afet sonrası acil durum barınağının amacı; yıkılmış ya da hasarlı binaları yüksek standarda ve estetiğe sahip binalarla değiştirme sürecinde afetzedelerin geçici barınmasını sağlamaktır. Geçici konutların yemek pişirme, uyuma, tuvalet ve temizlik gibi ihtiyaçların karşılanmasında belirli standartlara sahip olması ve çok sayıda, hızlı bir biçimde üretilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda barınma ihtiyacının yanı sıra, afetzedeleri memnun edici seviyede (yemek pişirme, yeme, sıcak su, sıhhi tesisat vb.) gibi diğer ihtiyaçlarını da karşılamalıdır. Böylece meydana gelen afet sonrası, bölge halkının yaşamlarının yüksek standartlara getirilmesi sağlanmalıdır.

Afetzedelerin daha konforlu ve sağlıklı mekanlarda yaşamalarını sağlayabilmek için

günümüzde kullanılan geleneksel yöntemlerin yerine daha gelişmiş alternatif sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Tez kapsamında bu sorunun çözümüne yönelik olarak bir model önerilmektedir. Bu model tasarımı, afetzedelerin daha konforlu, güvenli, sağlıklı ve aile mahremiyetinin korunduğu mekanlarda barınma sürecini geçirmesini sağlamak hedeflenmektedir. Günümüzdeki geçici afet korunaklarının geliştirilmesine yönelik örnek bir model tasarlanmıştır. Bu tasarımın geçici afet korunağı anlayışını değiştireceği yeni tasarımlar için yararlı bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Bu tezde hareketli yapı sistemleri mantığını geçici afet korunaklarına uygulayarak nakliye, depolama ve montaj maliyetini minimuma düşürülmesi amaçlanmıştır. Hepimizin bildiği akordeon müzik aletinden ilham alınarak; hareketli yapı sistemlerinin mantığı geçici afet korunağına uygulanarak afet sonrası kullanılmak üzere bir afet korunağı modeli tasarlanmıştır. Önerilen afet korunağının hareketli (açılıp-katlanabilir) olmasıyla nakliye, montaj, demontaj, depolama maliyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir.

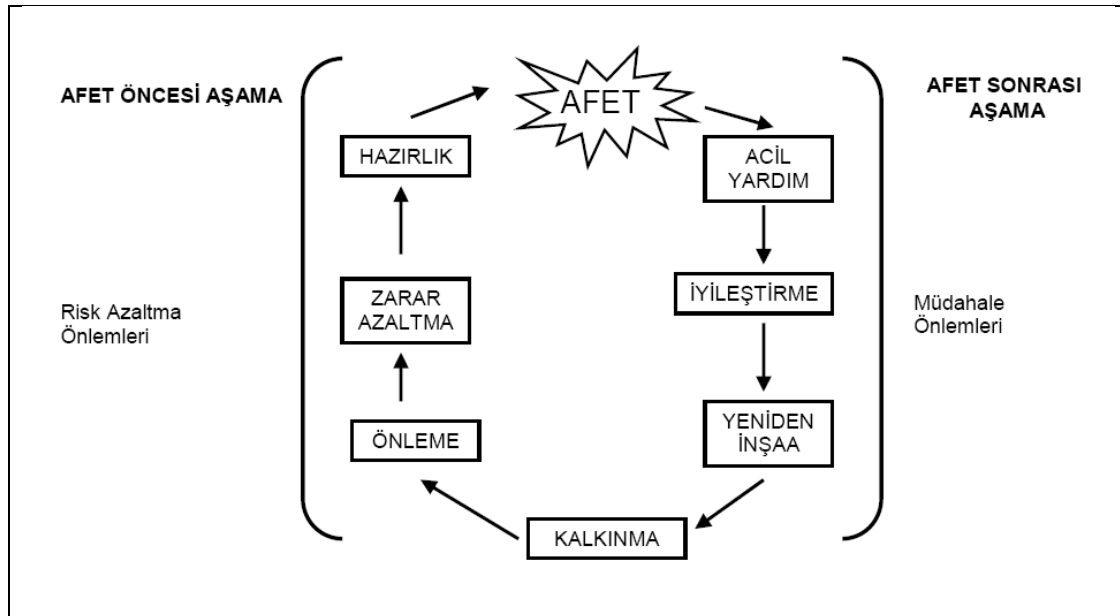
6.4. Acil Durum Barınma Sorununa İlişkin Yaklaşımlar

Acil durum barınma sorunu bir takım evrelerden geçerek uygulanmaktadır. Birleşmiş Milletler Afet Koordinatörü Bürosu'na göre afet ve acil durum, türü ne olursa olsun dört ana evreye ayrılmaktadır (UNDRO, 1982) :

1. Afet öncesi aşaması (Pre-disaster phase)
2. Acil yardım aşaması (Immediate relief period)
3. Rehabilitasyon aşaması (Rehabilitation period)
4. Yeniden İnşa (Reconstruction period)

Bu aşamalar, afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası şeklinde yapılmış bir genel ayrımı daha ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadır. Bu aşamalar bir biriyle bağlı, iç içe olmaktadır. Birbirini takip eden aşamaların her biri bir sonrakini etkilemektedir. Afet sonrası ilk müdahale acil yardım (Pre-disaster phase) olarak adlandırılmaktadır. Afetten hemen sonra uygulanan bu aşamada afetzedelerin can güvenliği ve yaralılara acil sağlık yardımı sağlanmaktadır. Sağlık müdahalesinin yanı sıra evsiz kalan afetzedelere barınak temin edilmektedir. Örneğin; afet bölgelerine afetin şiddetine göre çadır tipi geçici barınaklar sağlanmaktadır. Bir sonraki aşama ise durumu iyileştirme (Rehabilitation period) evresidir.

Enkaz kaldırma ve gerekli altyapıyı sağlamak gibi mevcut durumu iyileştirmeyi amaçlayan bu evre ayrıca ilk aşamayı çadırlarda geçiren afetzedeleri daha sağlıklı geçici konutlara taşımaya da amaçlamaktadır. Örneğin; afetzedeleri çadır kentlerden geçici prefabriklere taşımak gibi faaliyetleri içermektedir. Afet sonrası yeniden inşa aşamasında (Reconstruction period) afetzedelerin normal hayata dönüşü için gerekli tedbirler alınmaktadır. Bunun içinde bölgedeki sosyoekonomik düzeni yeniden yapılandırma ya da mevcut durumu yükseltme amaçlanmaktadır. Afetzedelerin barınma sorunu için kesin ve kalıcı çözüm aranmaktadır. Böylece bu aşama, afetzedeleri daha uygun ve daha sağlıklı altyapıya sahip kalıcı konutlara taşımaya içermektedir. Yeniden yapım aşaması sonrası sırasıyla kalkınma, önleme, zararı azaltma ve hazırlık aşamalarını içerir. Hazırlık aşamasında afetin bölgeye verdiği zarar miktarı belirlenmektedir. Böylece bu döngü, afet öncesi, afet sırası (afet anı) ve afet sonrası aşamalarında tekrarlanmaktadır. Afet döngü zinciri (Şekil 6.1)' de gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Afet döngüsü temel aşamaları (Çakır, 2007)

Afet öncesi ve afet sonrası yapılması gereken önlemler aşağıda sıralanmaktadır (JICA,2004):

Afet öncesinde (zarar azaltma ve hazırlıklı olma aşamalarında);

1. Doğal afet olaylarının zararlarını en düşük düzeyde tutabilmek amacıyla, alınması gereken yasal, idari ve teknik önlemleri afetler olmadan önce almak
2. Mümkün olan hallerde doğal afetleri önlemek, mümkün olmayan hallerde ise arama kurtarma, acil yardım ve iyileştirme faaliyetlerini zamanında, hızlı ve etkili olarak uygulayarak, yaraları en kısa sürede iyileştirmek
3. Zarar azaltma ile ilgili önlemleri, kalkınma faaliyetlerinin her aşamasına dahil ederek, riskin büyümesini önlemek ve kalkınmanın sürdürülebilmesini sağlamak
4. Tüm toplum ve ilgilileri hedefleyen yaygın eğitim programları uygulayarak, toplumun doğal afetleri en az zararlarla atlatabilmesine ve baş edebilme kapasitesinin geliştirilmesine destek olmak

Afet sonrası (müdahale ve iyileştirme aşamalarında);

1. Mümkün olan en fazla sayıdaki insanı kurtarmak, tıbbi ilkyardım ve tedavilerini sağlamak
2. Doğal afetlerin yol açabileceği, dolaylı risklerden insan canı ve mallarının zarar görmesini önlemek
3. Afetlerden etkilenmiş olan toplulukların temel ihtiyaçlarını en hızlı ve etkili yollarla karşılamak ve hayatın bir an önce normale dönmesini sağlamak
4. Etkilenen toplulukların ekonomik, sosyal ve psikolojik kayıplarını süratle azaltmak ve yaraları mümkün olan en kısa süre içerisinde sarmak
5. Afetlerden etkilenmiş topluluklar için daha güvenli, yeni ve modern bir yaşam çevresi ve standardı oluşturmaktır.

6.4.1. Afet öncesi aşaması (Pre-Disaster Phase)

Afet zararlarını en aza indirmek için bazı önlemler alınması gerekmektedir. Alınması gereken bu önlemler afet sonrasında yapılan ilk yardım aşamasını ve insanların hayatlarını normale döndürmek için yapılan bütün çalışma aşamalarını kolaylaştırmaktadır. Afet öncesi planlama ve korunma konusuna öncelik veren Birleşmiş Milletler Afet Koordinatörü Bürosu (UNDRO)'nun amacı; doğal afetlerden korunma, afetlerin denetimi ve tahmini olarak açıklamıştır. Doğal bir olayın afete dönüşmesini önlemek sadece gerekli ve yeterli önlemlerin önceden alınması ile gerçekleşmektedir [Sey, vd., 1987].

UNDRO'nun bütün eylemleri aşağıdaki bulgulara dayanmaktadır [Sey, vd., 1987]:

1. Afete maruz birçok ülkede afetler kalkınmada başlıca engel olmaktadır.
2. Afetlerin çoğundan korunulabilmektedir.
3. Koruyucu önlemlerin çoğu fazla masraf gerektirmemektedir.

Afet öncesi alınacak önlemlerin başında, afetlere karşı dayanıklı yapı şartlarının belirlenmesi gelmektedir. Bu konuda Türkiye 1999 Marmara depreminden sonra birtakım adımlar atmıştır. Örneğin; 27 Aralık 1999'da zorunlu deprem sigortası, 10 Nisan 2000'de yapı denetimi hakkında kararname ve 30 Temmuz 2000'de 'yapı malzemelerinin deney laboratuvarlarında bulunması gereken özellikleri hakkındaki genelge' gibi birtakım yasal önlemler alınmıştır [JICA, 2004]. Ancak bu yasal ağı genişleterek örneğin; bulunan yapı stoku sınanarak yetersiz görülen yapıların iyileştirmesi sağlanmalıdır. Afet sonrasındaki çalışmaların amacına ulaşması ve sosyoekonomik zararların en düşük düzeye indirilmesi için yasal denetim ağının genişletilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra mevcut yapıların denetim ve ıslahı da gerekmektedir. Afet zararlarını minimuma indirmek için afet sonrası stratejinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir [Fındıkgil, 1984].

Oktay Ergünay'a göre afet öncesi evreler, zarar azaltma safhası olarak adlandırılmaktadır. Bu evreler ülke, bölge ve yerleşme birimi olarak çok geniş 15 uygulama alanını göstermektedir. Bu evrede yapılacak çalışmalar aşağıda özetlenmiştir [Onur, 2004]:

1. Afet anında uygulanacak yasal mevzuatın gözden geçirilmesi ve ihtiyaç halinde yeniden düzenlenmesi.
2. Yapı ve deprem yönetmelikleri, alan kullanım yönetmeliklerinin gözden geçirilmesi ve gerekiyorsa yeniden düzenlenmesi.
3. Afet tehlikesi ve riskinin makro ve mikro ölçekte yeniden belirlenmesi, geliştirilmesi ve tehlike haritalarının hazırlanması.
4. İhtiyaç duyulan teknik bilimsel araştırma-geliştirme faaliyetlerinin planlaması ve uygulanması.
5. Ülke için deprem kayıt şebekeleri, afet erken uyarı ve kontrol sistemlerinin kurulması ve geliştirilmesi.
6. Afet zararlarının azaltılması kavramının, kalkınmanın her aşamasında dahil edilmesi ve uygulanmasının sağlanması.

7. Afetlere karşı önleyici ve zarar azaltıcı mühendislik tedbirlerinin geliştirilmesi ve uygulanması.
8. Merkezi düzeyde afet yönetimi ile ilgili planların hazırlanması ve geliştirilmesi.
9. İl düzeyinde kurtarma ve acil yardım planlarının hazırlanması ve geliştirilmesi.
10. Bu planlarda görev ve sorumluluk verilen personelin eğitim ve tatbikatlarda bilgi düzeylerinin geliştirilmesi.
11. Gerektiğinde bölgeye teçhizat sağlayacak merkezlerin kurulması ve kritik malzemelerin stoklanması.
12. Alarm ve erken uyarı sistemlerinin kurulması, işletilmesi ve geliştirilmesi gibi ana faaliyetlerin yürütülmesi gerekmektedir.

Yapılması gereken bu çalışmalar, kavramsal ve uygulama biçimlerinde toplumun tamamını ilgilendirmektedir.

6.4.2. Acil yardım aşaması (Immediate Relief Period)

Afet ya da acil durumun meydana gelişinden hemen sonra yapılan müdahaleye “İlk yardım aşaması” denilmektedir. İlk yardım aşaması, afetten hemen sonra beş gün içinde (impact to day 5) tamamlanmalıdır (UNDRO, 1982). Afetin bitimiyle başlayan acil yardım aşamasının ana hedefi, mümkün olan en kısa süre içerisinde, olabildiğince fazla sayıda insan hayatını kurtarmayı sağlamaktır. Afet sonrası ilk saatler ya da ilk günler insanın hayatta kalması açısından belirleyici olmaktadır. İnsan enkaz altında vücut travması, kanama ya da geçmişe dönük hastalıkları (kalp krizi, böbrek yetmezliği gibi) olmaması halinde ortalama 100 saat yaşayabilmektedir [Uğur, 2004]. Bu aşamada afet bölgesindeki arama kurtarmanın yanı sıra yaralı insanların tedavileri gibi sağlık ihtiyaçları da yerine getirilmektedir.

Oktay Ergünay’a göre ilk yardım aşamasında yapılan faaliyetler arasında; [Çakır, 2007];

1. Arama ve kurtarma, 2. İlk yardım, 3. Tedavi, 4. Tahliye, 5. Geçici barınma, 6. Haber alma ve ulaştırma, 7. İhtiyaçların belirlenmesi, 8. Yiyecek, içecek, giyecek, yakacak temini, 9. Güvenlik, 10. Çevre sağlığı ve koruyucu hekimlik, 11. Hasar tespiti, 12. Tehlikeli yıkıntıların kaldırılması, 13. Yangın, patlamalar, bulaşıcı hastalıklar gibi ikincil afetlerin önlenmesi gelmektedir.

Acil durum barınağı, afetzedeler için minimum yaşam koşulu sağlamaktadır. Acil yardım aşamasındaki barınma sorunu, ülkemizde çoğunlukla çadır tipi korunaklarla sağlanmaktadır. Kurulumun kolay, hafif, acil durumlarda nakliye ve taşınması kolay bir yapıya sahip olması nedeniyle çadır tipi korunaklar tercih edilmektedir.

Acil durum evresinde kullanılabilecek barınak için kriterler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır [Sey, vd., 1987];

1. Afetten sonra, barınaklar en az işgücüyle kısa süre içinde kurulabilmelidir (maksimum bir gün içinde).
2. Barınağın dış kabuğu ya da örtüsü zararlı dış etkilere korunmayı sağlayabilmelidir.
3. Barınaklar birden çok afet için kullanılabilmelidir.
4. Tümüyle bitmiş olarak getirilmesi gerekmektedir.
5. Hafif ve kolay taşınabilmesi gerekir.
6. Kurulum işleri basit ve hızlı olmalıdır.
7. Afet bölgesinde barınak dağıtım ve kurulum işlemlerini yapabilen organizasyonun bulunması gerekir.
8. Afet bölgesindeki barınak kurulumu sırasında işgücü, araç, gereç kullanım planının daha önceden hazırlanmış olması gerekmektedir.

6.4.3. Rehabilitasyon aşaması (Rehabilitation Period)

İkinci aşama rehabilitasyon aşamasıdır. Bu aşama kalıcı konutlar tamamlanana kadar sürmektedir. Birleşmiş Milletlere göre, rehabilitasyon aşaması afetten sonra 5 gün ile 3 ay arasında gerçekleştirilmektedir (UNDRO, 1982). Rehabilitasyon evresinde afetzedeler için geçici sosyal altyapı ve bu aşamada gereken asgari ihtiyaçlar sağlanmaktadır. Bunlar; barınma, beslenme, su ihtiyacı ve sağlık tesisatıdır. Ancak barınma gereksinimi, kullanıcıların en hayati, fonksiyonel gereksinimlerini karşılamaktadır. Rehabilitasyon aşamasında barınma faaliyeti sorununun çözümü genel olarak üç başlık altında incelenmektedir [Sey, vd., 1987];

- Başka bölgelerde geçici iskân,
- Afet bölgesi içinde toplu barınma,
- Geçici konut.

Başka Bölgelerde Geçici İskân: Afetzedeleri, afet bölgesinden uzaklaştırarak başka il ya da ilçelerde, kamp ya da kamu binalarında barındırmak olarak tanımlanmaktadır. Afetzedeler yeni bölgeye uyum sağlamakta zorluk çekebilmekte ve bundan kaynaklanan sorunlar olabilmektedir. Afetzedeler yeni bölgede en çok sosyal ve ekonomik sorunlarla karşılaşmaktadır.

Başka bölgede geçici barınmanın sakıncaları şunlardır [Ervan, 1995]:

1. Farklı fonksiyonlardaki yapıların barınak amacıyla kullanımından kaynaklanan zorluklar.
2. Barınak olarak kullanılan kamu binalarının esas fonksiyonunun yerine getirilememesi.
3. Barınma amacıyla kullanılan kamu ya da benzeri binaların afetzedeler tarafından gelişmiş güzel kullanılarak yapıya zarar verilmesi.
4. Evsiz kalan insanların eğer hayvancılıkla da uğraşıyorlarsa, hayvanlarının bakım sorunu.
5. Yeni bölgede yaşayan insanlarla bazı sosyal sorunların yaşandığı gözlenmektedir.

Afet Bölgesi İçinde Toplu Barınma: Afetzedeler için geçici iskân olarak aynı bölge seçilmektedir. Bu durum afet bölgesine yakın kamplar kurulması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Barınma şekli olarak her hane için bir birim tahsis edilmekte ya da büyük yatakhaneler biçiminde toplu barınma uygulanmaktadır. Ancak her hane için tek barınak tahsis edilmesi tercih edilmektedir. 1972 Nikaragua depreminde ve Honduras tayfunundan sonra kurulan kamplar üzerindeki incelemelerde [Sey, vd.,1987];

1. Toplu yatakhanelerin uygun olmadığı, her hanenin ayrı ayrı birimlerde barınması gerektiği,
2. Önceden verilen yerleşim kararı üzerine kamp arazisi eski kullanımına dönmektedir.
3. Afetzedelerin kamplarda yabancı olmasına rağmen arkadaşlık ve yeni ilişkiler kurarak, kampı zamanla kendi malları gibi görmeye başladıkları gözlemlenmiştir.

Geçici Barınak: Rehabilitasyon aşamasında her hane için bir barınak tahsis edilmektedir. Bu çözüm türü diğer seçeneklerden daha verimli olmaktadır. Geçici barınaklar afet bölgesinde ya da afet bölgesine yakın yerlerde kurulmaktadır.

Geçici barınak tasarım ve üretiminde belirli koşulların asgari olarak sağlanması gerekmektedir. Geçici bir barınakta aranan özellikler şunlardır:

1. Barınağın başta gelen özelliklerinden biri hafif olmasıdır.
2. Barınağın kolay bir şekilde afet bölgesinde kurulması ya da sökülmesi gerekmektedir. Kurum ve söküm için özel işçilik gerektirmemeli, bölgede mühendis ya da uzman gerekmeden barınaklar kurulabilmelidir.
3. Kısa süre içinde az sayıda işçi ile kurulup sökülmesi
4. Barınak yerel bölgeler için değil, küresel açıdan değişik arazi ve mevsim şartlarına uygun nitelikte olmalıdır.
5. Nakliye maliyeti düşük olmalı
6. Paketlenerek taşınabilmeli, depolanabilmeli ve paketlenmiş hali az yer kaplamalı
7. Uzun süre kullanılabilecek dayanıma sahip olmalı
8. Uzun süre depolanabilmeli
9. Tekrar tekrar kullanılabilecek kaliteye sahip olmalı
10. Kalıcı konutlar yapılana kadar geçen sürede insan yaşamı için gerekli tüm sosyal konforu sağlayabilmeli ve dayanıklı olmalıdır.
11. Geçici barınaklar; sağlam, dayanıklı, güvenli olmalıdır.

Ekonomik ve teknolojik yönden yetersiz ülkelerde afetler ciddi oranda yıkıcı olmaktadır. Buna bağlı olarak, afet sonrası geçici konut sorunu uzun zaman dilimi içinde çözülebilmektedir. Geçici barınakların uzun süreli kullanımına en iyi örnek Vietnam savaşı sonrası yapılan konutlardır. Bu konutlar ülkedeki koşullara bağlı olarak otuz yıl boyunca kullanılmıştır [Sey, vd., 1987].

6.4.4. Yeniden yapım aşaması

Afet sonrası barınma sorununun üçüncü safhası yeniden yapım aşamasıdır. Faaliyet süresi, afetten sonra üç ay içinde başlayıp afetin büyüklüğüne bağlı olarak birkaç yıl sürebilmektedir. Yeniden yapım aşamasındaki ana hedef, afet sonrası yıkılan ya da hasar gören tüm yapı ve tesislerin tekrardan faaliyete geçirilmesini sağlamaktır. Toplumun afet nedeni ile bozulmuş olan ekonomik, sosyal ve psikolojik bütünlüğünü yeniden sağlanması için çok geniş alanlara yayılan faaliyetler bulunmaktadır. Sonuç olarak afet bölgesinde hayatın her bakımdan normale döndüğü aşamadır (Şemgün, 2007).

Afet sonrası yapılandırma sürecinde afetin büyüklüğüne göre birkaç yıl yeniden yapılandırma işlemleri sürebilmektedir. Bu süre boyunca geçici barınma yapılarının insan

yaşamı için gerekli sosyal konforu sağlaması gerekmektedir. Genel olarak çadırlar kısa süreli barınmak için tasarlanmaktadır. Uzun süreli kullanıldıkları takdirde kullanıcı açısından sorunlar yaratmaktadır. Bakımı, hijyenik, rijit olmaması ve farklı iklim şartları için uzun süreli kullanımda uygun olmaması gibi nedenlerden kısa süreli barınma için daha elverişlidir. Özellikle son yıllarda ülkemizde ekonominin güçlenmesiyle birlikte insanların sosyal konforları artmıştır. İnsanların yaşam standartları yükselmiştir. Bu da geçici barınma yapılarında aranılan sosyal beklentilerin yükselmesi demektir. Tez kapsamında yapılan tasarımda özellikle bu sosyal beklenti de dikkate alınmıştır.

6.5. Türkiye’de Afet Sonrası Geçici Barınma Sorunları

Türkiye, topografyası, jeolojik yapısı ve iklim özelliklerinden dolayı büyük ölçüde can kaybı, yaralanma ve mal kaybına yol açan doğal afetlerle sık sık karşılaşmaktadır. Bu afetler arasında başta deprem olmak üzere, heyelan, su baskınları, kaya ve çığ düşmeleri, kuraklık gibi önemli doğal afetler sayılabilmektedir. Doğal bitki örtüsünün tahrip olması ve buna bağlı olarak oluşan şiddetli erozyon, doğal afet tehlikesini artırmaktadır.

Türkiye’ nin komşu ülkelerden sık sık mülteci akınına maruz kalması da geçici barınak ihtiyacını doğuran olağanüstü durumlardandır. Son üç yılda Türkiye 2 milyonun üstünde mülteci akınına uğramıştır. Bu durum da çok sayıda geçici barınak ihtiyacı doğurmuştur.

Türkiye afet sonrası geçici barınma konusunda, yaşadığı deneyimlere rağmen yetersiz kalmaktadır. Türkiye’de afet sonrası geçici ya da kalıcı barınma konularında belirli politikalar izlenmektedir. Bu politikalar sırasıyla acil durum, barınma, iyileştirme ve kalıcı konut olarak tespit edilmektedir. Acil durum ve rehabilitasyon aşamalarında kullanılan barınak tipleri dünyada olduğu kadar Türkiye’de de büyük önem taşımaktadır. Çünkü; afetlerde, acil durum ve rahabilitasyon aşamalarında kullanılan barınak tipleri ekonomik açıdan uygun olmaktadır. Ancak bu tip barınaklar (çadır) iklim sorunundan dolayı uzun süreli kullanıma elverişsizliği nedeniyle büyük sorunlar yaşatmıştır.

Acil durumlarda Türkiye’de genellikle geçici barınaklardan çadırlar, son yıllarda Mevlana evleri kullanılmıştır. Taşınabilir ve kolayca kurulup sökülebilir yapılar olması, acil durum sonrası geçici barınma ihtiyacının sağlanmasını kolaylaştırmaktadır. Demontable barınakların acil durumların iyileştirme aşamasında, kolay uygulanabilirliği ağır tip

barınaklara nazaran çok daha kullanışlı bulunmaktadır. Ancak çadırlar ve Mevlana evleri tekrar tekrar kullanıma uygun barınaklar değildir.

17 Ağustos Marmara Depremi'ni yaşayan pek çok insan evini, akrabasını ve işini kaybetmiştir. Kurtarabildikleri eşyalarla çadırda bir yaşam alanı oluşturmuşlardır. Çadır kentte, birkaç ailenin bir arada yaşadığı çadırlar da gözlenmiştir. Dar bir alanda çok sayıda insanın yaşamasından kaynaklanan sosyal sorunlar ortaya çıkmıştır. Kurulan çadır kentlerde yaşayan bu insanlar, günlük ihtiyaçlarını karşılamakta bile güçlük çekmiştir. Bunun yanı sıra insanların az sayıda olan tuvalet ve banyoyu ortak kullanmaları hijyen sorununu doğurmuştur. Ayrıca soğuk hava ve yağmur nedeniyle, alt yapısı olmayan bu çadır kentlerde yaşam daha da zorlaşmıştır [Boğuşlu, 2006].

Acil yardım barınma aşamasına ilişkin sorunlar, Türkiye'de gerçekleşen altı büyük deprem incelenerek aşağıdaki tabloda gruplandırılmaktadır (Çizelge 6.1), [Limoncu ve Bayülgen, 2005].

Rehabilitasyon aşamasına, acil durum aşamasından hemen sonra başlanmaktadır. UNDRO'ya göre, bu aşama 5. gün ile 3. ay arasında gerçekleşmektedir. Türkiye'de yeniden yapım aşamasının gecikmesi sonucunda rehabilitasyon aşamasının uzayabildiği durumlarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle afetten zarar gören insanlar birçok olumsuzluklarla (tasarım, uygulama, sosyal-kültürel vb.) karşılaşabilmektedir.

Çizelge 6.1. Acil yardım aşaması barınmaya ilişkin yaşanan sorunlar, [Limoncu ve Bayülgen, 2005]

	Acil Yardım Aşaması Barınmaya İlişkin Sorunlar	1966 Varto	1970 Gediz	1971 Bingöl	1975 Lice	1976 Çaldıran	1999 Marmara
Yasal sorunlar	Önceden hazırlık bulunmaması	X	X	X	X	X	X
	Organizasyon eksikliği	X	X	X	X	X	X
Yer seçimi yerleşim sorunları	Arsanın bulunma zorluğu	0	0	0	0	0	x
	Yerleşimlerin kentsel yaşama eklemlenememe sorunu	0	0	0	0	0	X
	Birimlerin gelişigüzel yerleştirilmesi	X	X	X	X	X	X
Acil barınma birimlerinin sorunları	Bölge ve iklim özelliklerine uyumsuzluk	X	X	X	X	-	X
	Hacim – alan yetersizliği	X	X	X	X	X	X
	Islak hacim sorunu	X	X	X	X	X	X
	Güvenlik sorunu	X	X	X	X	X	X
	Yalıtım sorunu (ısı, ses, nem, yangın)	X	X	X	X	0	X
Alt yapı sorunları	Temel altyapı yetersizliğinden kaynaklanan aydınlatma, şebeke suyu, kanalizasyon, su baskınları sorunları	X	X	X	X	X	X
Sosyo-psikolojik sorunlar	Afetzedelerin sağlıksız koşullarda sorunlarla yalnız bırakılması	X	X	X	X	X	X
	Sosyo-kültürel-ticari yaşamın düşünülmemiş olması	0	0	0	0	0	x
	Afetzedeyi etkin kılan bir sistem yaratılmamış olması	x	x	x	x	x	x
Maliyet sorunları	Uluslararası çözümlere gidilmesi	X	X	X	X	X	X
	Ulaşım, taşıma maliyetleri	X	-	X	X	X	X
	Sürdürülebilir / Gerikazanılabilir olmaması	X	X	X	X	X	X
Sürdürülebilir Olmama	Yetersiz fiziksel mekân oluşumu	X	X	X	X	X	X
	Kullanım süresinin uzaması sonucu birimlerin yıpranması ve bir sonraki afet için kullanılmayacak hale gelmesi	X	X	X	X	X	X
	Barınakların birleşim detaylarına özen gösterilmemesi	X	X	X	X	X	X

X Sorun var , 0 Sorun yok , - Konuyla ilgili bilgi yok

Türkiye’de rehabilitasyon aşamasında ortaya çıkan sorunlar aşağıdaki gibi özetlenmektedir [Sey, vd., 1987];

1. Afet sonrası geçici barınma konusunda belirli bir stratejinin olmaması,
2. İzlenecek yola afet oluşumundan sonra karar verilmesi ve bunun geçici barınma sürecini uzatması,
3. Geçici barınakların afet öncesinde hazırlanmamış olması nedeniyle, afet sonrası ihtiyaç duyulan geçici barınakların gereken süre içinde tamamlanamaması,

4. Geçici barınakların kullanım süresinin, planlanma eksikliği dolayısıyla belirlenememesi. Türkiye şartlarına göre rehabilitasyonun en az 3 ay içinde tamamlanması beklenmektedir. Böylece geçici konutlar performans açısından yetersiz bulunmaktadır.
5. Geçici konutlara yerleşen afetzedelerin kalıcı konutlara geçmek istememesi. Rehabilitasyon barınma aşamasına ilişkin sorunlar, Türkiye’de gerçekleşen altı büyük deprem incelenerek Çizelge 6.2’ de belirtilmektedir [Limoncu ve Bayülgen, 2005].

Çizelge 6.2. Rehabilitasyon aşaması barınmaya ilişkin yaşanan sorunlar (Limoncu ve Bayülgen, 2005)

	Rehabilitasyon Aşaması Barınmaya İlişkin Sorunlar	1966 Varto	1970 Gediz	1971 Bingöl	1975 Lice	1976 Çaldıran	1999 Marmara
Yasal ve Yönetmelik sorunları	Önceden hazırlık bulunmaması	X	X	X	X	X	X
	Organizasyon eksikliği	X	X	X	X	X	X
	Türkiye genelinde ulaşım ve malzeme taşıma sorunları	X	-	-	-	-	-
	Birimlerin üzerinde kurulacağı arsanın bulunma zorluğu	X	X	X	X	X	X
Yer seçimi yerleşim sorunları	Arsanın bulunma zorluğu	X	X	X	X	X	X
	Yer seçiminin gerekli ölçütler doğrultusunda yapılmaması	X	X	X	X	X	X
	Yerleşim planında yerelliğin göz ardı edilmesi	-	0	-	0	-	X
	Yerleşimlerin kentsel yaşama eklemlenememe sorunu	X	X	X	X	X	X
Geçici yerleşim birimlerinin sorunları	Halkın yaşayış biçimine uyumsuzluk	X	X	X	X	X	X
	İklimsel özelliklere uyumsuzluk	X	X	X	X	X	X
	Hacim –alan yetersizliği (ıslak hacim sorunu)	X	X	X	X	X	X
	Güvenlik sorunu	X	X	X	X	X	X
	Uluslararası çözümlerin maliyeti düşürme amacı ile yorumlanması sonucu ortaya çıkan uygulama sorunları	-	-	-	-	-	-
Alt yapı sorunları	Temel altyapı yetersizliğinden kaynaklanan aydınlatma, şebeke suyu, kanalizasyon, su baskınları sorunları	X	X	X	X	X	X
Sosyo-piskolojik	Sosyo-kültürel-ticari yaşamın düşünülmemiş olması	X	X	X	X	X	X
	Afetzedeyi etkin kılan bir sistem yaratılmamış olması	X	X	X	X	X	X
Maliyet sorunları	Uluslararası çözümlere gidilmesi	X	X	-	-	-	-
	Ulaşım, taşıma maliyetleri	X	X	-	-	-	-
	Sürdürülebilir / Geri kazanılabilir olmaması	X	X	X	X	X	X
Sürdürülebilir Geri kazanılabilir Olmama	Yetersiz fiziksel mekân oluşumu	X	X	X	X	X	X
	Kullanım süresinin uzaması sonucu birimlerin yıpranması ve bir sonraki afet için kullanılmayacak hale gelmesi	X	X	X	X	X	X
	Üzerinde geçici birimlerin kurulduğu arazilerin geri kazanılabilir olmaması	X	X	X	X	X	X
	Kurum sırasında birleşim detaylarına özen gösterilmemesi	-	-	-	-	-	X
Başka illerde Barın. Sorun.	Sosyal sorunlar	X	-	-	-	-	-
	Ekonomik sorunlar	X	-	-	-	-	-

X Sorun var, 0 Sorun yok, - Konuyla ilgili bilgi yok

Türkiye geçmişte altı büyük depremde acil durum barınma ve geçici barınma aşamaları ile ilgili büyük sorunlar yaşamıştır. Buna paralel geçici konut faaliyetleri için milyarlarca dolar harcanmıştır. Ancak bu yatırımları verimli kullanmakta yetersiz olduğu görülmektedir. 1999 Marmara depremi sonrasında geçici barınma faaliyetleri için büyük bir fon ayrılmıştır. İlk olarak milyarlarca lira çadır kent kurulması için harcanmıştır. Bu çadırlar uzun süre kullanıldığı ve sürdürülebilir bir sisteme sahip olmadığı için, başka bir yerde kullanılamayacak durumdadır. İkinci aşamada da 47 milyon TL geçici prefabrikler ve 80 milyon TL da bu konutların alt yapı hizmetleri için harcanmıştır. Bu konutlar ve altyapılarının tekrar kullanılması mümkün olmamaktadır. Son olarak da kalıcı konutların tamamı, iki-iki buçuk yıl sonra bitirilmiştir [Savaşır, 2005].

Sonuç olarak 1999 Marmara depreminde geçici konut aşaması için milyarlarca dolar harcanmış olmasına rağmen, Türkiye’de geçici barınak yetersiz kalmıştır. Limoncu ve Bayülgen’e göre; üretim kaynaklarını verimli kullanmak ve acil çözüm için sürdürülebilir bir barınma sisteminin tasarlanmış olması gerektiğini ifade etmektedirler. Tez kapsamında tasarlanan model bu ihtiyacı tamamıyla karşılamaktadır.

6.6. Modelin Tanım ve Amacı

Dikdörtgen prizma biçimine sahip olan model, acil durum ve rehabilitasyon aşamalarında çadır ve konvansiyonel yöntemlerle yapılan geçici konutların yerine kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Modelin amacı öncelikli olarak afet sonrası afetzedelere daha iyi yaşam koşulu sağlamaktır. Ayrıca modelin kullanılması ile acil durum ve rehabilitasyon evrelerinde yapılan gereksiz harcamaların önüne geçilerek ülke ekonomisine katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

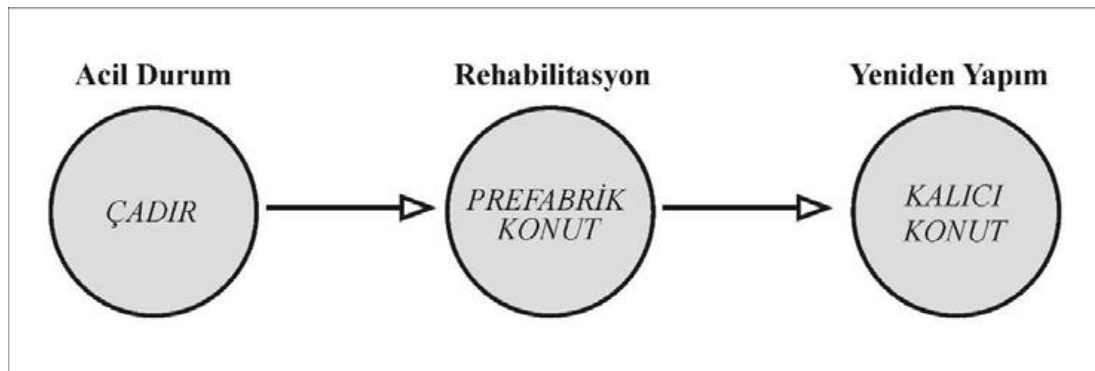
Afet sonrası bölgede oluşan yıkım sonrasında, geçici olarak kurulan çadır ,Mevlana evleri, prefabrik konutların insanlar tarafından kullanımında bazı sorunlar oluşmaktadır. Bu sorunlar, yaşanan kayıplarla birlikte afetzedelerin sıkıntılı günler geçirmesine neden olmaktadır. Afetzedeler üzerinde sosyal, ekonomik ve psikolojik sorunlar oluşmaktadır. Çoğunlukla afetten hemen sonra tercih edilen çadır yaşamında ortaya çıkan olumsuz hijyen, sağlık, mahremiyet, güvenlik ve iklim koşulları afetzedelerin iyi biçimde yaşamalarına engel olmaktadır. Yaşanan kayıpların ardından, bu tür zorlukların

yaşanmaması için kullanılmakta olan konvansiyonel yöntemlerin yerine tasarlanan bu model önerilmektedir.

Dünyada ve Türkiye’de afet sonrası aşamalar için büyük miktarda para ayrılmaktadır. Genel olarak, afet sonrası acil durum aşamasında çadırlar, rehabilitasyon aşamasında prefabrik konutlar ve yeniden yapım aşamasında ise kalıcı konutlar yapılmaktadır (Şekil 6.2). Afet sonrası kullanılan geçici konutlarda farklı donanım ve malzemeler gerekli olmaktadır. Bir evrede kullanılan donanım ve malzemeler diğer evrelerde kullanılamamaktadır. Böylece ekonomik açıdan harcama miktarı artmaktadır. 1999 Marmara depreminde ilk olarak çadır kentlerin kurulması için milyarlarca lira harcanmıştır. Çadırların uzun süre kullanıma elverişli olmamasından dolayı geçici prefabrikler yapılmıştır. Sayıştay (2002/3) raporuna göre geçici konut üst yapı müteahhit firmalara, alt yapı ise; İller bankasına (su, kanalizasyon), Karayolları Genel Müdürlüğü’ne (yol), ve TEDAŞ’a (elektrik) yaptırılmıştır. Sonuçta Marmara depreminden sonra, afet sonrası çadır kent ve prefabrik konutlar için 166 milyon TL harcanmıştır. Meblağın büyüklüğü durumun önemini açıkça göstermektedir (Sayıştay,2002/3).

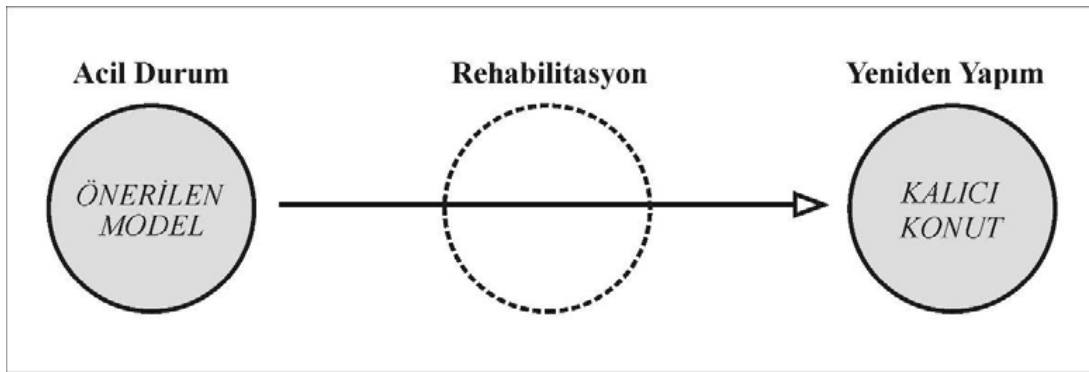
Afet sonrası rehabilitasyon maliyetinin yüksek olması, oluşan hasar ve yıkımları azaltmak için afet öncesi önlemlerin alınmasının önemini ortaya çıkarmaktadır. Zarar azaltmanın iki temel amacı vardır (İTÜ Afet Yönetim Merkezi, 2005);

- 1- İnsanlar ve yapıları korumak.
- 2- Afet sonrası müdahale ve iyileştirmenin maliyetini azaltmak



Şekil 6.2. Afet sonrası aşamalar ve konvansiyonel yapım sistemleri

Model acil durum ve rehabilitasyon aşamalarında kullanılmak için önerilmektedir. Çadır ve prefabriklerin yerine önerilen prototip, iki aşamayı birleştirerek (acil durum ve rehabilitasyon) gereksiz maddi harcamaları önlemektedir. Böylece afet sonrası kullanılan prototipler yeniden yapım (kalıcı konut) aşamasına kadar kullanılabilir (Şekil 6.3.). Önlenecek gereksiz harcamalar, devlet ekonomisine büyük katkı da sağlamaktadır. Önerilen prototip, çadırla karşılaştırıldığında daha pahalı bir barınak olarak görülmektedir. Ancak modelin yeniden yapım evresine kadar kullanılması durumunda gereksiz harcamaları önleyerek daha ekonomik olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6.3. Afet sonrası aşama önerisi

Önerilen modelin uzun süre depolama ve tekrar tekrar kullanıma uygun olması modeli ekonomik hale getirmektedir.

6.7. Modelin Tasarım İlkeleri

Birleşmiş Milletlerin kriterlerine göre, doğal afet sonrası acil durum aşaması ilk beş gün içinde gerçekleşmektedir. Rehabilitasyon aşaması ise beş gün ile üç ay içinde gerçekleşmektedir (UNDRO, 1982). Ancak Türkiye’de özellikle deprem sonrası rehabilitasyon aşaması uzun sürmektedir. 1999 Marmara depremi sonrasında geçici prefabrik konutların tamamlanması iki yıl üç ay sürmüştür (Bütün, vd., 2005). Bu durum da rehabilitasyon aşaması büyük önem kazanmaktadır.

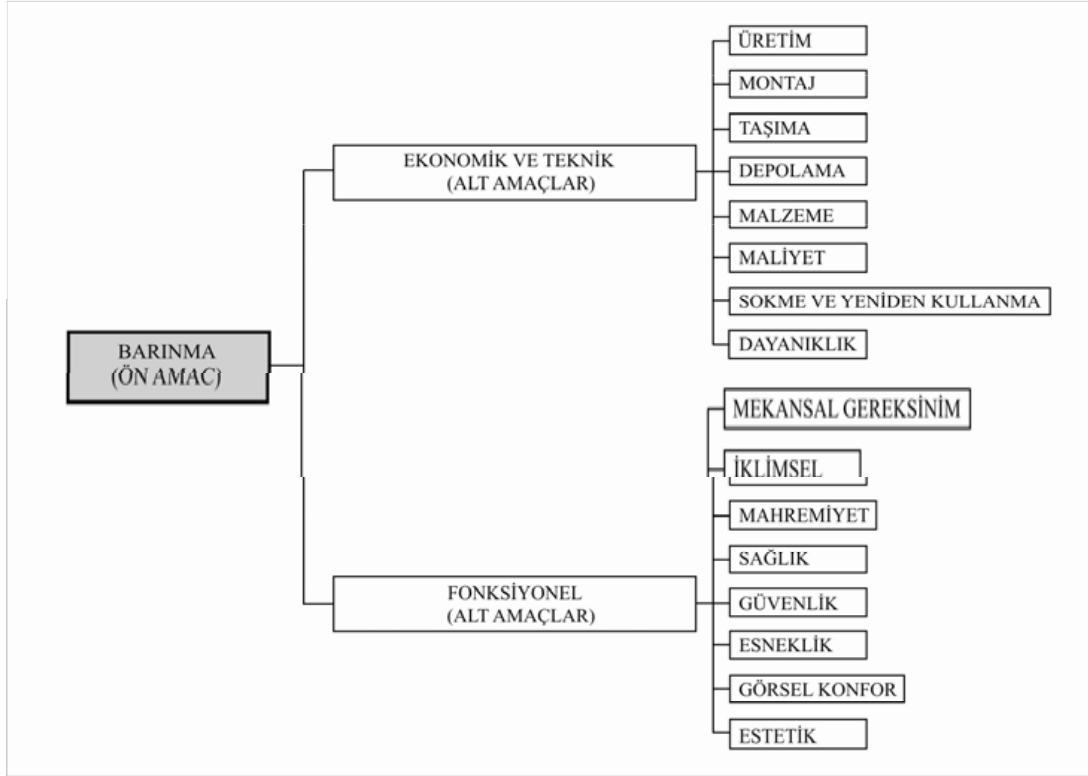
1987 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi’nde Prof. Dr. Yıldız Şey, Doç. Dr. Mete Tapan ve Araş. Gör. Alaattin Kanoğlu tarafından “Afet Sonrası Barınma ve Geçici Konut Tipi Araştırması” adı altında kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Araştırma, dünyada geçici konut örneklerinden yararlanılarak ve ülkemizin koşulları göz önüne alınarak bir ön amaç

sistemi saptanmaya çalışılmıştır. Bu ön amaç sistemi, iki ana başlık altında incelenmiştir. Bunlar; ekonomik ve teknik amaçlar, fonksiyonel alt amaçlar (Şekil 6.4), [Sey, vd., 1987]. Araştırmada belirlenen ön ve alt amaçlar, geçici barınağın kriterlerini ve ilkelerini belirlemektedir. Çalışmada önerilmekte olan model, aşağıda belirtilen ilkeler doğrultusunda incelenmektedir.

6.7.1. Ekonomik ve teknik ilkeler

Afet zararının azaltılmasında, afet öncesi yapılan hazırlık büyük önem taşımaktadır. Afet öncesinde barınak üretimi ve stoklanması afet sonrası zararın azaltılmasında büyük rol oynamaktadır. Barınak üretiminden önce barınağın ekonomik ve teknik açıdan irdelenmesi gerekmektedir. Afet öncesinde belirli sayıda üretilip depolanması ve üretim öncesi modelin ekonomik ve teknik açıdan kriterlere uygun olması gerekmektedir. Önerilen modelin afet sonrasında barınak olarak, ekonomik ve teknik standartlara uygunluğu aşağıdaki başlıklar açısından incelenecektir :

- Üretim
- Montaj
- Taşıma
- Depolama
- Malzeme
- Maliyet
- Sökme ve yeniden kullanma
- Dayanıklılık



Şekil 6.4. Barınma ön ve alt amaç şeması

A- Üretim:

Model, uluslararası yardım kuruluşlarına, AFAD'a ve Kızılay' a acil durumlarda barınak olarak kullanılmak üzere önerilmektedir. Acil durum ve rehabilitasyon aşamaları için, çadır tipi, Mevlana evleri, prefabrike barınakların yerine önerilmektedir. Model hareketli yapı sistemlerinin geçici afet korunaklarına uygulanması mantığına dayalı yeni bir modeldir. Önerilen model çok rahatlıkla herhangi bir sanayi kuruluşu, perefabrik yapı imalatı yapan sanayi kuruluşları tarafından imal edilebileceğinden yeni bir teknolojiye ya da yatırıma ihtiyaç duyulmayacaktır.

B- Montaj:

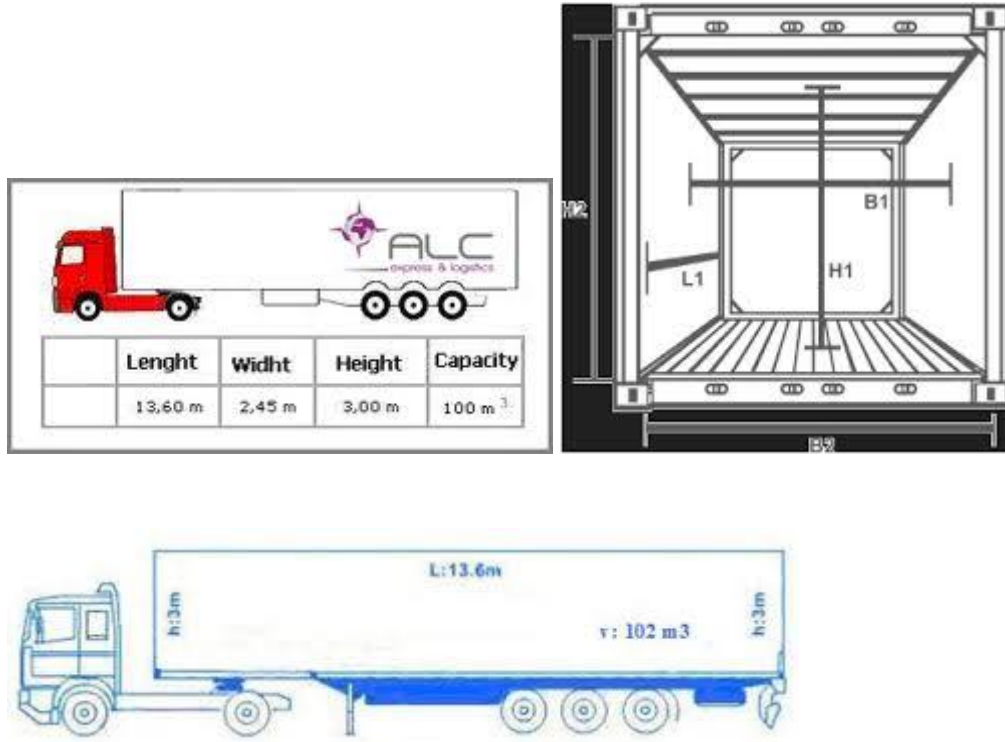
Afet bölgesine getirilen barınakların hızlı biçimde kurulması gerekmektedir. Tekerlerin rahat hareketini sağlamak amacıyla zemine beton atıldıktan sonra hiçbir özel bilgi, teknoloji ve kalifiye elemana ihtiyaç duyulmaksızın iki kişi tarafından maksimum bir iki dakika içinde montajı yapılabilir.

Model afet alanına bir tıra dört adet sıgacak şekilde paketli biçiminde taşınabilmektedir. Model, portatif vinçle model üzerindeki kancalardan kaldırılarak montaj alanına indirilebilir. Ayrıca modelin montajı her iklimde ve koşulda rahat bir biçimde yapılabilir. Ancak hareketli ünitenin kullanılabilecek biçime gelmesi için mekanik düzenek ile sistemi açarak genişletmek gerekmektedir (Resim 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5). Mekanik düzenek elektrik ya da ona benzer enerjiye ihtiyaç duyulmaksızın insan gücüyle çalışmaktadır. Mekanizma, krikon mantığıyla manüel bir şekilde hareket ettirilerek açılmaktadır. Montaj işlemi gereksiz kurulan model, afet bölgesinde mühendislik desteğine gerek duymamaktadır. Başka bir deyişle; afet bölgesinde mühendis olmadan ya da şantiye kurulmadan da barınaklar kurulabilecek niteliktedir. Modelin montajı nitelikli iş gücü gereksiz yapılabilir. Modeli kullanacak olan iki afetzedede barınağı kurabileceklerdir. Afetzedelerin modeli kurması için modelin iki yanında bulunan çelik kolları dairesel bir biçimde çevirmeleri yeterli olacaktır (Resim 6.2).

Kollar dairesel bir biçimde çevrildikçe pantoğrafik açılıp-katlanabilir hareketli yapıların ana elemanı aynı zamanda makas tipi eleman olarak adlandırılan iki boyutlu pantografik elemanlar dışı doğru açılmaktadır. Bu dışı açılma hareketiyle tekerler dışı doğru hareket etmekte, tavan ve taban çerçevesine monteli olan paneller sistemle beraber dışı doğru açılmaktadır. Modelin açılma adımları bölüm 6.8’ de detaylı olarak anlatılmıştır.

C- Taşıma:

Afet sonrası barınaklar merkezlerden (depolardan) afet bölgesine taşınmaktadır. Model; hava, kara ve deniz yoluyla taşınabilmektedir. Önerilen model, paketlenmiş haliyle en =120 cm, boy=650cm, yükseklik=270cm ölçülerindedir. Mekanik düzenek sisteminden dolayı taşıma aşamasında paketlenmiş halde daha az alan kaplamaktadır. Paketlenmiş model kara yollarında tır aracıyla taşınabilmektedir. Şekil 6.5’ de görülen tır ölçüleri dikkate alınarak ; bir tır dört adet paketlenmiş geçici afet barınağı taşıyabilmektedir. Bu da nakliye maliyetini prefabrik konutlara göre 3/4 oranda azaltmaktadır.



Şekil 6.5. Tır ölçüleri

D- Depolama:

Afet öncesi hazırlık süresinde belirli miktar hareketli geçici afet korunağı üretilmelidir. Üretilen korunaklar depolarda stoklanarak acil durumlarda kara, hava ya da deniz yoluyla afet bölgesine taşınmalıdır. Açılmış haliyle en=270cm, boy=650cm, yükseklik=270cm ölçülerinde olan barınak, mekanizma yardımıyla kapatılarak en=120cm, boy=650cm, yükseklik=270cm ölçülerinde paketli bir hale gelmektedir. Sistemin paketli bir hale gelmesi depolamayı kolaylaştırmakta, ve depolama dayanımını ve depolama süresini arttırmaktadır. Barınağın paketlenerek depolanması depolama için gerekli alan tasarrufu sağlamaktadır. Prefabrik konutlarda depolama devlet için başlı başına bir problem teşkil etmektedir. Prefabrik konutlarda depolama için en az dört kat daha fazla alana ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca prefabrik konutlar depolama esnasında çok büyük zarar görmektedir. Bu durum yeniden kullanım için ek bir onarım masrafı getirmektedir. Önerilen model paketlenmiş olarak depolanacağından hem depolama için daha az alana ihtiyaç vardır, hem de uzun süre depolama esnasında hareketli afet korunağı hasar görmeyecektir.

E- Malzeme:

Modelin iç ve dış bölümünde kullanılan malzemeler standart özelliğe sahiptir. Bu nedenle kullanılan malzeme yurt dışına bağımlılık gerekmeksizin kolay bir biçimde Türkiye’den temin edilebilecektir.

Model akordeon müzik aletine benzemektedir. Islak hacimde duvar ve zeminlerde PVC paneller kullanılması önerilmektedir. Bu malzeme nem ve suya karşı direnç göstermektedir.

F- Maliyet:

Model, çadırla kıyaslandığı zaman üretim, nakliye,depolama maliyeti daha yüksektir. Ancak model acil durum ve rehabilitasyon aşamalarının her ikisinde birden kullanılacağından daha ekonomiktir. Modelin depolanıp tekrar tekrar kullanılabilme dayanımına sahip olması da modeli hem çadır tipi barınmaya hem de Mevlana evlerine göre daha ekonomik hale getirmektedir. Bir tırla dört adet barınak taşınabiliyor olması ve daha az depolama alanına ihtiyaç duyulması bakımından da prefabrik konutlara göre daha ekonomik bir çözüm olacaktır. Modelin üretiminde kullanılan malzemelerin çoğunlukla geri dönüşümlü olması ve modelin üretilmesi için yeni fabrikalar kurulmasına gerek olmaması, maliyeti büyük derecede düşürmektedir. Modelin çatısına konulabilecek güneş panelleri sayesinde barınağın enerji ihtiyacı karşılanabilecektir. Enerjide tasarruf, devletin ekonomisine katkıda bulunacaktır. Ancak taşıma ve depolama aşamaları çadır ve Mevlana evlerine göre kısmen daha pahalı, prefabrik konutlara göre daha ekonomik olmaktadır. Modelin montajı için özel ekip ve ekipmana ihtiyaç duyulmaması hareketli afet korunağını Mevlana evleri ve prefabrik konutlara göre daha avantajlı hale getirmektedir.

F- Sökme ve Yeniden Kullanma:

Sistem sabit bir çekirdekten ve hareketli bir üniteden oluşmaktadır. Sistemin tamamı tek parça olarak hareket etmektedir. Hareketli ünitenin kapalı biçime gelmesi için mekanik düzenek ile sistemi kapatmak gerekmektedir. Mekanik düzenek elektrik ya da ona benzer enerjiye ihtiyaç duyulmaksızın insan gücüyle çalışmaktadır. Mekanizma, krikonun biçiminde manüel bir şekilde hareket ettirerek açılıp-kapanmaktadır. Sökme işlemi

gerekmezsizin paketlenebilen model, afet bölgesinde mühendislik desteğine gerek duymaksızın kolun çevrilmesi ile kapalı hale getirilmektedir. Başka bir deyişle; afet bölgesinde mühendis olmadan ya da şantiye kurulmadan da barınaklar paketlenebilecek niteliktedir. Modelin paketlenmesi nitelikli iş gücü gerekmezsizin yapılabilmektedir. Modeli iki kişi her iki yandaki çelik kolları çevirmek suretiyle kapalı sabit bir hücre haline getirip, tam kapalı hale geldiğinde yanlardaki mandalları kapatmak suretiyle sistemi kilitleyip paketli hale getirebilir (Resim 6.1). Paketlenen barınaklar portatif vinçlerle tırlara yüklenerek depo alanlarına yeniden kullanım için sevkedilebilir. Depo alanlarının bir kenarına kurulacak bir atölye ile gerekli bakımları yapılabilir. Sistem tekrar tekrar kullanıma uygun tasarım ve dayanıklılığa sahiptir. Bu da uzun vadede ekonomik tasarruf sağlamaktadır.

G- Dayanıklılık:

Sağlam bir çelik çerçeveden, bu çerçevelere bağlanan sıkıştırılmış sandviç panellerden oluşan afet barınağı dış etkilere ve darbelere karşı dayanıklıdır. Tekrar tekrar kullanıma uygun dayanıma sahiptir. Model, doğal ve yapay dış etkilere karşı (yağmur, kar, aşırı sıcak/soğuk, nem, rüzgâr/fırtına, yangın) dayanıklıdır.

6.7.2. Fonksiyonel ilkeler

1999 Marmara depreminde çadırlarda veya benzer tip barınaklarda barınan afetzedeler büyük sıkıntılar yaşamışlardır. Dünyanın her yerinde karşı karşıya gelinen bu sorun tasarımcıların ilgisini çekmektedir. Modelin, ekonomik ve teknik amaçları üreten için önemli ise, fonksiyonel amaçları da kullanıcı için önemli olmaktadır. Örneğin çadır tipi barınak ekonomik ve teknik açıdan başarılı bir barınak tipi görülebilir, ancak fonksiyonel açıdan büyük eksiklikleri bulunmaktadır. Afetzedeler için tasarlanan hareketli model, maksimum ihtiyaçları minimum alana sığdırmayı amaçlamıştır.

Önerilen modelin, afet sonrasında barınak olarak fonksiyonel standartlara uygunluğu aşağıdaki başlıklar açısından incelenecektir:

- Mekânsal Gereksinim
- İklimsel konfor gereksinimi

- Mahremiyet
- Sağlık
- Güvenlik
- Esneklik
- Görsel ve Fiziksel konfor
- Estetik

A- Mekânsal Gereksinim

Çadır tipi barınaklarda ve Mevlana evlerinde mutfak, banyo, tuvalet gibi bölümlerin olmaması afetzedelerin hayatını zorlaştırmaktadır. Önerilen tasarımda hem hayat kalitesi için gerekli bu bölümler hareketli afet korunağının içine yerleştirilmiş, hem de hareketli yapısıyla katlanıp paketlenen modelin nakliye ve montaj maliyeti prefabrik konteyner evlere göre daha düşüktür. Bu amaçla model içerisine sabit bir ünite tasarlanmıştır. Bu sabit ünitenin içinde mutfak, tuvalet ve banyo bölümleri montajı yapılmış olarak bulunmaktadır. Bu bölümlerin sabit olması montaj maliyetini düşüren bir avantajdır. Sabit ünitenin içindeki mutfakta; mutfak dolapları, mutfak tezgahı, tezgah altı dolap, mini bir buzdolabı, ankastre bir ocak, mutfak masası, masa etrafında köşeli bir oturma gurubu ve hareketli bir televizyon sabit olarak bulunmaktadır. Sabit ünitenin içinde banyo ve tuvalet bir aradadır. Tuvalet, banyo bölümü hareketli yaşam bölümünden akordeon bir kapıyla ayrılmıştır. Banyonun içinde klozet, duşakabin, lavabo, ayna sabit olarak yer almaktadır. Şekil 6.5' teki tır ölçülerini baz alarak katlanmış haliyle bir tıra dört tane hareketli afet korunağı sığacak şekilde tasarım yapılmıştır. Açılmış haliyle en: 270 cm, boy: 650 cm, yükseklik 270 cm'dir. Katlandığında ise en 120 cm' ye düşmektedir. Her türlü iklim koşulunda kullanılması amacıyla çatıya %5 eğim verilmiştir. Sabit hücre en: 100cm, boy: 650cm, yükseklik: 270cm ölçülerindedir.

Hareketli deprem konutunun içinde açılıp kapanan gündüz oturma amaçlı, gece yatak olarak kullanılabilir katlanabilir ranza bulunmaktadır. Ranzanın alt kısmı bazalıdır. Bu konut dört kişilik bir ailenin barınabileceği şekilde tasarlanmıştır. Yapılan tasarımın tam kapalı halden tamamen açılana kadar geçen süreçteki açılma aşamalarına ait detay resimleri verilmiştir. Hareketli kısım tekerler üzerinde hareket ederek açılmaktadır. Kolun çevrilmesi ile oluşan kuvvetin etkisiyle makaslar dışa doğru hareket ederek hareketli kısmı

bir akordiyon gibi açmaktadır. Yapılan tasarıma ayit üç boyutlu bir animasyon tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım tezle birlikte sunulacaktır.

Sonuç olarak model afetzedelerin birçok ihtiyacını karşılamaktadır. Çadır tipi barınaklar ve Mevlana evleri, yalnızca yatma gereksinimi karşılamaktadır. Oysa önerilen model; yatma, yemek pişirme, yemek yeme, oturma, yıkanma, lavabo ve w.c ihtiyaçlarını asgari düzeyde sağlamaktadır.

B- İklimsel:

Çelik çerçevelere monte edilen sıkıştırılmış sandviç paneller sayesinde iklimsel farklılıklara karşı konforlu bir yaşam ortamı sağlanmaktadır. Soğuk iklimlerde mekân, elektrik ısıtıcılarla ısıtılmaktadır. Modelin üst kısmındaki sabit hücre üzerine yerleştirilmesi düşünülen güneş panellerinden üretilen elektrik ile yemek, sıcak su, aydınlatma ve mekânı ısıtma eylemleri gerçekleştirilebilmektedir. Güneş panellerinin alıcının talebine göre sabit hücre üzerine yerleştirilmesi düşünülmektedir. İklimsel konfor çadır tipi barınaklarda ve Mevlana evlerinde sağlanamadığı için bu tip barınakların en büyük dez avantajıdır.

C- Mahremiyet:

Barınak, içinde yaşayan aile bireylerinin gerekli ölçüde görsel mahremiyetlerini sağlamaktadır. Model, dış mekana kapı ile bağlantılı olmaktadır. Bir evde olduğu gibi dış kapının kapatılmasıyla aile için gerekli görsel mahremiyet sağlanmaktadır. İşitsel mahremiyet açısından ise, modelde tüm duvarlarda sıkıştırılmış sandviç paneller seçilmiştir. Böylece afet barınakları ile dış ortam arasında işitsel mahremiyet sağlanabilmektedir. İşitsel mahremiyet çadır tipi barınaklarda ve Mevlana evlerinde istenildiği gibi sağlanamamaktadır.

D- Sağlık:

Yalıtımlı yüzeyler (zemin, duvar ve tavan) sayesinde, ısı geçişini engelleyerek sağlıklı ve yaşanabilir bir mekân oluşturulmaktadır. Zeminle temaslı barınaklarda zeminden gelen soğuk, nem, hayvan ve haşereler afetzedelere büyük zarar vermektedir. Model, ayaklar

üzerinde belirli bir yükseklik üzerindedir. Bunun sayesinde zeminden 300 mm yükselmektedir. Böylece zeminden gelen soğuk ve zararlı hayvanlardan veya haşerelerden korunabilmektedir. Model içerisinde mutfak, banyo ve tuvaletin her bir ailenin özel kullanımına ait olduğu için sağlık için gerekli hijyen sağlanmaktadır. Oysa çadır tipi barınmada ve Mevlana evlerinde mutfak, banyo ve tuvalet ihtiyaçları ortak kullanım alanlarında sağlanmaktadır. Bu durum sağlık için gerekli hijyenin sağlanmasını engellemektedir.

E- Güvenlik:

Modelde kullanılan malzemeler yanıcı özelliğe sahip değildir. Ayrıca yüksek ısı artışına bağlı olarak zehirli gazlar üretmemektedir. Model tek bir ailenin özel kullanımına ait olacağı için güvenlik dış kapının kapatılıp kilitlenmesi ile sağlanacaktır.

F- Esneklik:

Model dört kişilik aile için tasarlanmıştır. Gerekli olması halinde hareketli makaslarda ve yan duvarlarda boyutlarda değişiklik yapılarak, daha büyük aileler için daha geniş bir yaşam alanı elde etmek mümkündür.

G- Görsel ve Fiziksel Konfor:

Model iç mekanda gündüz saatlerinde yeteri kadar gün ışığından yararlanmayı sağlayacak pencereye sahiptir. İç mekanda ailenin günlük hayatını kolaylaştıracak mutfak dolapları, mutfak tezgahı, buzdolabı, mutfak masası, tv, açılıp kapanan gündüz oturma amaçlı, gece yatak olarak kullanılabilen katlanabilir ranza bulunmaktadır. Ranzanın alt kısmı bazalıdır. Bu konut dört kişilik bir ailenin barınabileceği konfora sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

H- Estetik:

Model mevcut kullanılan afet korunaklarına göre estetik bir dış görünüme sahiptir. Aydınlatma için yeterli pencerenin bulunması iç mekana sıcak bir hava katmaktadır. İç mekanda kullanılan malzemelerin ahşap mobilya olması mekana görsel estetik

vermektedir. Mekanın konforlu olması ve bu konforun görsel estetiklikle desteklenmesi afetzedeleri bir nebze de olsa psikolojik olarak rahatlatacaktır. Modelin yerden yüksek oluşu ya da yerle temas etmemesi, modelin dinamik görüntüsünü desteklemektedir. Model çadır, Mevlana evleri ya da bir prefabrik ile karşılaştırıldığında oldukça zengin iç yapı öğelerine sahiptir. Ahşap mobilyalar mekanı zenginleştirmektedir. Islak mekânların birim içinde olması fakat görülmemesi, mekânın konforunu artırmaktadır.

6.8. Modelin Tasarım Birleşenleri

Afet korunağı tasarımının modellemesi 3DS MAX adlı üç boyutlu modelleme ve animasyon programıyla yapılmıştır. Afet korunağı üç boyutlu olarak modellenmiş ve açılıp-katlanma animasyonu yapılmıştır. Model açılıp-katlanan hareketli bir tasarım olduğu için 3DS MAX programıyla modelleme yapılarak tasarım görsel olarak anlaşılır hale getirilmiştir.

Model, en: 100cm, boy: 650cm, yükseklik: 270 cm olan sabit bir hücre, açılmış haliyle en: 270cm, boy: 650cm, yükseklik: 270cm ölçülerinde olan hareketli bir afet korunağıdır. Hareketli afet korunağı modelinin taşıyıcı iskeleti 120*120*5 mm kutu profildir.

Modelin sabit hücresi 300 mm yüksekliğinde dört adet ayak üzerinde durmaktadır. Modelin zemine oturmamış olması zeminden gelen soğuk ve zararlı hayvanlardan veya haşerelerden korunmayı sağlamaktadır.

Hareketli ünitenin kullanılabilecek biçime gelmesi için mekanik düzenek ile sistemi açarak genişletmek gerekmektedir (Resim 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5). Mekanik düzenek elektrik ya da ona benzer enerjiye ihtiyaç duyulmaksızın insan gücüyle çalışmaktadır. Mekanizma, kriko biçiminde manüel bir şekilde hareket ettirerek açılmaktadır. Montaj işlemi gerekmeksizin kurulan model, afet bölgesinde mühendislik desteğine gerek duymamaktadır. Başka bir deyişle; afet bölgesinde mühendis olmadan ya da şantiye kurulmadan da barınaklar kurulabilecek niteliktedir. Modelin montajı nitelikli iş gücü gerekmeksizin yapılabilir. Modeli kullanacak olan iki afetzede barınağı kurabilecektir. Afetzedelerin modeli kurması için modelin iki yanında bulunan çelik kolları dairesel bir biçimde çevirmeleri yeterli olacaktır (Resim 6.2).

Mekanik düzenek modele kinetik bir boyut kazandırmaktadır. Kinetik özelliği birçok yönden avantaj sağlamaktadır. Mekanik düzenek sayesinde kapalı durumda olan modelin alanı genişleyerek büyümektedir. Açılıp katlanabilen hareketli yapılar, geçici yapıların yanı sıra endüstri yapılarında, askeri yapılarda ve uzay endüstrisinde kullanılmaktadır. Modelde pantograf tip denilen makas şeklindeki hareketli yapı kullanılmıştır. Sistemin ilk örneklerinden biri İspanyol Emilio Perez Pinero'nun 1961'de gerçekleştirdiği ödüllü çalışması olan hareketli tiyatrodur. Perez bu çalışmasında üç bağlantı noktası olan çubuğun, diğer çubuklarla bağlantı noktalarından bağlandığı ve noktalardan belli bir açı ile dönebildiği pantograf mantığını kullanmıştır . Pantografik açılıp-katlanabilir hareketli yapıların ana elemanı aynı zamanda makas-tipi eleman (SLE) olarak adlandırılan iki boyutlu pantografik elemandır (Bkz. Şekil 3.9). Tüm bağlantı noktalarında pimlerle veya makas mafsallarıyla birleştirilmiş iki paralel ve düz çubuk takımı kullanılarak Şekil 3.9'daki gibi basit ve iki boyutlu katlanabilir bir pantografik yapı yapılabilir. Bu yapılarla ilgili detaylı bilgi tezin üçüncü bölümünde *Pantografik Açılıp-Katlanabilir Çubuk Yapıları* başlığı altında verilmiştir.

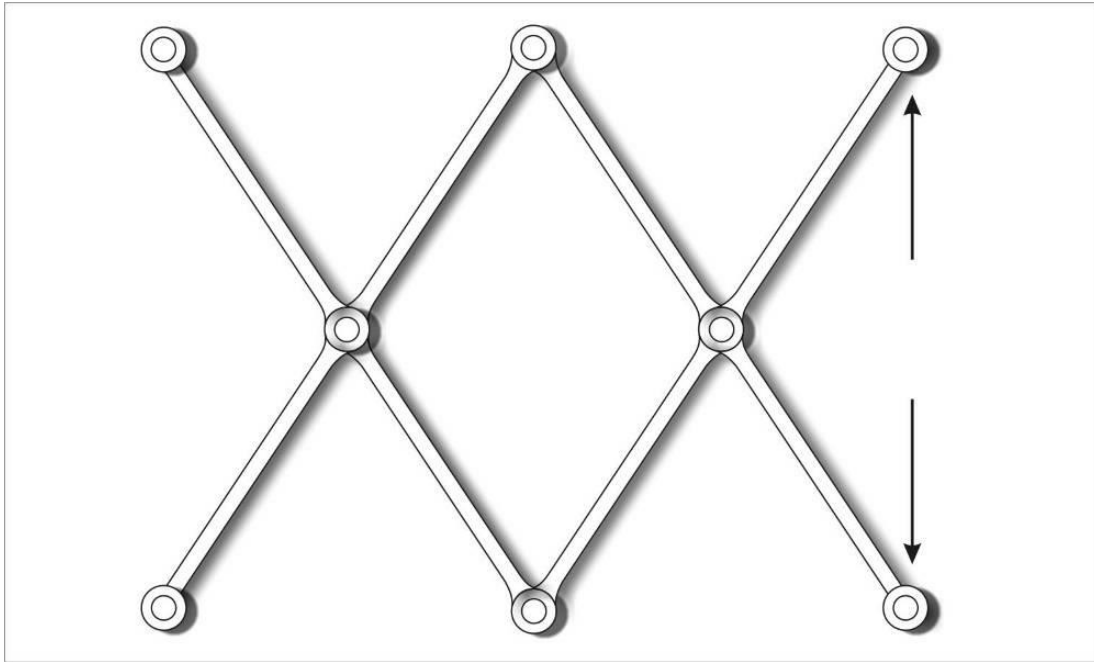


Resim 6.1. Hareketli afet korunağının tam kapalı hali

Açılıp katlanabilen sistem sayesinde modelin gerektiğinde kapalı ya da açık olması sağlanmaktadır. Ayrıca sistem katlanması gerektiğinde hacim değişikliği yapılabilmektedir. Mekanik düzeneğe sayesinde açılıp katlanabilen pantografik yapı sayesinde modelde hacim değişikliği yapılabilmektedir. Bu özellik nakliye, kurulum, depolama aşamalarında büyük avantaj sağlamaktadır. Böylece daha çok afet korunağı afet bölgesine kısa sürede nakledilebilmektedir.

Mekanik düzeneğin sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

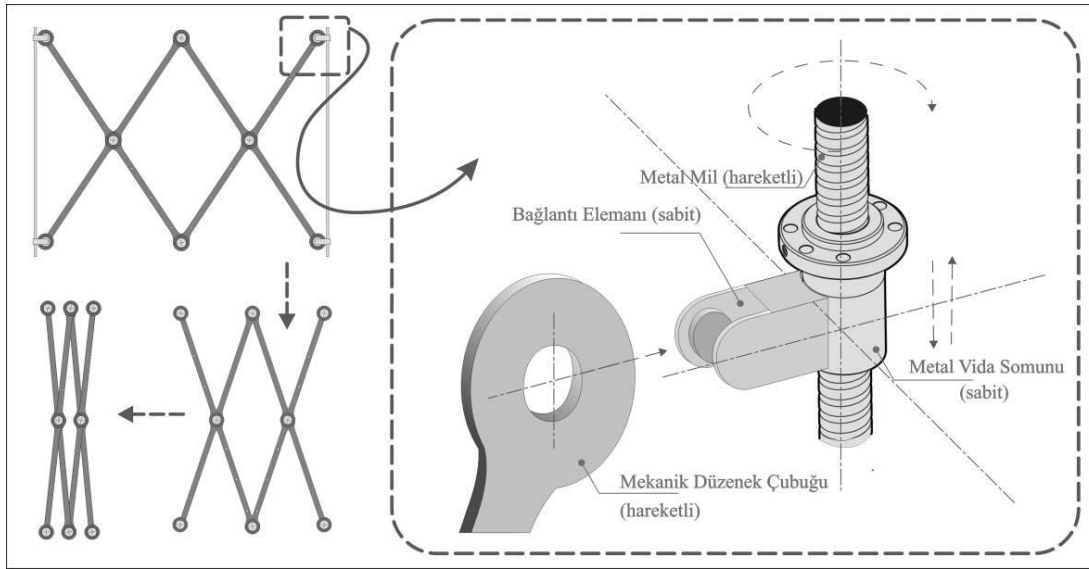
1. Taşımada kolaylık.
2. Kurulumda kolaylık.
3. Değişken hacim niteliği.



Şekil 6.6. Pantograf sisteminin çalışma mekanizması [Emekçi, 2005]

Pantograf sisteminde, çubukların yukarı ve aşağı yönde hareket edebilmesi için güç uygulanması gerekmektedir (Şekil 6.6). Afet bölgesinde elektrik gibi enerji kaynaklarının bulunması zordur. Bu nedenle sistemin kurulması için elektrik gibi enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmadan, manüel biçimde kurulabilmesi modelin önemli özelliklerinden biri olmaktadır. Mekanizmanın açılabilmesi için, manüel bir şekilde sistemde her iki yanda bulunan metal kolun çevrilmesi gerekmektedir.

Mekanik düzeneğin çalışma prensibi ise; son iki pantoğrafik çubuk dikey ekseninde metal mil ile bağlantı elemanı ile birleşmektedir. Metal mil, metal kolun insan gücüyle çevrilmesiyle dönerek bu iki çubuğun yukarı ve aşağıya hareket etmesini sağlamaktadır (Şekil 6.7). Bu hareket aynı şekilde diğer pantoğrafik çubukları da etkilemektedir. Mekanik düzeneğin araba krikosu ile (Mechanics of the car jack) benzer prensipte çalışmaktadır. Böylece pantoğrafik çubukların açılıp-kapanma hareketi ile modelin hacminde artış ve azalış (sistemin açılıp-katlanması) sağlanmaktadır.



Şekil 6.7. Modelin mekanik düzeneği – mil birleşim noktası detayı

Resim 6.1’ de tam kapalı haliyle görülen hareketli deprem konutu adeta kapalı bir akordiyonu anımsatmaktadır. Açılma esnasında sistem tekerler üzerinde dışa doğru hareket etmektedir. Orta hattaki kuşak hem sistemi kuvvetlendirmek hem de alttaki panellere (taban panelleri) platform oluşturmak amacıyla tasarlanmıştır (Resim 6.2). Aynı zamanda taban platformlarına açıldıktan sonra zemin oluşturmaktadır ve taban platformları için taşıyıcı kiriş görevi görmektedir. Taban panelleri tamamen açıldıktan sonra orta hattaki kuşak tabanında bulunan kaidelerin üzerine oturmaktadır. Uzunluk boyunca 100cm aralıklarla konulan bu kaideler taban panellerini desteklemektedir.

Metal Kolun çevrilmesi ile oluşan kuvvetin etkisiyle pantoğrafik çubuklar yuva içerisinde hareket ederek birbirine yaklaşmaktadır, bu hareketin etkisiyle orta hattaki kuşak ve dış çerçeve dışa doğru açılmaktadır. Bu açılmanın etkisiyle içe doğru katlanmış olan mafsallı çatı panelleri ve taban panelleri açılmaktadır (Resim 6.2, 6.3)



Resim 6.2. Hareketli afet korunağının açılma aşaması 1



Resim 6.3. Hareketli afet korunağının açılma aşaması 2

Açılma esnasında çatı panelleri orta hattaki direkler üzerinde kayarak hareket etmektedir. Sağdaki panel soldaki panel üzerine oturmakta ve aradaki sızdırmaz fitil sayesinde çatıda su sızdırmazlığı sağlanmaktadır.



Resim 6.4. Açılma sırasında çatının görünüşü



Resim 6.5. Tam açılmış hal

Sistem tam açık hale geldiğinde çatı panelleri orta hat üzerindeki kuşak üzerinde bulunan delik yuvalarından vidalanarak sabitlenmektedir. Bağlantı detayı Resim 6.6’ da gösterilmiştir. Böylece çatı tam açılmış halde sabitlenmektedir. Böylece modelin tam açılmış haldeki şekli korunmaktadır.



Resim 6.6. Tam açılmış halde çatı panelleri bağlantı detayı

Çatı panelleri de sabitlendikten sonra sistem tam açık hale gelmiştir. Modelin tam açık hali sabitlendikten sonra yan duvar panelleri de dışa doğru itilerek açılır. Hareketli afet korunağı tam açılmış halde kullanıma hazır hale getirilmiştir. Yan duvar panelleri de açıldığında (Resim 6.9) sistem içinde sabit ünite olarak tasarlanmış bölümdeki mutfak ve banyo kısmı kullanıma hazır hale gelir. İç duvara sabitlenmiş katlanmış durumundaki yatak açılarak kullanıma hazır hale gelir.



Resim 6.7. Katlanabilir yatağın açılma aşaması



Resim 6.8. Tekerlek detayı



Resim 6.9. Yan duvar panellerinin açılma aşaması 1

Yan duvar panelleri de açıldığında hareketli afet korunağı kullanıma hazır hale gelmektedir. Görüldüğü üzere kapı ve pencereler de dahil olmak üzere bir konutta ihtiyaç olabilecek her şey sistem üzerinde monte edilmiş durumdadır. Hareketli afet korunağını sadece afet bölgesine sevk etmek, paketlenmiş modeli üstteki kancalardan bağlayarak vinçle yerine indirip iki kişi ile birkaç saniye içinde kullanıma hazır hale getirmek mümkün olacaktır. Bu tasarım afet sonrasında barınma probleminin çok hızlı bir şekilde çözülmesini sağlayacaktır. Kalıcı konutlar tamamlandığında ya da acil durum ortadan kalktığında hareketli afet korunağı tekrar bir akordeon gibi katlanacak ve depolama sahasına yeniden kullanım için gönderilecektir. Katlama işlemini de iki kişi saniyeler içinde yapabilecektir. Ayrıca sistemin katlanabilir olması depolama için alan ihtiyacını minimuma indirmektedir.



Resim 6.10. Yan duvar panellerinin açılma aşaması 2



Resim 6.11. Yan duvar panellerinin tam açılmış hali



Resim 6.12. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 1



Resim 6.13. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 2



Resim 6.14. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 3



Resim 6.15. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 4



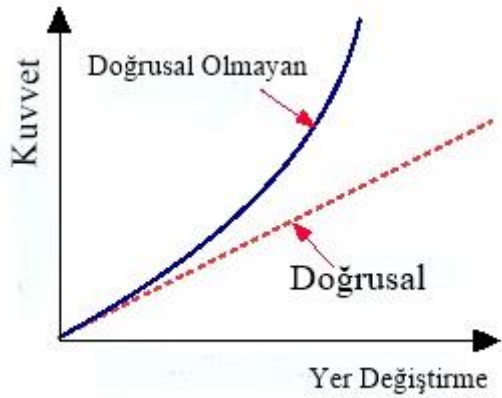
Resim 6.16. Hareketli afet korunağı iç mekan görünüşü 5

6.9. Hareketli Geçici Afet Korunağının Statik Analizi

Sisteme 25 000N 'luk bir kuvvet etki ettirilerek tam kapalı, %25 açık, %50 açık, %75, tam açık durumlar için statik analizler yapılmıştır. Analizler *Solid Works* isimli programın yardımıyla yapılmıştır. Her bir durum için gerilme, iç kuvvet, şekil değiştirme değerleri belirlenmiştir. Seçilen noktaların gerilme, iç kuvvet ve şekil değiştirme değerleri için çizelgeler oluşturulmuştur.

Tasarım dinamik bir sisteme sahip olduğu için inşaat mühendisliğinde tasarıma esas olan statik yükleri fazlasıyla taşıyacaktır. Dinamik yükleme halinde sisteme etki eden yükler daha büyük olduğundan, sistem statik yükleri rahatlıkla taşıyacaktır. Modelin taşıyıcı iskeleti çelik konstrüksiyon olduğu için gerilmeler *Solid Works* Programı yardımıyla Von Mises gerilmesi olarak hesaplanmıştır.

SolidWorks Doğrusal Olmayan Statik Analize Genel Bakış : Doğrusal statik analiz, yükler ile meydana gelen yanıt arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu varsayar. Örneğin, yüklerin büyüklüğünü ikiye katlarsanız yanıt da (yer değiştirmeler, gerinimler, gerilmeler, tepki kuvvetleri vb.) ikiye katlanır.



Şekil 6.8. Kuvvet-Yer değiştirme grafiği

Tüm gerçek yapılar belirli bir yükleme koşulu altında kaçınılmaz olarak doğrusal olmayan bir davranış sergiler. Bazı durumlarda, doğrusal analiz yeterli olabilir. Birçok durumda doğrusal çözüm, üzerine kurulduğu varsayımların ihlal edilmesi nedeniyle hatalı sonuçlar üretebilir. Doğrusal olmama durumu malzeme davranışından, büyük yer değiştirmelerinden ve temas koşullarından kaynaklanabilir.

Doğrusal bir problemi çözmek için doğrusal olmayan bir etüt kullanabilirsiniz. Farklı prosedürler nedeniyle sonuçlar biraz farklı olabilir.

Doğrusal olmayan statik analizde, atalet ve sönümlleme kuvvetleri gibi dinamik etkiler göz önünde bulundurulmaz. Doğrusal olmayan etüdün işlenmesi, statik etüde göre aşağıdaki açılardan farklılık gösterir:

Etüt Özellikleri : Doğrusal olmayan iletişim kutusu dört sekme içerir: Çözüm, Gelişmiş Seçenekler, Akış/Termal Etkiler ve Açıklamalar. Çözüm ve Gelişmiş Seçenekler sekmeleri problemin çözülmesinde kullanılacak sayısal prosedürlere ilişkin seçenekleri ve parametreleri ayarlar. Akış/Termal Etkiler ve Açıklamalar sekmeleri statik etüt özellikleri iletişim kutusundaki sekmelere benzerdir. Doğrusal olmayan statik analiz için zaman bir sahte değişkendir. Çözümün hangi yük düzeylerinde arandığını açıklar. Doğrusal olmayan dinamik analiz için zaman bir gerçek değerdir.

Malzeme: Statik etütler için sadece doğrusal izotropik ve doğrusal ortotropik malzemeleri seçebilirsiniz. Doğrusal olmayan etütler için ek olarak aşağıdaki malzeme modellerini tanımlayabilirsiniz:

- Doğrusal Olmayan Elastik
- Von Mises Plastisite (kinematik ve izotropik)
- Tresca Plastisite (kinematik ve izotropik)
- Drucker Prager Plastisite
- Mooney Rivlin Hiperelastik
- Ogden Hiperelastik
- Blatz Ko Hiperelastik
- Viskoelastik

Yükler ve Kısıtlamalar: Kuvvet kontrol yöntemi kullanıldığında, kısıtlamalar ve yükler zamanın fonksiyonları olarak tanımlanır. Visko-elastisite ve yorulma problemlerinin yanı sıra doğrusal olmayan dinamik analiz için de zaman gerçek bir değerdir. Diğer problemler için zaman, farklı çözüm adımlarındaki yük düzeyini belirten sahte bir değişkendir.

Yer değiştirme kontrolü, sadece kontrol eden DOF ile ilişkili eğriyi kullanır. Yay Uzunluğu kontrol yöntemi hiçbir zaman eğrisi kullanmaz.

Çözüm: Doğrusal olmayan etütlerin çözümü, sonuçların farklı çözüm adımlarında (yük ve kısıtlama düzeyleri) hesaplanmasını içerir. Sayısal prosedürler doğrusal statik etütlerin çözümünden daha karmaşıktır. Program, bir çözüm adımında doğru çözüme yakınsamayı ararken bazı yinelemeler gerçekleştirir. Bu nedenlerle, doğrusal olmayan etütlerin çözümü doğrusal statik etütlerin çözümüne kıyasla çok daha fazla zaman ve kaynak gerektirir.

Program, sonuçları farklı çözüm adımlarında hesaplamasına rağmen varsayılan olarak sadece son çözüm adımıdaki sonuçları kaydeder. Etüt özelliklerini tanımlarken sonuçların kaydedileceği konumları ve çözüm adımlarını seçebilirsiniz.

Sonuçlar : Sonuçlar zamanın fonksiyonlarıdır. Örneğin, gerilimler farklı çözüm adımlarında kullanılabilir. Sonuçları en son çözüm adımında görüntülemeye ek olarak, sonuçları çözüm için etüt özelliklerinde talep edilen diğer çözüm adımlarında da görüntüleyebilirsiniz. Etüt özelliklerinde seçilen konumlar için sonuçları sahte zamanın fonksiyonu (yük geçmişi) olarak grafiklendirebilirsiniz.

Akma ve kırılma kriterleri :

- Bir malzemenin herhangi bir noktasında gerilme değerlerinin tümü belli iken, o noktada hasar oluşup oluşmayacağına dair farklı teoriler ve kriterler vardır.
- Malzeme sünek ise akma, gevrek ise kırılma olup olmadığı bu kriterlere göre sayısal olarak belirlenir.
- Bu kriterlerde, akma veya kırılma kontrolü için tek eksenli çekme veya basma durumu referans alınır.
- Yapılan çekme veya basma testinden elde edilen gerilme-şekil değiştirme eğrisi ve değerleri, bu kriterlerde karşılaştırma parametrisi olarak kullanılır.

Sünek Malzemeler için Akma Kriterleri : Von-Mises (Eşdeğer Gerilme veya Maksimum Çarpılma Enerjisi) Kriteri: _Bu kritere göre çok eksenli yükleme durumundaki eşdeğer gerilme (von-mises gerilmesi) malzemenin akma gerilmesini aştığında o noktada akma oluşur. Çok eksenli gerilme hali, eşdeğer bir tek gerilmeyle ifade edilir.

Yani sanki o noktadaki tüm gerilme bileşenleri yerine tek bir eşdeğer gerilme var kabul edilir. *(Bu ise çarpılma enerjisinin akmaya sebep olduğu kabulünden ortaya çıkar.)*

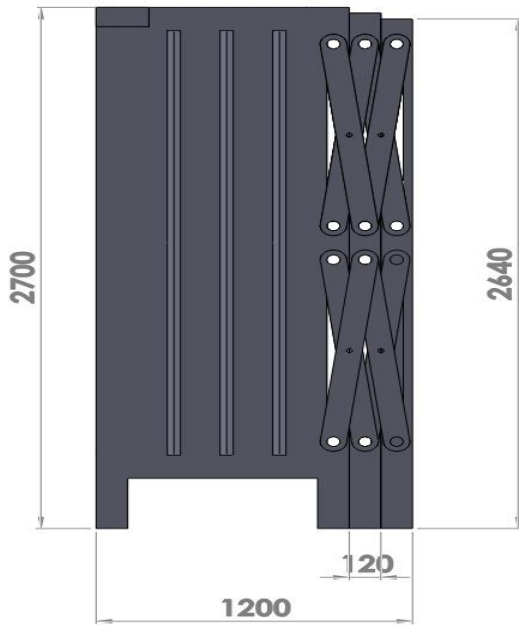
Bütün durumlar için malzeme özellikleri aşağıda verildiği gibidir:

Malzeme Özellikleri:

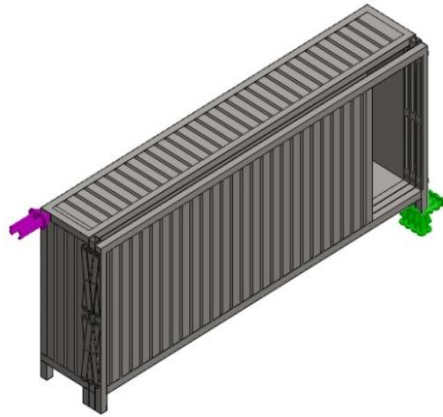
İsim : 1.0044 (S275JR)
 Model tipi : Doğrusal Elastik İzotropik

Akma mukavemeti : $2.75e+008 \text{ N/m}^2$
 Gerilme mukavemeti : $4.1e+008 \text{ N/m}^2$
 Elastikiyet modülü : $2.1e+011 \text{ N/m}^2$
 Poisson oranı : 0.28
 Kütle yoğunluğu : 7800 kg/m^3
 Yırtılma modülü : $7.9e+010 \text{ N/m}^2$
 Termal genişleme katsayısı : $1.1e-005 /\text{Kelvin}$

6.9.1. Tam kapalı halin analizi

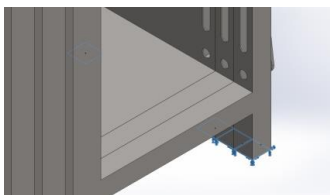
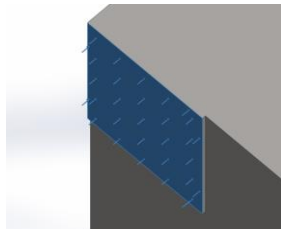


Resim 6.17. Hareketli geçici afet korunağının tam kapalı hali



Resim 6.18. Hareketli geçici afet korunağına kapalı haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası

Çizelge 6.3. Tam kapalı halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti

Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları			
Sabit-1		Objeler:	4 yüzler		
		Tip:	Sabit Geometri		
Kuvvetleri Kaldır					
Bileşenler	X	Y	Z	So	
Tepki kuvveti(N)	55.7977	-38.8316	24993.3	249	
Tepki Momenti(N-m)	0	0	0	0	
Yükl ismi	Resim Yükle	Yük Detayları			
Kuvvet-1		Objeler:	1 yüzler		
		Tip:	Normal kuvvet uygula		
		Değer:	25000 N		

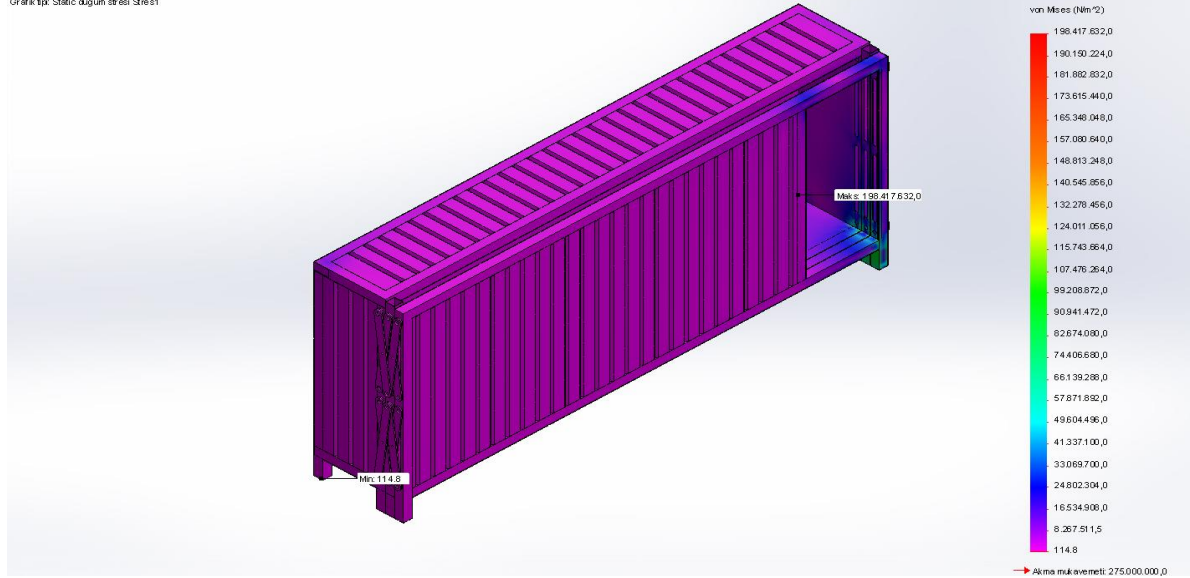
Tam kapalı halin etüd sonuçları :

Hareketli geçici afet korunağı tam kapalı haldeyken 25 000N' luk kuvvetin etkisi altında
 Düğüm: 128496 'da minimum 114.776 N/m² , Düğüm: 45608' de maksimum

1.98418e+008 N/m² gerilme oluşmuştur. Gerilme değerleri St 44' ün akma değerinin altında kaldığı için kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen 120*120*5 mm kutu profil kesit yeterlidir.

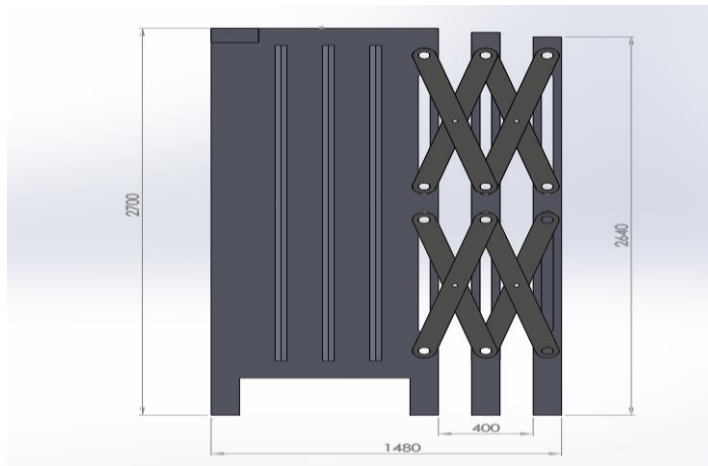
İsim	Tip	Min	Maks
Stres1	VON: von Mises Stresi	114.776 N/m ² Düğüm: 128496	1.98418e+008 N/m ² Düğüm: 45608

Model adı: TAM KAPALI DURUM 1
Eklid adı: Eklid 3
Grafik tipi: Statik düğüm stresi Stres1

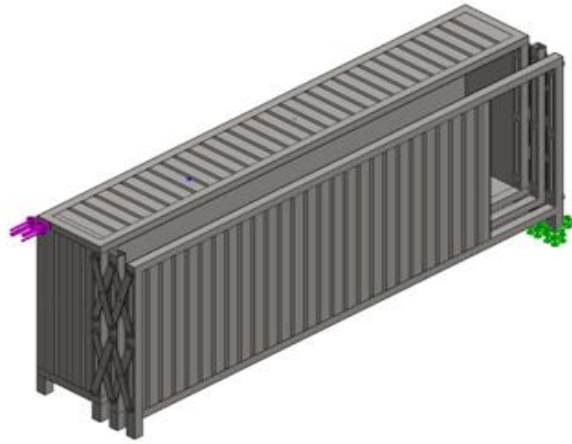


Resim 6.19. Tam kapalı halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri

6.9.2. %25 Açık halin analizi

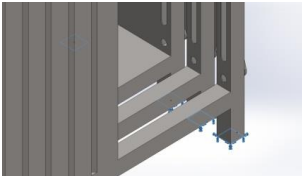


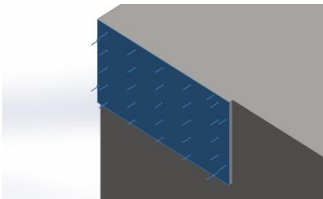
Resim 6.20. Hareketli geçici afet korunağının %25 açık hali



Resim 6.21. Hareketli geçici afet korunağına%25 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası

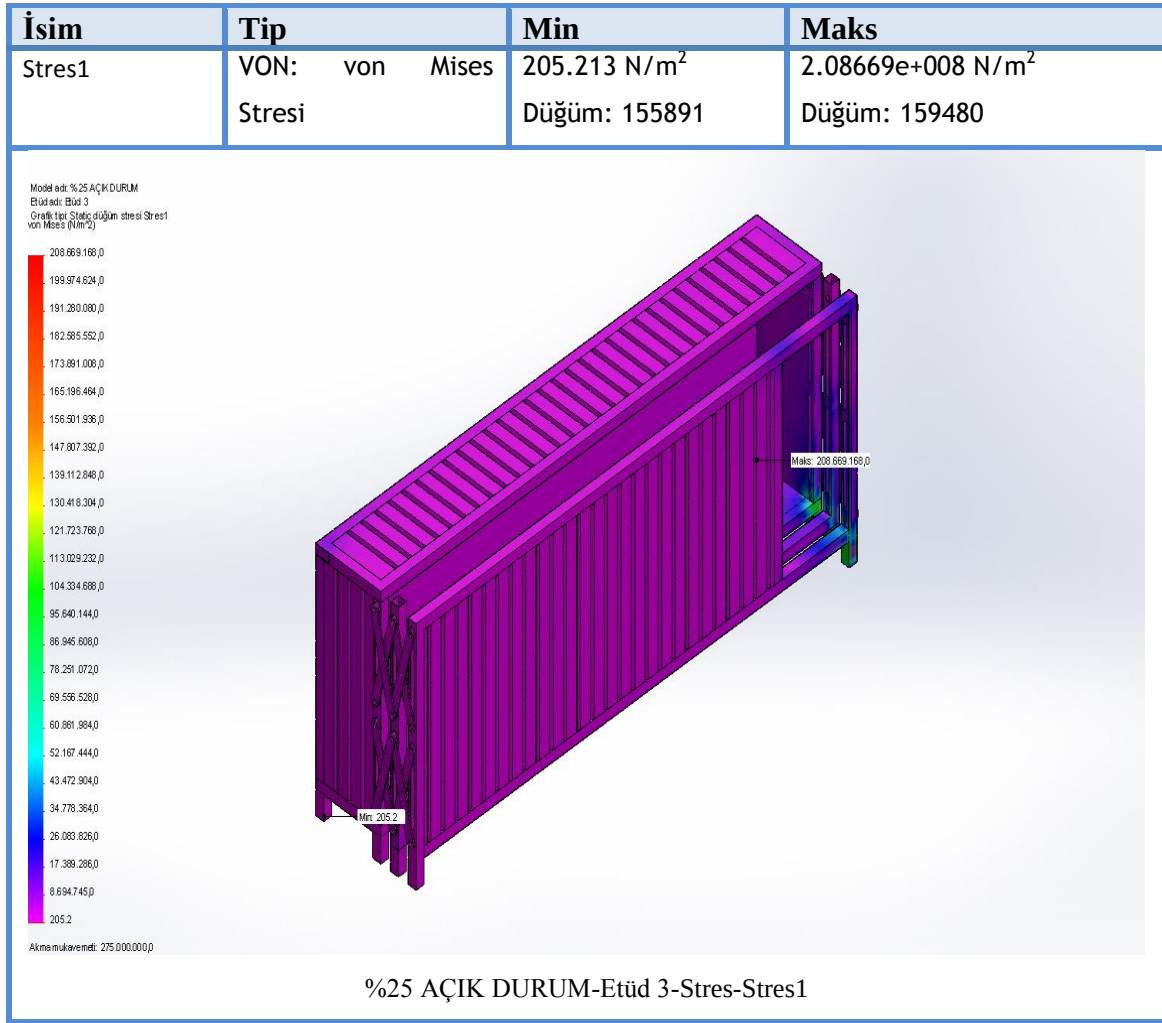
Çizelge 6.4. %25 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti

Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları			
Sabit-1		Objeler: 4 yüzler Tip: Sabit Geometri			
Kuvvetleri Kaldır					
Bileşenler	X	Y	Z	Sonuç	
Tepki kuvveti(N)	17.0122	-13.6605	24993.4	24993.4	
Tepki Momenti(N-m)	0	0	0	0	

Yükl ismi	Resim Yükle	Yük Detayları			
Kuvvet-1		Objeler: 1 yüzler Tip: Normal kuvvet uygula Değer: 25000 N			

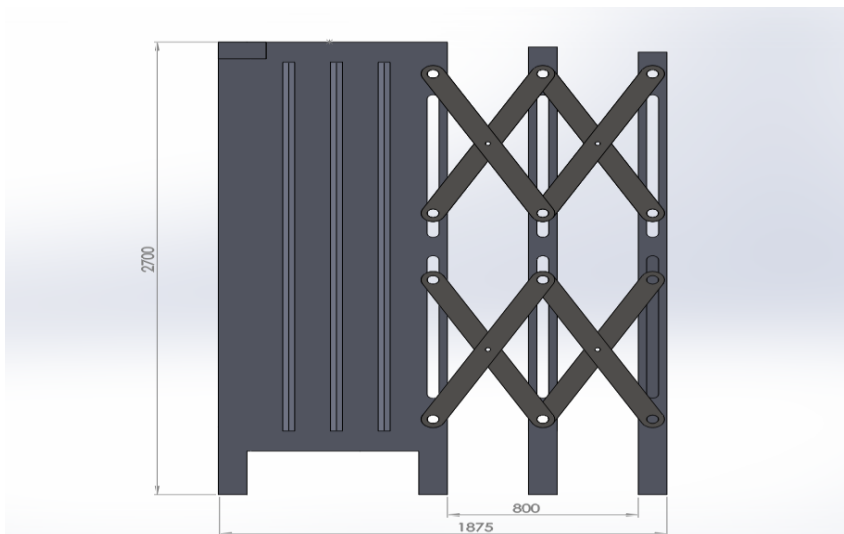
%25 Açık halin etüd sonuçları:

Hareketli geçici afet korunağı %25 açık haldeyken 25 000N' luk kuvvetin etkisi altında Düğüm: 155891 'de minimum 205.213 N/m², Düğüm: 159480' de maksimum 2.08669e+008 N/m² gerilme oluşmuştur. Gerilme değerleri St 44' ün akma değerinin altında kaldığı için kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen 120*120*5 mm kutu profil kesit yeterlidir.

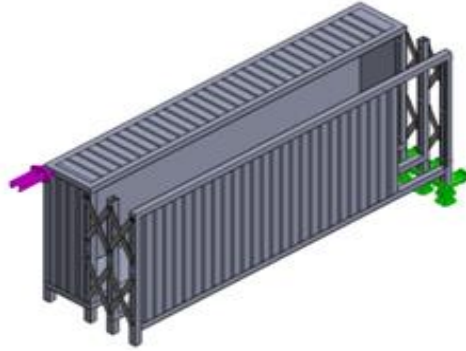


Resim 6.22. %25 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri

6.9.3. %50 Açık halin analizi

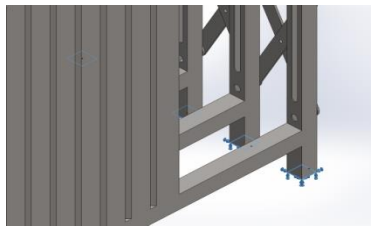
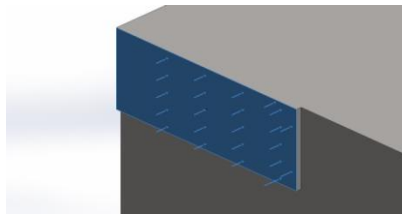


Resim 6.23. Hareketli geçici afet korunağının %50 açık hali



Resim 6.24. Hareketli geçici afet korunağına %50 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası

Çizelge 6.5. %50 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti

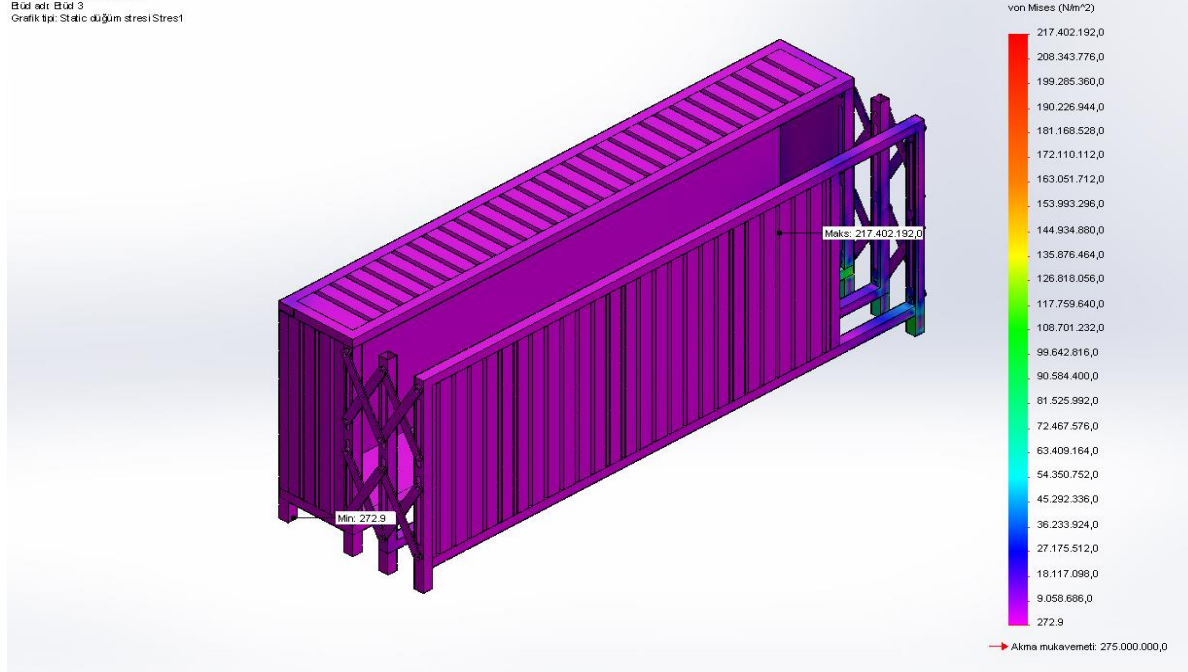
Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları			
Sabit-1		Objeler:	4 yüzler		
		Tip:	Sabit Geometri		
Kuvvetleri Kaldır					
Bileşenler	X	Y	Z	Sonuç	
Tepki kuvveti(N)	-16.085	-21.2166	25003.8	25003.9	
Tepki Momenti(N-m)	0	0	0	0	
Yükl ismi	Resim Yükle	Yük Detayları			
Kuvvet-1		Objeler:	1 yüzler		
		Tip:	Normal kuvvet uygula		
		Değer:	25000 N		

%50 Açık halin etüd sonuçları :

Hareketli geçici afet korunağı %50 açık haldeyken 25 000N' luk kuvvetin etkisi altında Düğüm: 78875 'de minimum 272.929 N/m² Düğüm: 45683' de maksimum 2.17402e+008 N/m² gerilme oluşmuştur. Gerilme değerleri St 44' ün akma değerinin altında kaldığı için kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen 120*120*5 mm kutu profil kesit yeterlidir.

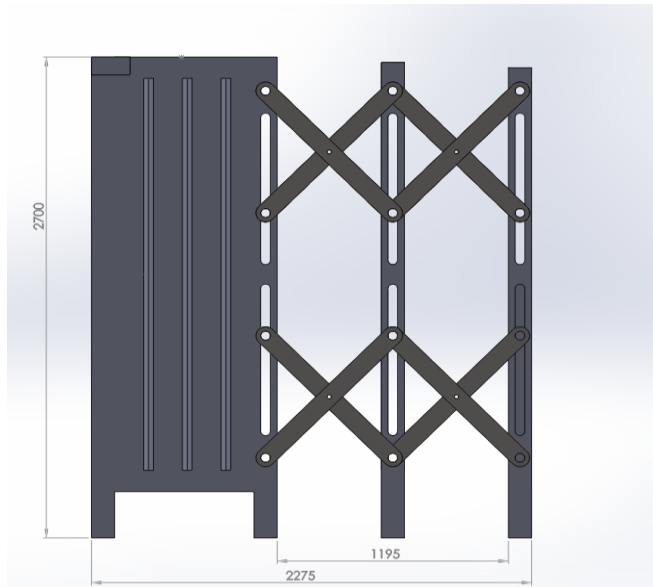
İsim	Tip	Min	Maks
Stres1	VON: von Mises Stresi	272.929 N/m ² Düğüm: 78875	2.17402e+008 N/m ² Düğüm: 45683

Model adı: %50 AÇIK DURUM
Bölü adı: Bölü 3
Grafik tipi: Statik düğüm stresi (Stres1)

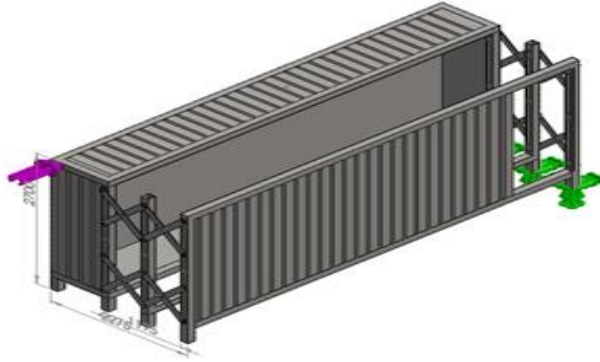


Resim 6.25. %50 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri

6.9.4. %75 Açık halin analizi



Resim 6.26. Hareketli geçici afet korunağının %75 açık hali



Resim 6.27. Hareketli geçici afet korunağına %75 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası

Çizelge 6.6. %75 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti

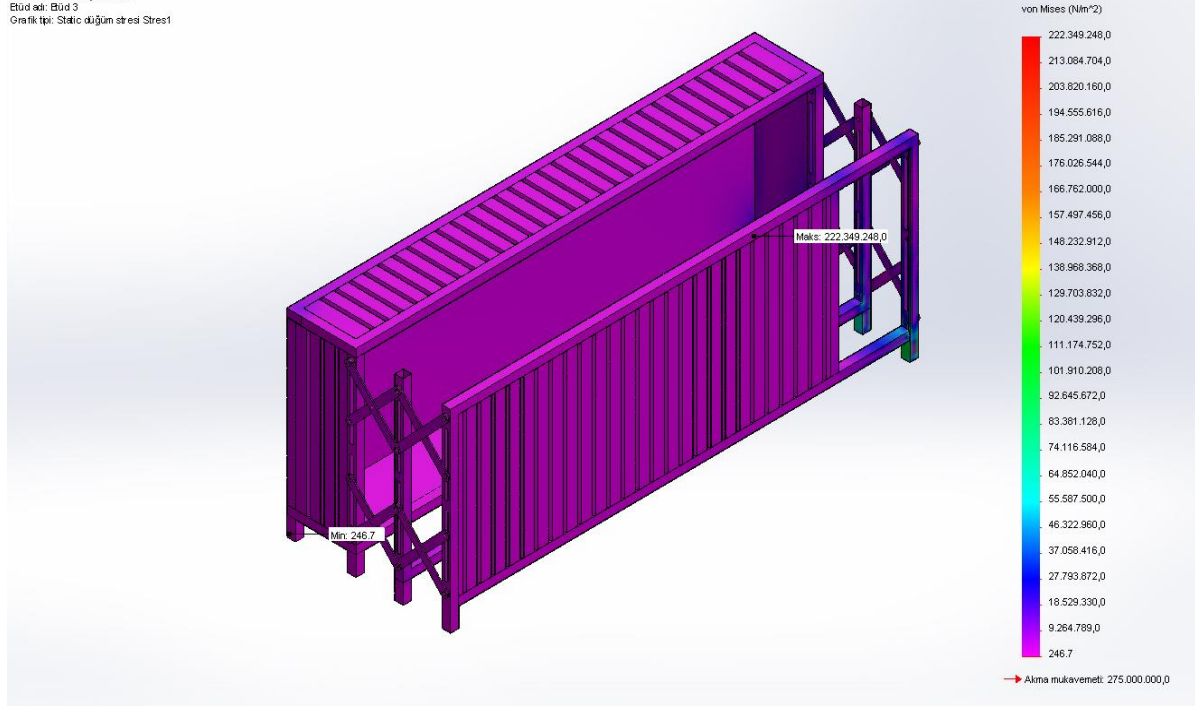
Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları			
Sabit-1		Objeler: Tip:	4 yüzler Sabit Geometri		
Kuvvetleri Kaldır					
Bileşenler	X	Y	Z	Sonuç	
Tepki kuvveti(N)	18.7682	-48.8429	25046.1	25046.2	
Tepki Momenti(N-m)	0	0	0	0	
Yükl ismi	Resim Yükle	Yük Detayları			
Kuvvet-1		Objeler: Tip: Değer:	1 yüzler Normal kuvvet uygula 25000 N		

%75 Açık halin etüd sonuçları :

Hareketli geçici afet korunağı %75 açık haldeyken 25 000N' luk kuvvetin etkisi altında Düğüm: 145179 'de minimum 246.693 N/m² , Düğüm: 54166 'de maksimum 2.22349e+008 N/m² gerilme oluşmuştur. Gerilme değerleri St 44' ün akma değerinin altında kaldığı için kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen 120*120*5 mm kutu profil kesit yeterlidir.

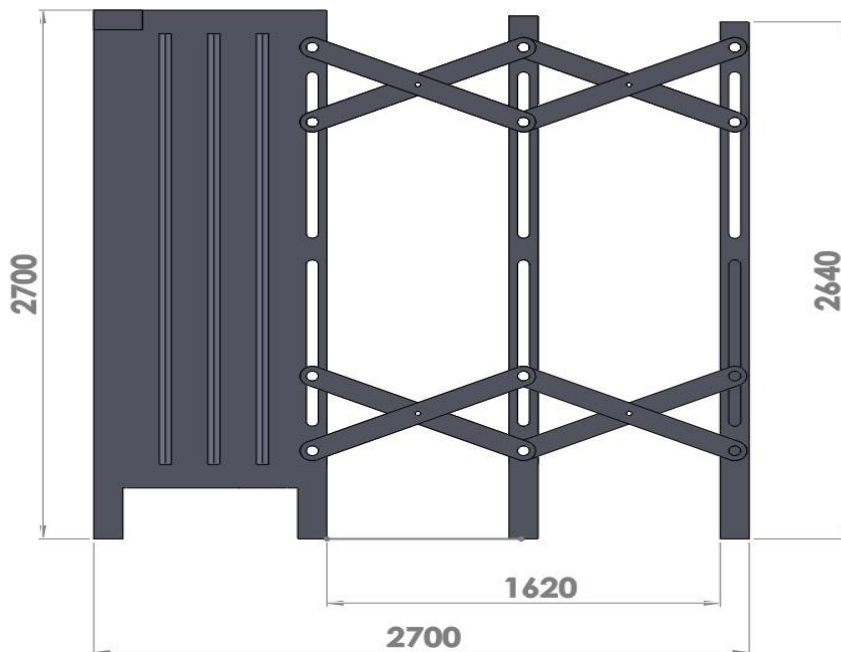
İsim	Tip	Min	Maks
Stres1	VON: von Mises Stresi	246.693 N/m ² Düğüm: 145179	2.22349e+008 N/m ² Düğüm: 54166

Model adı: %75 Açık DURUM
Etüd adı: Bld 3
Grafik tipi: Statik düğüm stress Stres1

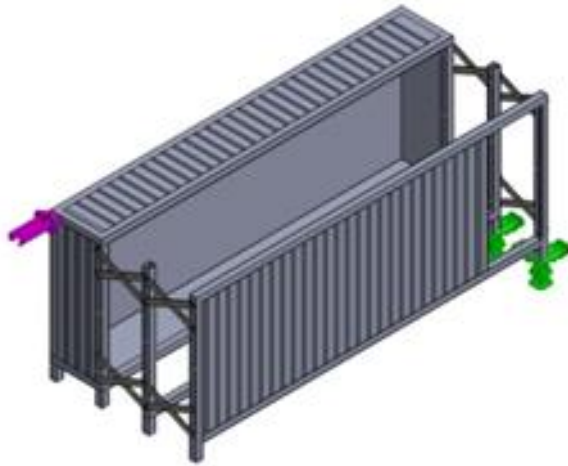


Resim 6.28. %75 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri

6.9.5. %100 Açık halin analizi

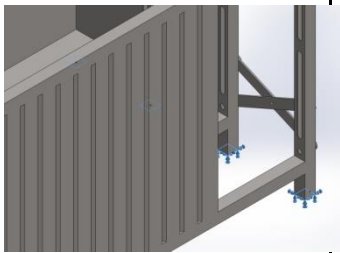


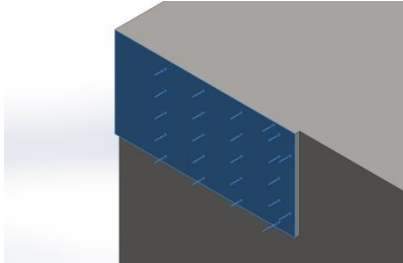
Resim 6.29. Hareketli geçici afet korunağının %100 açık halı



Resim 6.30. Hareketli geçici afet korunağına %100 açık haldeyken etki eden kuvvetin etki noktası

Çizelge 6.7. %100 Açık halde kuvvetin etkisi ile tutulu (ankastre) olan ayakta oluşan tepki kuvveti

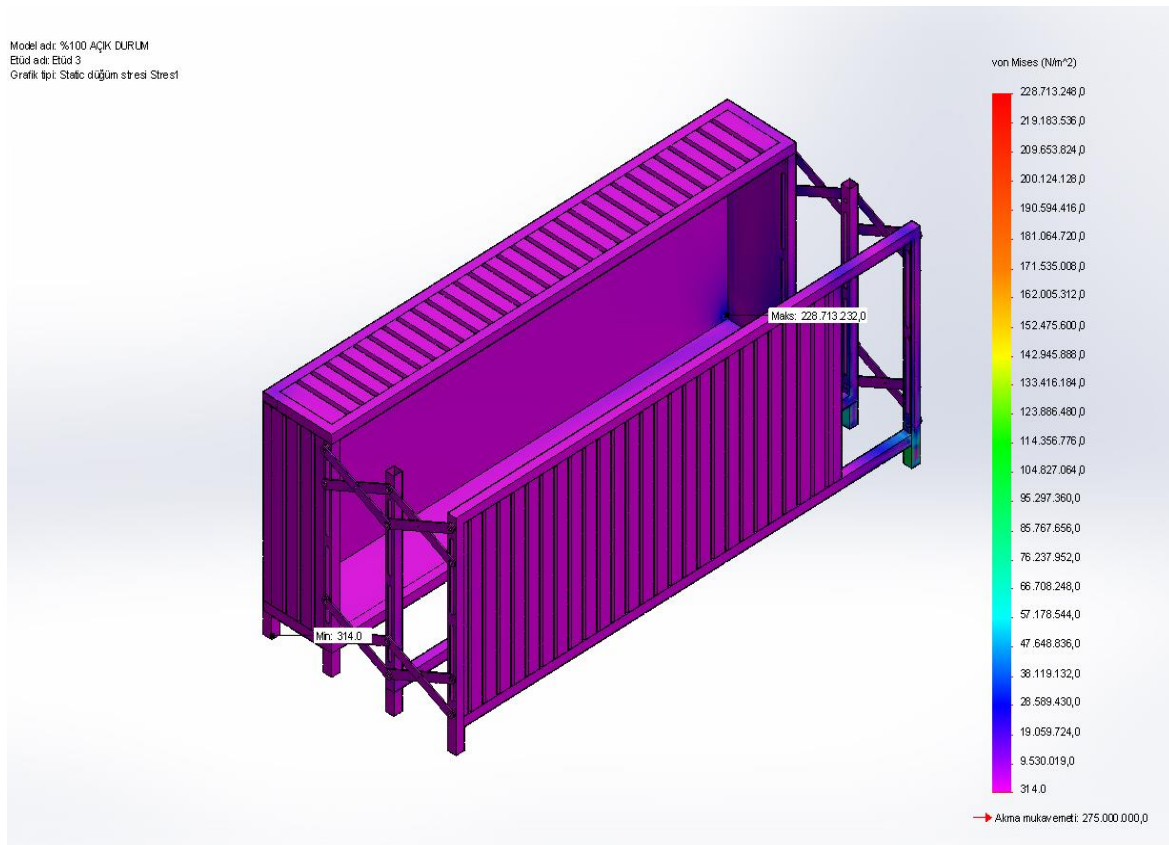
Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları			
Sabit-1		Objeler: Tip:	4 yüzler Sabit Geometri		
Kuvvetleri Kaldır					
Bileşenler	X	Y	Z	Sonuç	
Tepki kuvveti(N)	10.9974	14.761	24995.8	24995.8	
Tepki Momenti(N-m)	0	0	0	0	

Yükl ismi	Resim Yükle	Yük Detayları			
Kuvvet-1		Objeler: Tip: Değer:	1 yüzler Normal kuvvet uygula 25000 N		

%100 Açık Halin Etüd Sonuçları :

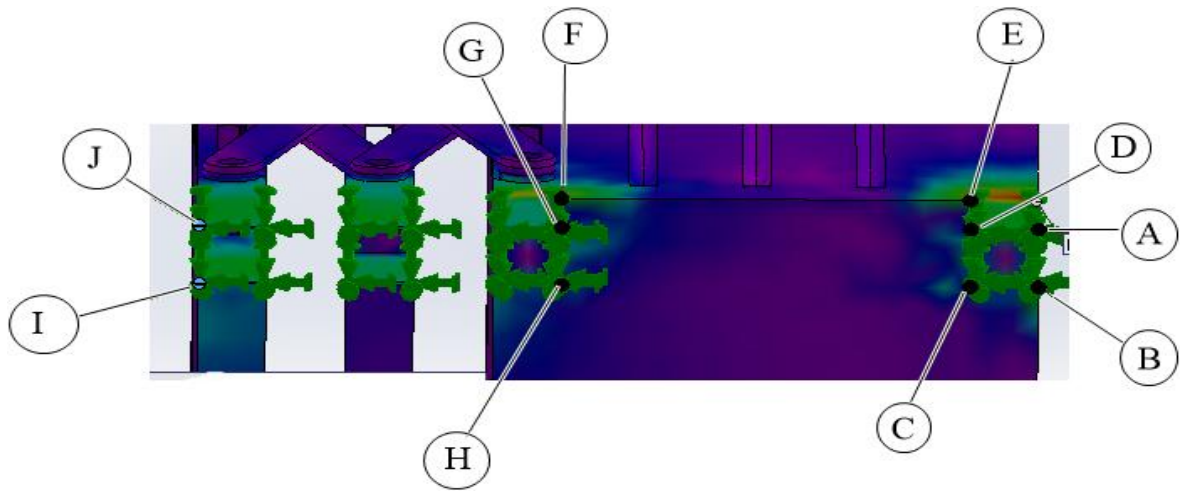
Hareketli geçici afet korunağı %100 açık haldeyken 25 000N' luk kuvvetin etkisi altında Düşüm: 141241 'de minimum 313.993 N/m², Düşüm: 51720' de maksimum 2.28713e+008 N/m² gerilme oluşmuştur. Gerilme değerleri St 44' ün akma değerinin altında kaldığı için kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen 120*120*5 mm kutu profil kesit yeterlidir.

İsim	Tip	Min	Maks
Stres1	VON: von Mises Stresi	313.993 N/m ² Düşüm: 141241	2.28713e+008 N/m ² Düşüm: 51720

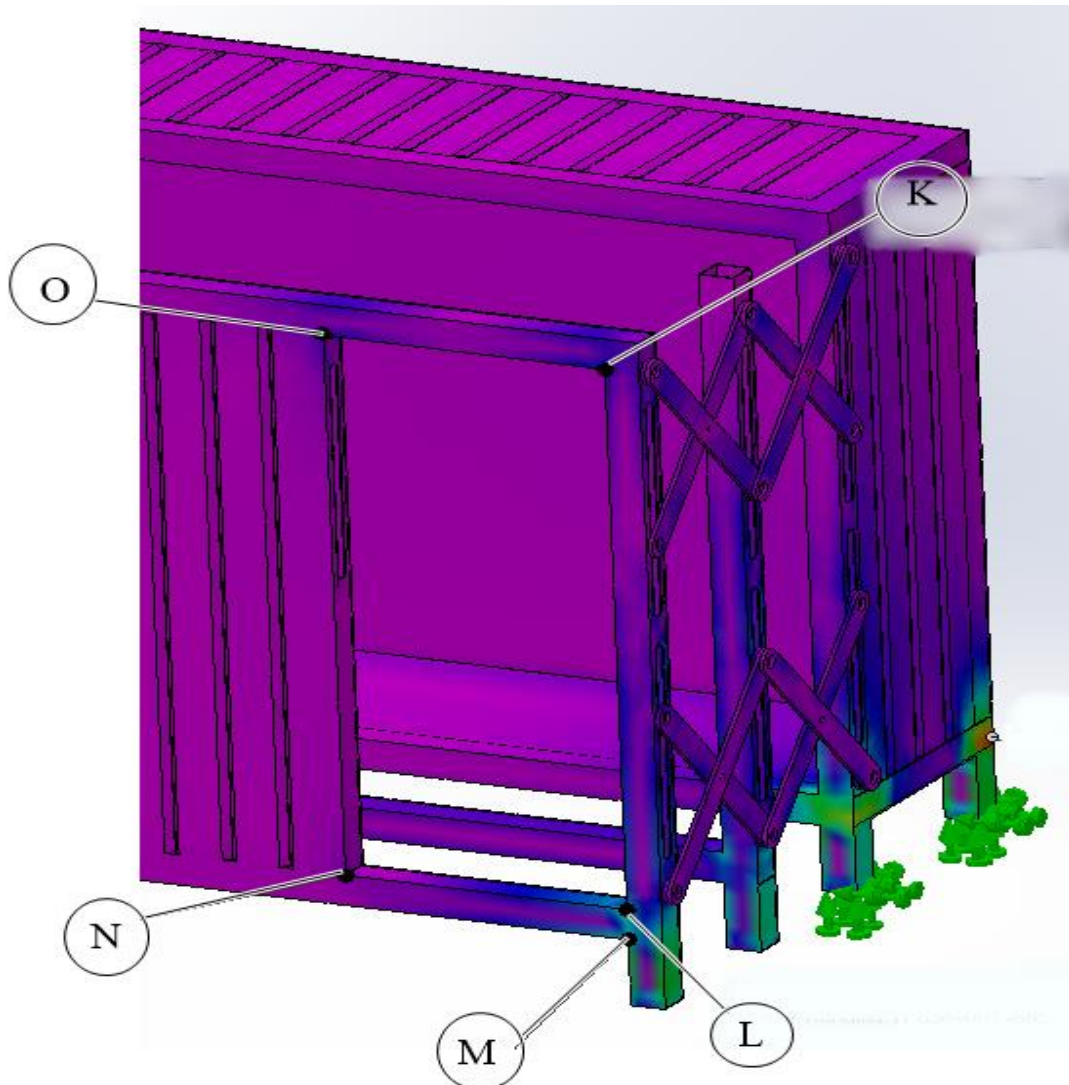


Resim 6.31. %100 Açık halinde oluşan minimum ve maksimum gerilme değerleri

6.10. Seçilen Noktalara Ait Yerdeğiştirme, İç Kuvvet, Gerilme Değişimleri



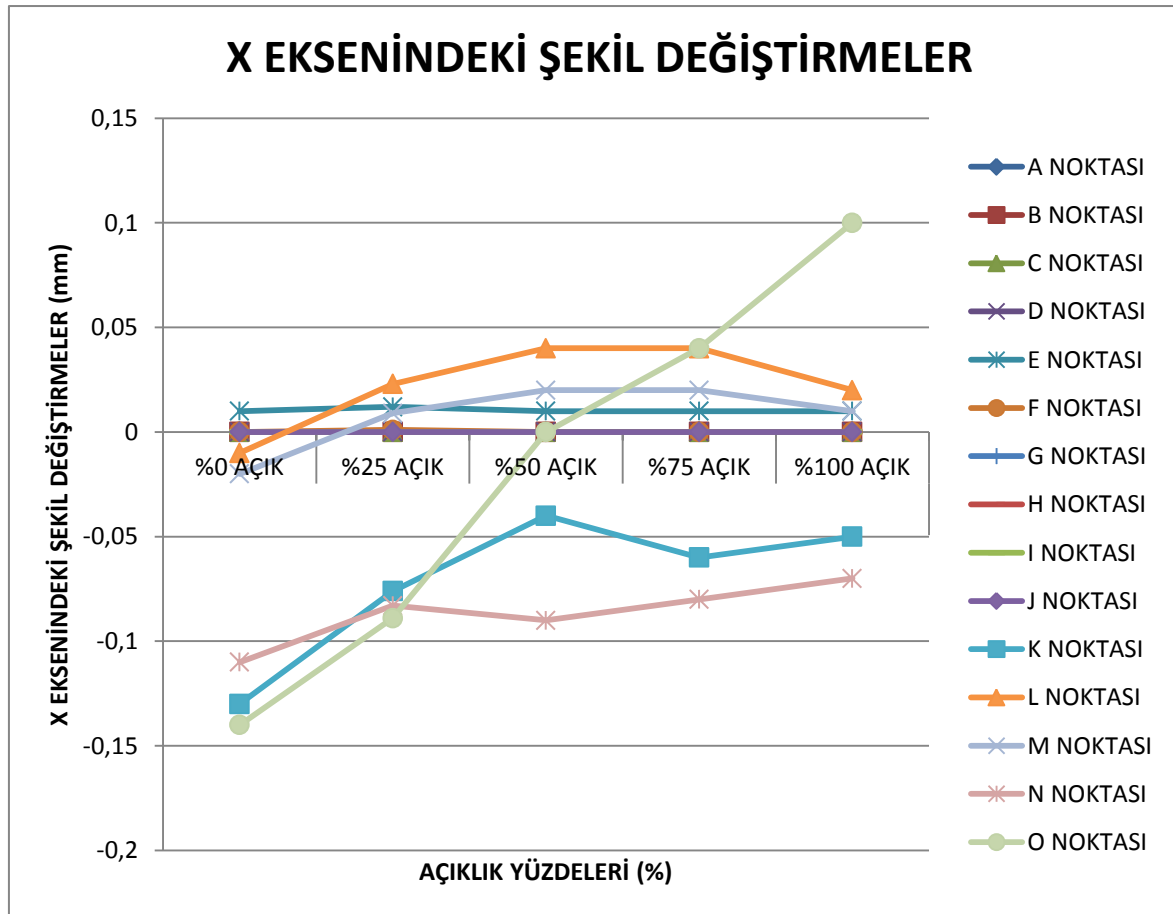
Resim 6.32. Grafiklerde yer alan noktaların sistemdeki yerleri



Resim 6.33. Grafikte yer alan noktaların sistemdeki yerleri

Çizelge 6.8. Noktalara ait X eksenindeki şekil değiştirmeler

ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
A NOKTASI	0	0	0	0	0
B NOKTASI	0	0	0	0	0
C NOKTASI	0	0	0	0	0
D NOKTASI	0	0	0	0	0
E NOKTASI	0,01	0,012	0,01	0,01	0,01
F NOKTASI	0	0,001	0	0	0
G NOKTASI	0	0	0	0	0
H NOKTASI	0	0	0	0	0
I NOKTASI	0	0	0	0	0
J NOKTASI	0	0	0	0	0
K NOKTASI	-0,13	-0,076	-0,04	-0,06	-0,05
L NOKTASI	-0,01	0,023	0,04	0,04	0,02
M NOKTASI	-0,02	0,009	0,02	0,02	0,01
N NOKTASI	-0,11	-0,083	-0,09	-0,08	-0,07
O NOKTASI	-0,14	-0,089	0	0,04	0,1

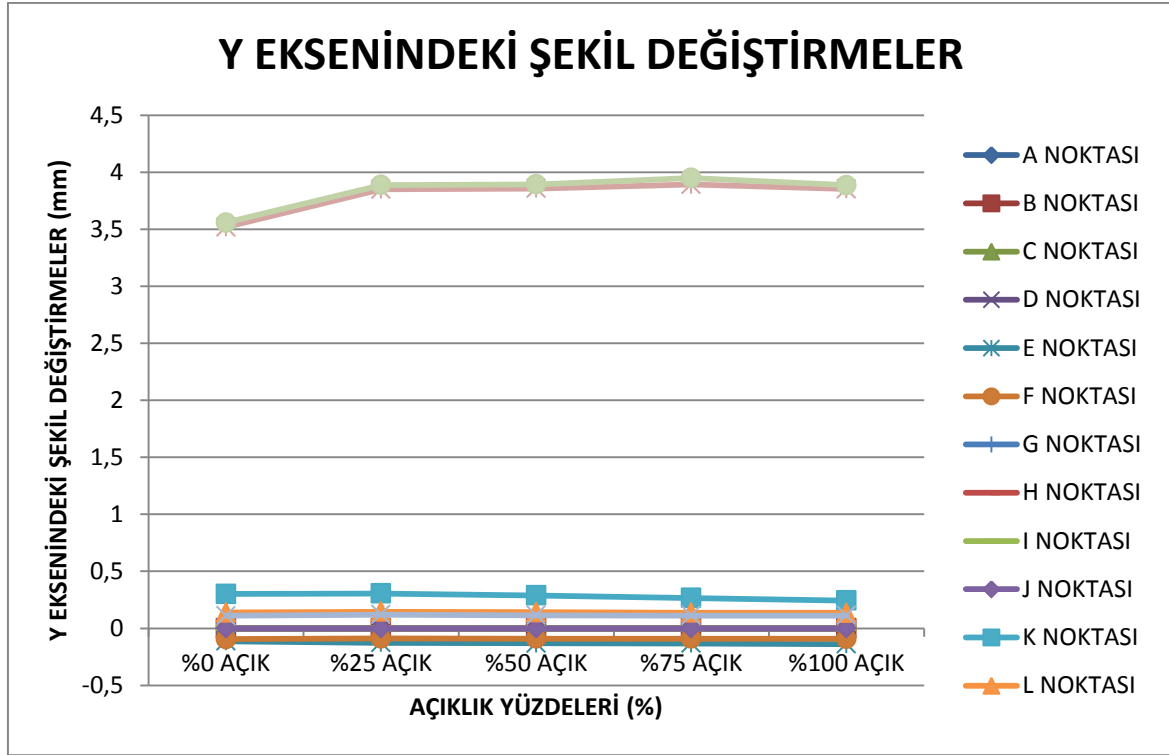


Şekil 6.9. Noktalara ait açıklık yüzdesi-x eksenindeki şekil değiştirmeler grafiği

Sabit hücrenin arka sağ ayağı üzerinde bulunan A, B, C, D noktalarında 25 000N luk çarpma kuvvetinin etkisi altında tüm açıklık durumları için x yönündeki şekil değiştirme değerinin sıfır olduğu görülmektedir. Bu noktalar tutulu olan ankastre ayak üzerindeki noktalardır. Sağ arka ayak birleşim noktasında yer alan E noktasında ise pozitif yönde minimum bir yer değiştirme olduğu görülmektedir. Sabit hücre ön sağ ayak birleşim noktası olan F noktasında ise %25 açıklık için +x yönünde minimum bir yer değiştirme tespit edilmiştir. Tutulu olan tüm ankastre ayaklarda yer değiştirme sıfırdır. K noktasında -x yönde bir şekil değiştirme gözlenmiştir. Bu noktada negatif yöndeki en büyük şekil değiştirme tam kapalı haldeyken gerçekleşmiştir. M noktasında tam kapalı haldeyken -x yönde görülen şekil değiştirme, diğer açıklık hallerinde +x yönde gerçekleşmiştir. N noktasında -x yönde tam kapalı haldeyken oluşan maksimum şekil değiştirme, diğer açıklık hallerinde -x yönde azalarak artış göstermiştir. Seçilen noktalar arasında en büyük şekil değiştirme farkının O noktasında gerçekleştiği görülmüştür. Tam kapalı haldeyken kuvvet etkisiyle -0,14 değerinde oluşan şekil değiştirme, %50 açıklık halinde 0 'dır. %75 ve %100 açıklık durumunda +x yönde artış göstermiştir.

Çizelge 6.9. Noktalara ait Y eksenindeki şekil değiştirmeler

YER DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
A NOKTASI	0	0	0	0	0
B NOKTASI	0	0	0	0	0
C NOKTASI	0	0	0	0	0
D NOKTASI	0	0	0	0	0
E NOKTASI	-0,113	-0,127	-0,131	-0,133	-0,138
F NOKTASI	-0,094	-0,089	-0,09	-0,091	-0,092
G NOKTASI	0	0	0	0	0
H NOKTASI	0	0	0	0	0
I NOKTASI	0	0	0	0	0
J NOKTASI	0	0	0	0	0
K NOKTASI	0,301	0,305	0,289	0,266	0,243
L NOKTASI	0,139	0,145	0,141	0,137	0,135
M NOKTASI	0,11	0,12	0,115	0,112	0,112
N NOKTASI	3,519	3,85	3,857	3,892	3,852
O NOKTASI	3,558	3,887	3,893	3,949	3,886

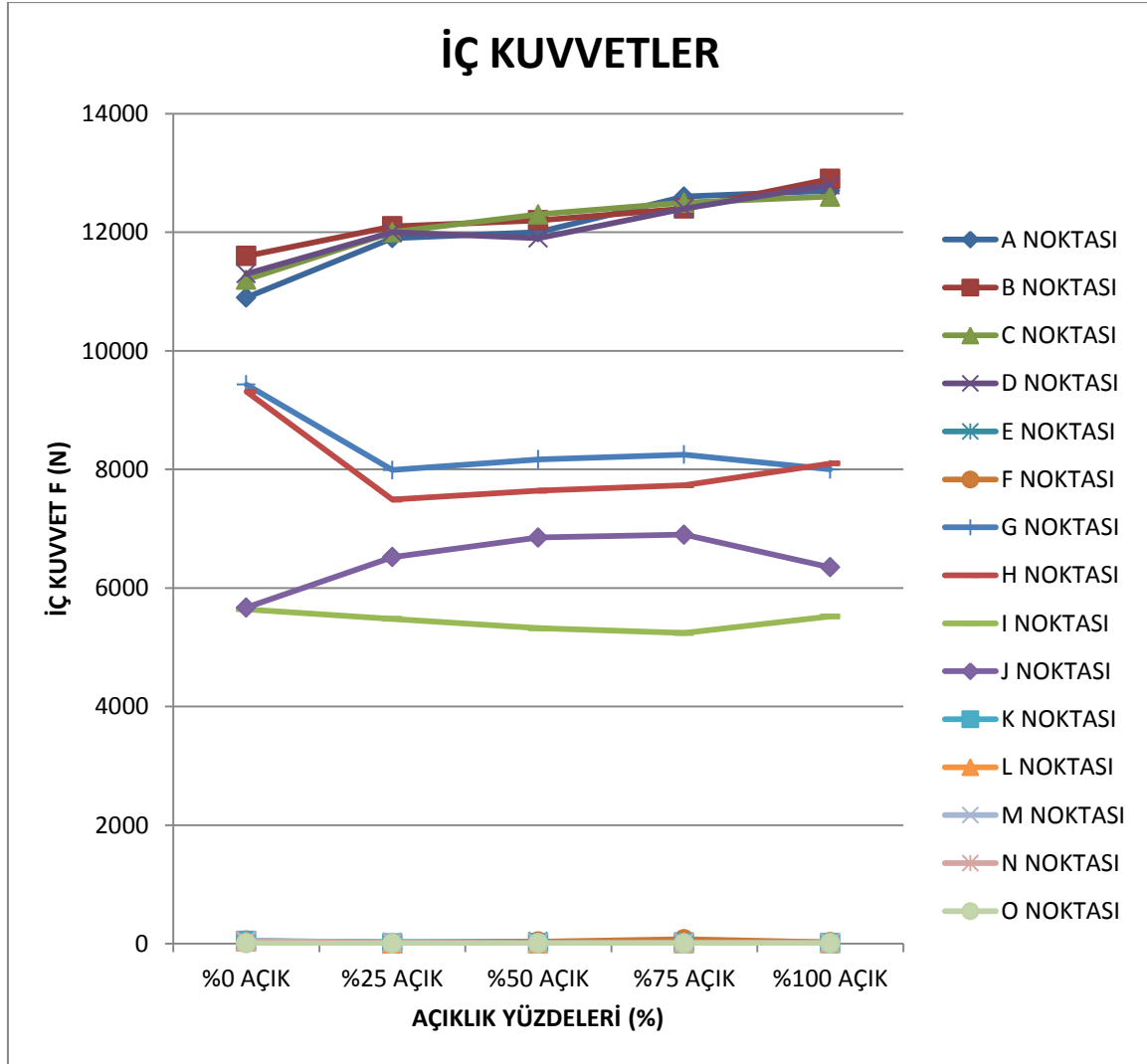


Şekil 6.10. Noktalara ait açıklık yüzdeleri- Y eksenindeki şekil değişimleri grafiği

25 000 N' luk çarpma kuvvetinin etkisi ile tutunu olan ankastre ayaklarda y yönünde şekil değişimi sıfırdır. Ayakla sabit hücrenin birleşim noktaları olan E ve F noktalarında tüm açıklık durumları için -Y yönde bir şekil değişimi görülürken, seçili olan diğer noktalarda +Y yönde şekil değişimi görülmüştür.

Çizelge 6.10. Noktalara ait iç kuvvet değerleri

İÇ KUVVETLER					
NOKTA	N				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
A NOKTASI	10900	11900	12000	12600	12700
B NOKTASI	11600	12100	12200	12400	12900
C NOKTASI	11200	12000	12300	12500	12600
D NOKTASI	11300	12000	11900	12400	12800
E NOKTASI	46,6	27,6	34,4	31,9	22,6
F NOKTASI	51,7	4,53	35,4	75,4	23,4
G NOKTASI	9430	7990	8170	8250	8000
H NOKTASI	9310	7490	7640	7730	8100
I NOKTASI	5640	5480	5320	5240	5520
J NOKTASI	5670	6520	6850	6900	6350
K NOKTASI	45,5	6,24	8,38	10,2	6,88
L NOKTASI	36,4	6,11	8,76	18,6	21,6
M NOKTASI	52,4	20,8	6,9	14,6	12,5
N NOKTASI	27	14,5	9,05	11	7,45
O NOKTASI	9,4	2,23	7,32	6,11	9,14

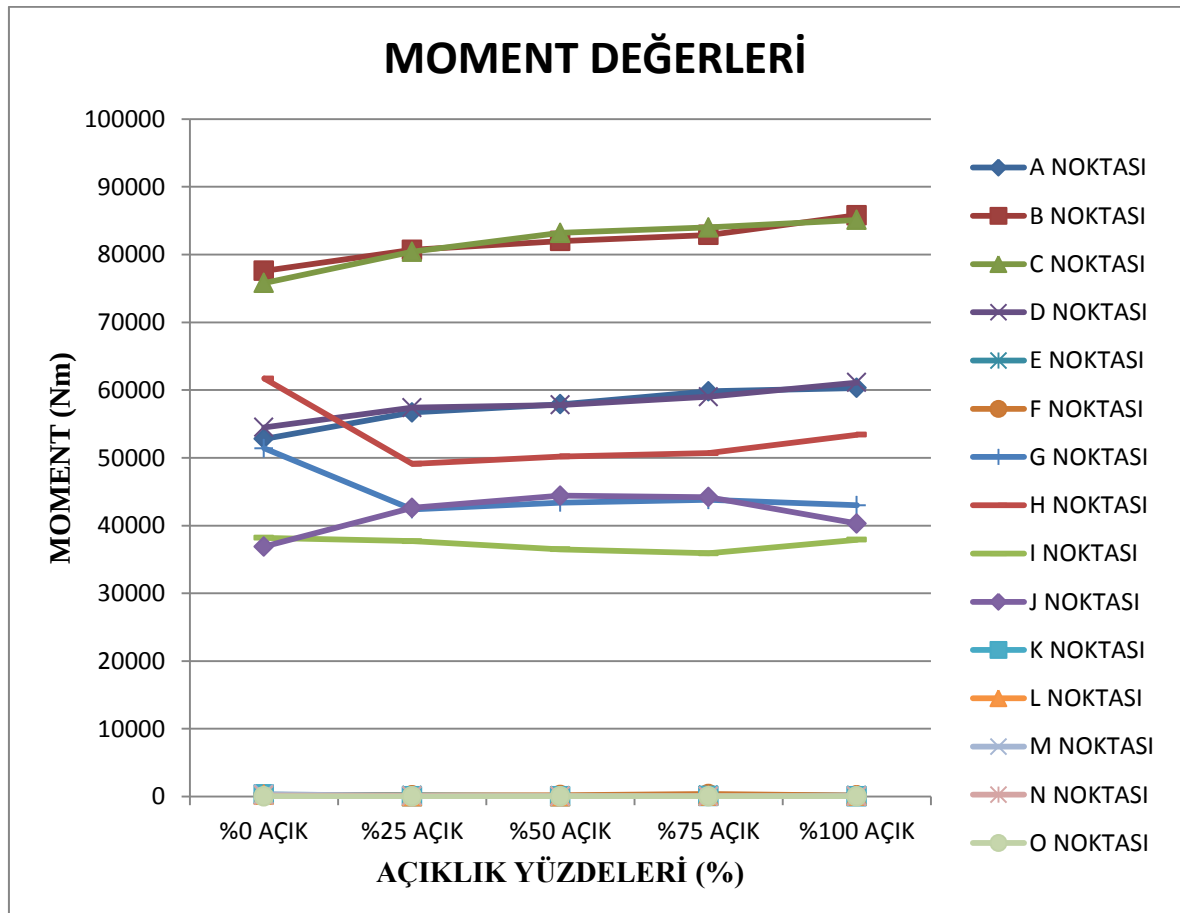


Şekil 6.11. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği

Sabit hücre sağ dış ayak üzerinde bulunan A, B, C, D noktalarında farklı açıklık yüzdeleri için oluşan iç kuvvet değerleri artarak değişim göstermiştir. Sabit hücre sağ iç ayak üzerinde bulunan G ve H noktalarında ise en büyük iç kuvvet değeri tam kapalı haldeyken oluşurken %25 açıklık halinde bu noktalar için en düşük iç kuvvet değerleri oluşmuş, diğer açıklık durumlarında azalarak artış göstermiştir. En dış hareketli ayakta üzerindeki noktalarda ise diğer ayaklardaki noktalara göre daha düşük iç kuvvetler oluşmuştur. En dış hareketli çerçevede seçilen noktalarda daha düşük iç kuvvet değerleri oluşmuştur.

Çizelge 6.11. Noktalara ait moment değerleri

MOMENTLER					
NOKTA	Nm				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
A NOKTASI	52800	56700	57900	59800	60300
B NOKTASI	77600	80700	82000	82900	85800
C NOKTASI	75800	80400	83200	84000	85100
D NOKTASI	54500	57400	57800	59000	61100
E NOKTASI	312	181	107	222	156
F NOKTASI	248	163	210	374	151
G NOKTASI	51400	42400	43400	43800	43000
H NOKTASI	61700	49100	50200	50700	53400
I NOKTASI	38200	37700	36500	35900	37900
J NOKTASI	36900	42600	44400	44200	40300
K NOKTASI	295	40,1	50,1	60	39,4
L NOKTASI	246	42,4	42	122	113
M NOKTASI	355	105	45,7	12,9	84,3
N NOKTASI	162	85,2	55,9	16,3	47,9
O NOKTASI	46	8,51	34,2	32,3	49,6

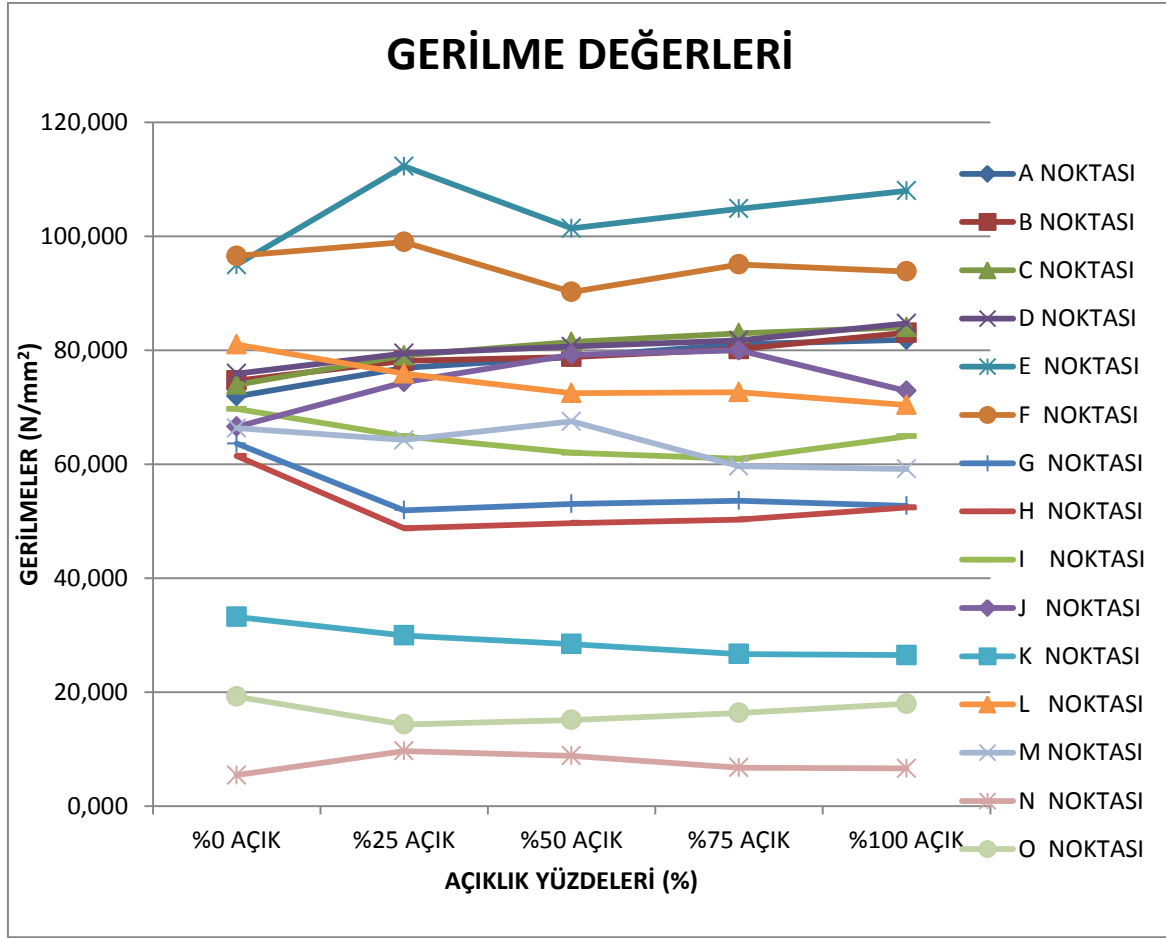


Şekil 6.12. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği

Seçilen noktalarda farklı açıklık yüzdeleri için ani moment değışimleri olmadığı görölmektedir. Ancak dikkat edilmelidir ki bu noktalar sistemin sabit olan bölümü üzerindedir. İlerleyen grafiklerde Sağ makas üzerinde seçilen noktalarda farklı açıklık yüzdeleri için moment değışimlerinin birbirinden çok farklılık gösterdiğine dikkat edilmelidir.

Çizelge 6.12. Noktalara ait gerilme değeri

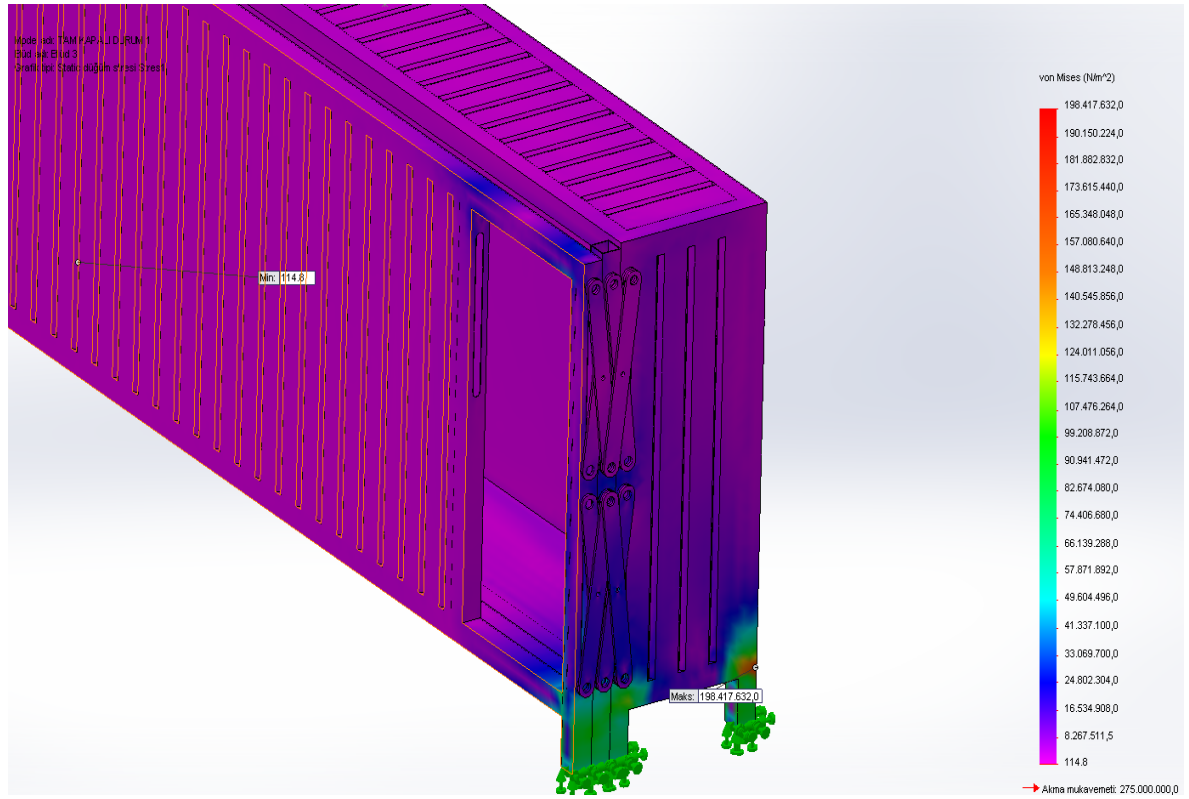
GERİLMELER					
NOKTA	N/mm ²				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
A NOKTASI	71,924	76,915	78,836	81,052	81,824
B NOKTASI	74,657	78,120	78,830	80,214	83,062
C NOKTASI	73,929	79,088	81,439	82,995	84,045
D NOKTASI	75,911	79,438	80,665	81,714	84,701
E NOKTASI	94,978	112,302	101,399	104,855	107,983
F NOKTASI	96,553	99,006	90,226	95,056	93,844
G NOKTASI	63,633	51,927	53,037	53,596	52,702
H NOKTASI	61,427	48,731	49,681	50,288	52,395
I NOKTASI	69,697	64,894	62,004	60,922	64,905
J NOKTASI	66,589	74,384	79,230	79,992	72,860
K NOKTASI	33,208	29,940	28,441	26,676	26,493
L NOKTASI	81,016	75,903	72,488	72,653	70,387
M NOKTASI	66,336	64,256	67,511	59,650	59,150
N NOKTASI	5,420	9,662	8,808	6,750	6,592
O NOKTASI	19,206	14,322	15,122	16,351	17,951



Şekil 6.13. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği

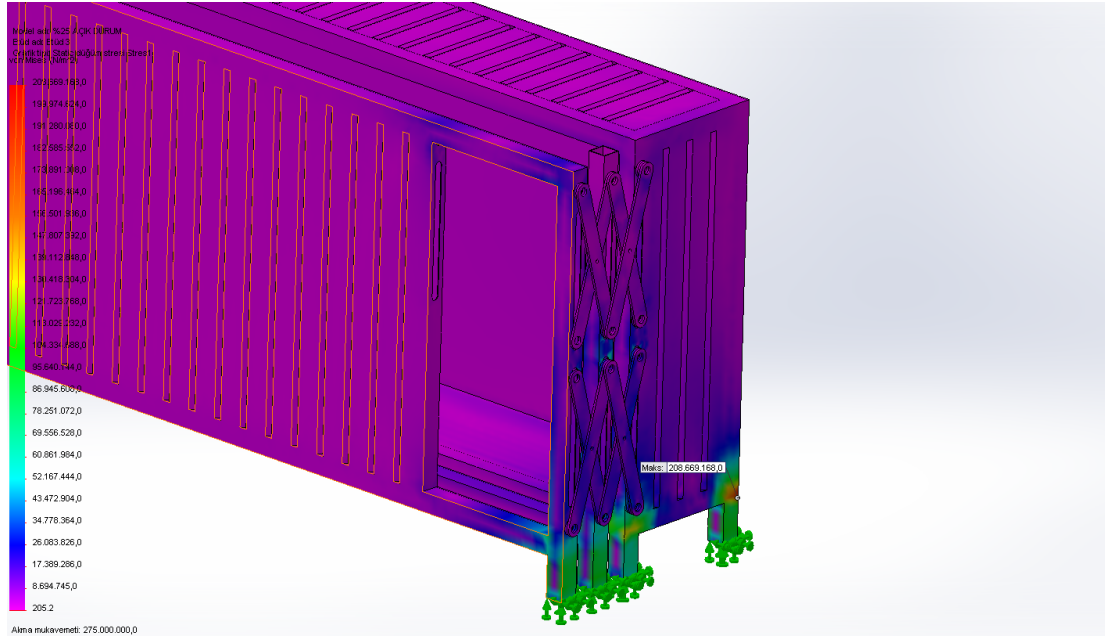
Sabit hücrenin sağ arka ayağı üzerinde yer alan A, B, C, D noktalarında etki eden 25 000N çarpma kuvvetinin etkisiyle oluşan gerilmelerde doğrusal bir artış vardır. Aynı ayağın birleşim noktasında olan E noktasında A, B, C, D noktasına göre daha fazla gerilme oluşmuştur. E noktasında %25 açık durumda daha fazla gerilme oluşmuş, %50, %75 ve %100 açıklık durumlarında gerilme değerlerinin azalarak arttığı gözlenmiştir. Seçilen noktalar arasında en yüksek gerilme değerleri sabit hücre ve ayak birleşim noktaları olan E ve F noktalarında oluşmuştur. 25 000 N kuvvetin etkisiyle oluşan gerilmelerin hepsi St 44 'ün akma değerinin altında kaldığı için kalıcı deformasyon oluşmaz, seçilen kesitler uygundur. Her bir açıklık durumu için en büyük gerilme sabit hücre ile sağ dış ayağın dıştaki birleşim noktasında oluşmuştur. Her bir açıklık durumunda oluşan maksimum gerilmenin sistemin aynı noktasında oluştuğu görülmektedir.

Etki eden kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değerleri görseli :



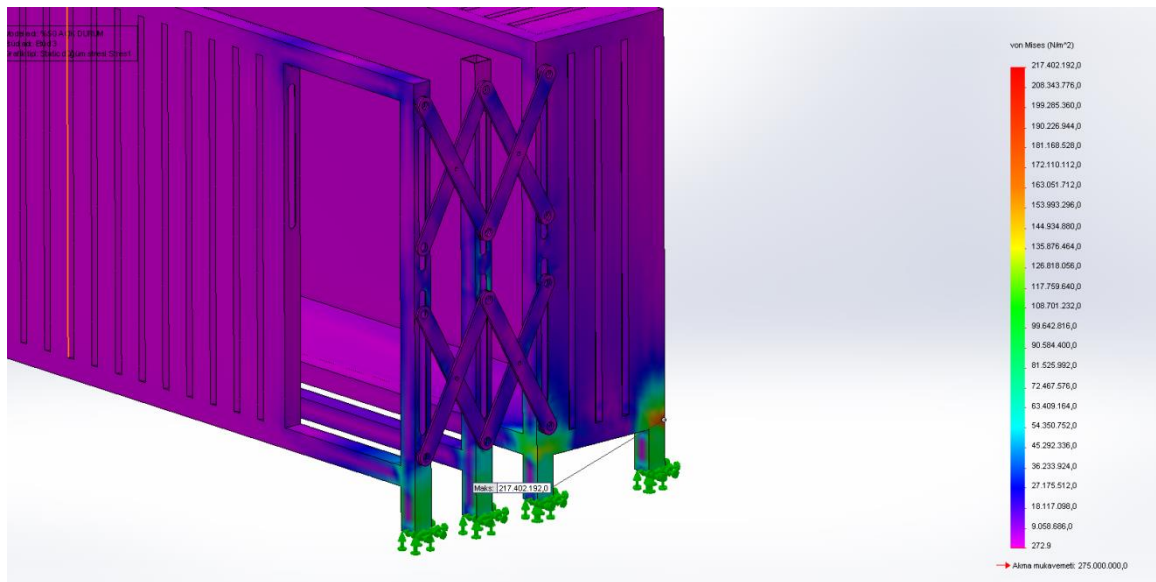
Resim 6.34. Tam kapalı halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi

25 000 N' luk çarpma kuvveti etkisi altında sistem tam kapalı haldeyken maksimum gerilme 45608. düğüm noktasında $1.98418 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ değerindedir. Bu gerilme değeri St 44 'ün akma gerilmesi değerinin altındadır, kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen kesit yeterlidir.



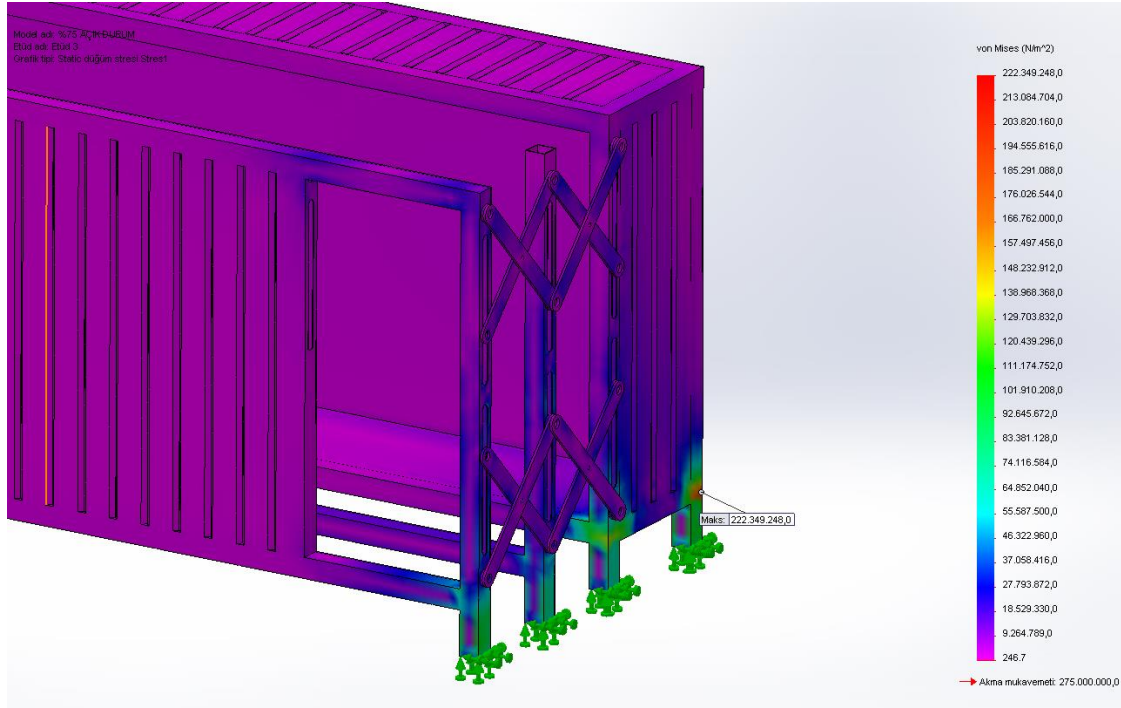
Resim 6.35. %25 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi

25 000 N' luk çarpma kuvveti etkisi altında sistem %25 açık haldeyken maksimum gerilme 159480. düğüm noktasında $2.08669 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ değerindedir. Bu gerilme değeri St 44 'ün akma gerilmesi değerinin altındadır, kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen kesit yeterlidir.



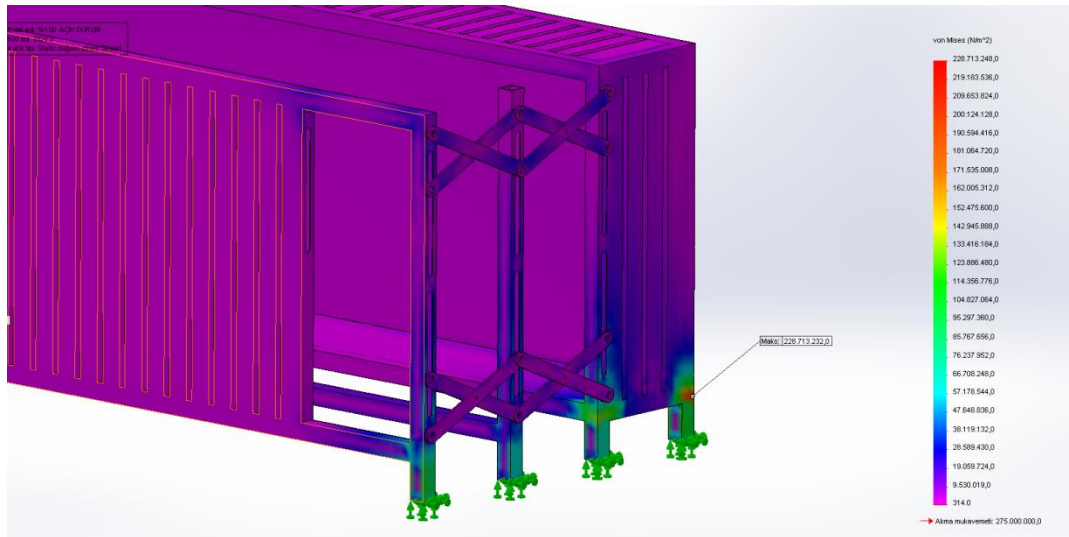
Resim 6.36. %50 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi

25 000 N' luk çarpma kuvveti etkisi altında sistem %50 açık haldeyken maksimum gerilme 45683. düğüm noktasında $2.17402 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ değerindedir. Bu gerilme değeri St 44 'ün akma gerilmesi değerinin altındadır, kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen kesit yeterlidir.



Resim 6.37. %75 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi

25 000 N' luk çarpma kuvveti etkisi altında sistem %75 açık haldeyken maksimum gerilme 54166. düğüm noktasında 2.22349×10^8 N/m² değerindedir. Bu gerilme değeri St 44 'ün akma gerilmesi değerinin altındadır, kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen kesit yeterlidir.



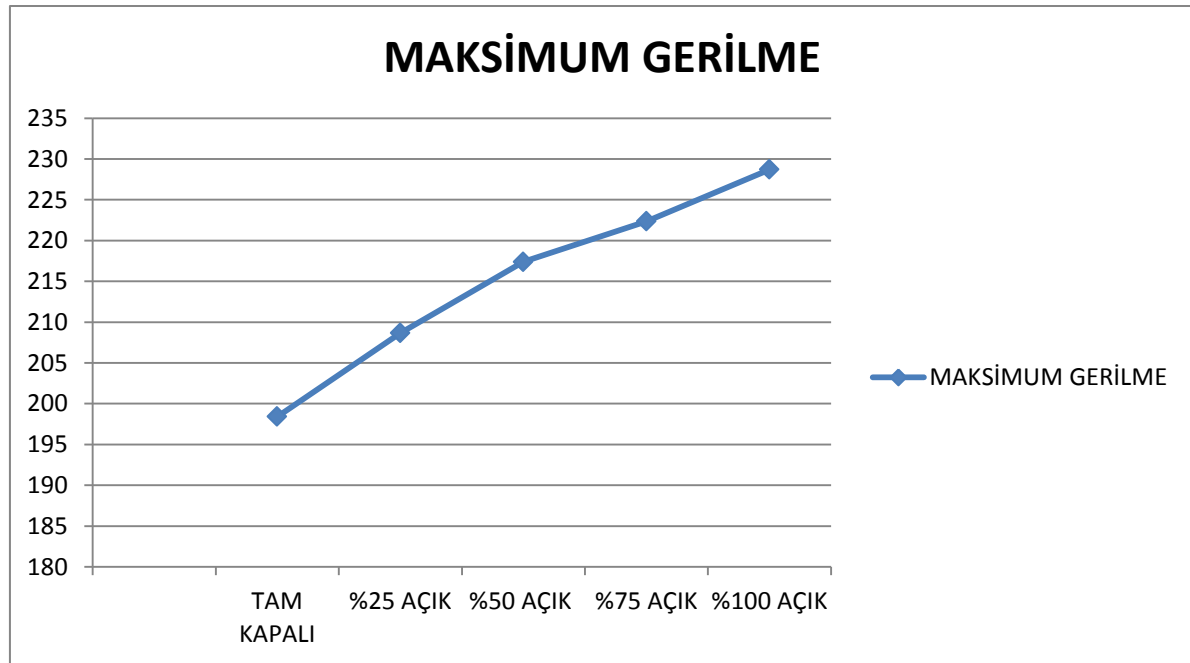
Resim 6.38. %100 Açık halde kuvvetin etkisiyle oluşan gerilme değişimi

25 000 N' luk çarpma kuvveti etkisi altında sistem %100 açık haldeyken maksimum gerilme 51720. düğüm noktasında 2.28713×10^8 N/m² değerindedir. Bu gerilme değeri St

44 ‘ün akma gerilmesi değerinin altındadır, kalıcı deformasyon oluşmaz. Seçilen kesit yeterlidir.

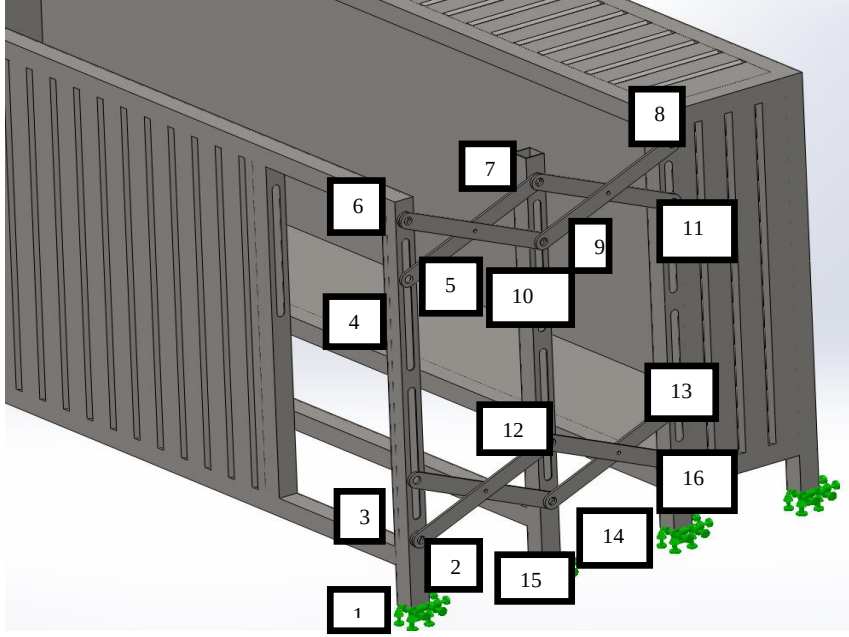
Çizelge 6.13. Açıklık yüzdesi-maksimum gerilme

AÇIKLIK YÜZDESİ	TAM KAPALI	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
BİRİM	N/mm ²				
MAKSİMUM GERİLME	198,418	208,669	217,402	222,349	228,713



Şekil 6.14. Açıklık yüzdesi-maksimum gerilme grafiği

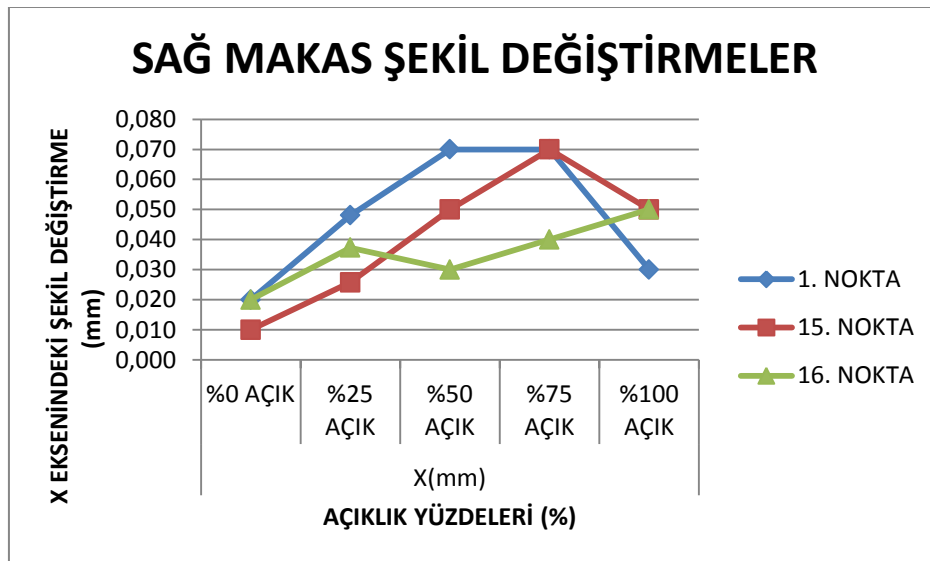
Her bir açıklık hali için 25 000N’ luk çarpma kuvvetinin etkisiyle oluşan maksimum gerilmeler sistemin hep aynı noktasında oluşmuştur. Gerilmenin olduğu bu nokta yukarıdaki görsellerde de görüldüğü gibi sabit hücre ile sağ dış ayağın birleşim noktasıdır. Her bir açıklık durumunda oluşan maksimum gerilme değeri St 44’ ün akma gerimesi değerinin altında kalmıştır. Sonuç olarak bu kuvvet etkisiyle sistemde kalıcı deformasyon oluşmayacağına seçilen kesit yeterlidir. Grafikte görüleceği üzere sistem açıldıkça her bir durum için oluşan maksimum gerilme değerinde artış olmuştur.



Resim 6.39. Sağ makas grafikte yer alan noktaların sistemdeki yer

Çizelge 6.14. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (1-15-16. noktalar)

MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	X(mm)				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
1. NOKTA	0,020	0,048	0,070	0,070	0,030
15. NOKTA	0,010	0,026	0,050	0,070	0,050
16. NOKTA	0,020	0,037	0,030	0,040	0,050

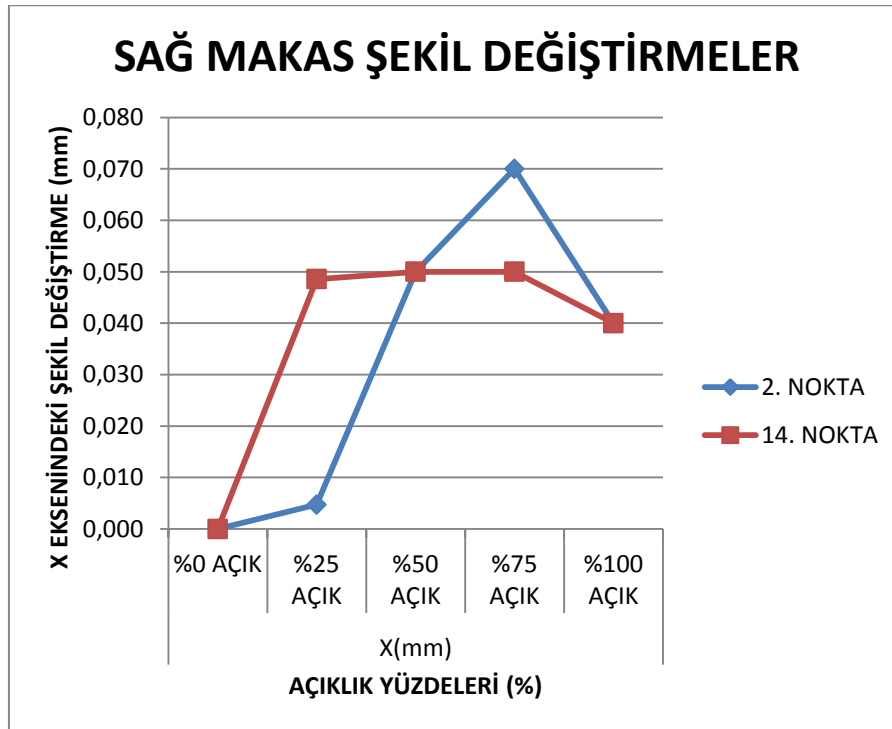


Şekil 6.15. Noktalara (1.,15.,16.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği

1 nolu noktada tam kapalı, %25 açık ve %50 açık halde çarpma kuvveti etkisiyle +X yönünde doğrusal artış gösteren şekil değiştirme oluşmuş, %50 açık ve %75 açık durumda 1. Nokta için şekil değiştirme değeri aynı kalmıştır. %100 açık halde ise şekil değiştirme azalarak tam kapalı haldeki değere yaklaşmıştır. 1. Nokta için en az şekil değiştirme sırasıyla tam kapalı ve % 100 açık halde +X yönünde görülmüştür. 15. Noktada tam kapalı halden %75 açık halde +X yönünde artan daha sonra azalan bir şekil değiştirme görülmektedir. 16. Noktada ise %25 açık halde artan daha sonra %50 açık halde azalan ve daha sonra %100 açık hale kadar artış gösteren bir şekil değiştirme durumu mevcuttur. Bu üç noktada sistemde aynı eksen üzerinde yer almalarına rağmen farklı şekil değiştirmeler olmuştur. Her üç nokta için en az şekil değiştirme tam kapalı halde gerçekleşmiştir.

Çizelge 6.15. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (2. ve 14. noktalar)

MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	X(mm)				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
2. NOKTA	0,000	0,005	0,050	0,070	0,040
14. NOKTA	0,000	0,049	0,050	0,050	0,040

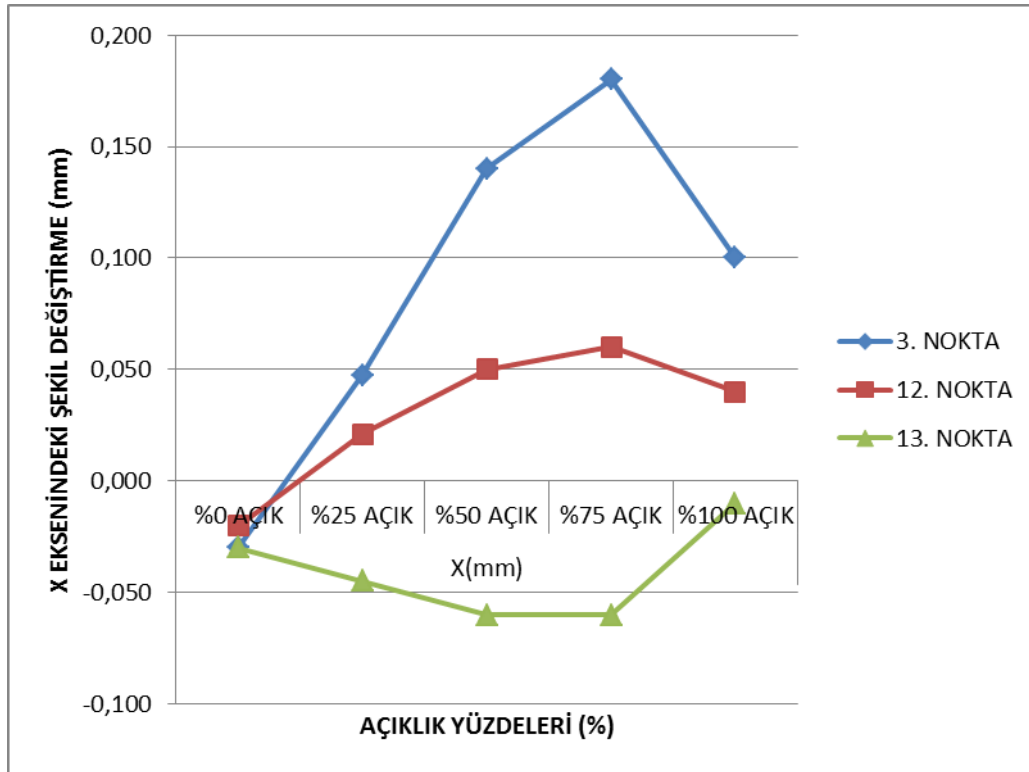


Şekil 6.16. Noktalara (2. ve 14.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği

25 000N' luk çarpma kuvvetinin etkisiyle sağ makas üzerinde yatayda aynı doğrultuda bulunan 2 ve 14. noktalarında tam kapalı halde ve %100 açık halde meydana gelen şekil değiştirme değerleri aynıdır.

Çizelge 6.16. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (3., 12., 13. noktalar)

MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	X(mm)				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
3. NOKTA	-0,030	0,048	0,140	0,180	0,100
12. NOKTA	-0,020	0,021	0,050	0,060	0,040
13. NOKTA	-0,030	-0,045	-0,060	-0,060	-0,010

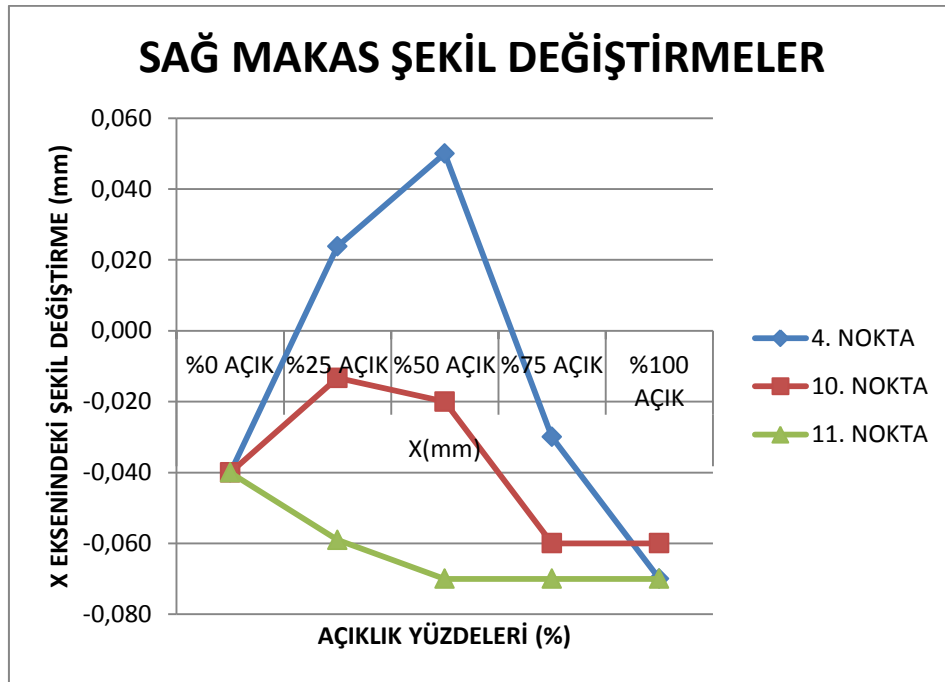


Şekil 6.17. Noktalara (3., 12., 13.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği

25 000N' luk çarpma kuvvetinin etkisiyle sağ makas üzerinde yatayda aynı doğrultuda bulunan 3, 12 ve 13 nolu noktalarda tam kapalı halde şekil değiştirme değerleri birbirine çok yakın ve $-X$ yönünde meydana gelmiştir. %25, %50, %75, %100 açıklık durumlarında 3. Ve 12. Nuktada $+X$ yönünde şekil değiştirmeler oluşurken , aynı yatay doğrultuda olmalarına rağmen 13. Nuktada $-X$ yönünde şekil değiştirme oluşmuştur.

Çizelge 6.17. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (4., 10., 11. noktalar)

MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	X(mm)				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
4. NOKTA	-0,040	0,024	0,050	-0,030	-0,070
10. NOKTA	-0,040	-0,013	-0,020	-0,060	-0,060
11. NOKTA	-0,040	-0,059	-0,070	-0,070	-0,070

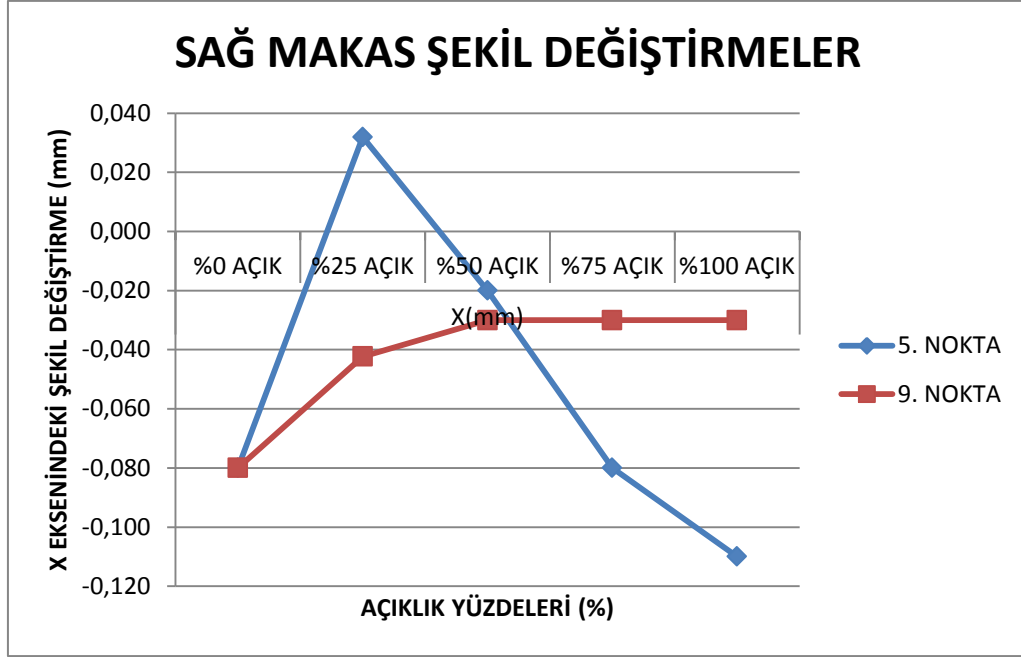


Şekil 6.18. Noktalara (4., 10., 11.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği

25 000N' luk çarpma kuvvetinin etkisiyle sağ makas üzerinde yatayda aynı doğrultuda bulunan 4, 10, 11 nolu noktalarda tam kapalı halde oluşan şekil değiştirme –X yönünde aynı değerdeyken, diğer açıklık hallerinde farklı yön ve değerde olabildikleri görülmektedir.

Çizelge 6.18. Noktalara ait şekil değiştirme değerleri (5., 9. noktalar)

MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	X(mm)				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
5. NOKTA	-0,080	0,032	-0,020	-0,080	-0,110
9. NOKTA	-0,080	-0,042	-0,030	-0,030	-0,030

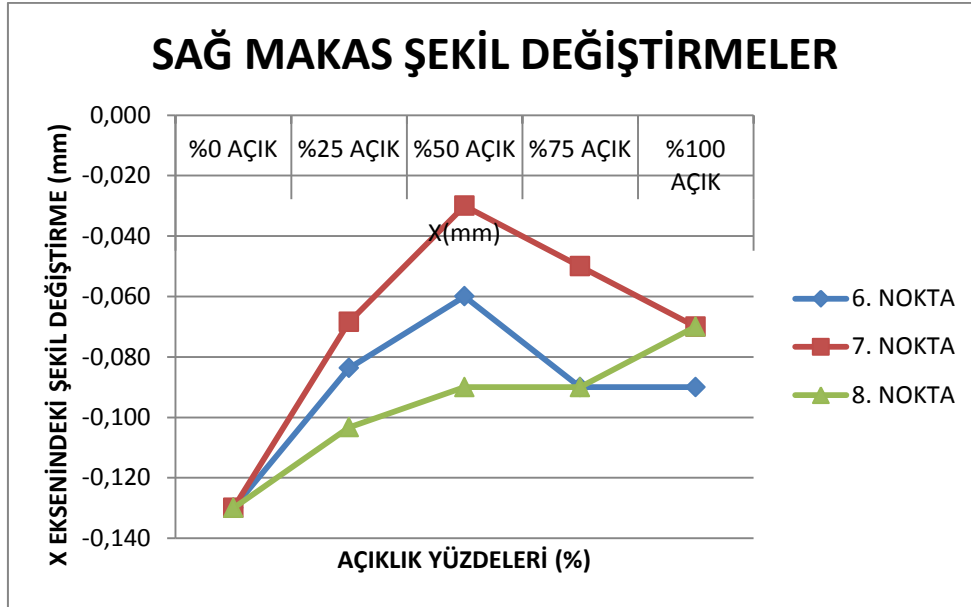


Şekil 6.19. Noktalara (5., 9.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği

25 000N' luk çarpma kuvvetinin etkisiyle sağ makas üzerinde yatayda aynı doğrultuda bulunan 5. , 9. noktalarda tam kapalı halde şekil değiştirme $-X$ yönünde aynı değere sahipken, aynı kuvvetin etkisinde 5. Noktada % 25 açıklık halinde $+X$ yönünde şekil değiştirme meydana gelmiştir. 5. Nokta için %100 açıklık halinde $-X$ yönünde tam açık haldeyken oluşan şekil değiştirmeden daha fazla şekil değiştirme oluşmuştur. 9. Nokta ise tam kapalı haldeki şekil değiştirmeleri aynı olmasına rağmen 5. noktadan tamamen farklı bir şekil değiştirme değişimi göstermiştir.

Çizelge 6.19. Noktalara ait x eksenindeki şekil değiştirme değerleri (6., 7., 8. noktalar)

MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	X(mm)				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
6. NOKTA	-0,130	-0,084	-0,060	-0,090	-0,090
7. NOKTA	-0,130	-0,068	-0,030	-0,050	-0,070
8. NOKTA	-0,130	-0,103	-0,090	-0,090	-0,070



Şekil 6.20. Noktalara (6., 7., 8.) ait açıklık yüzdeleri- şekil değiştirme değerleri grafiği

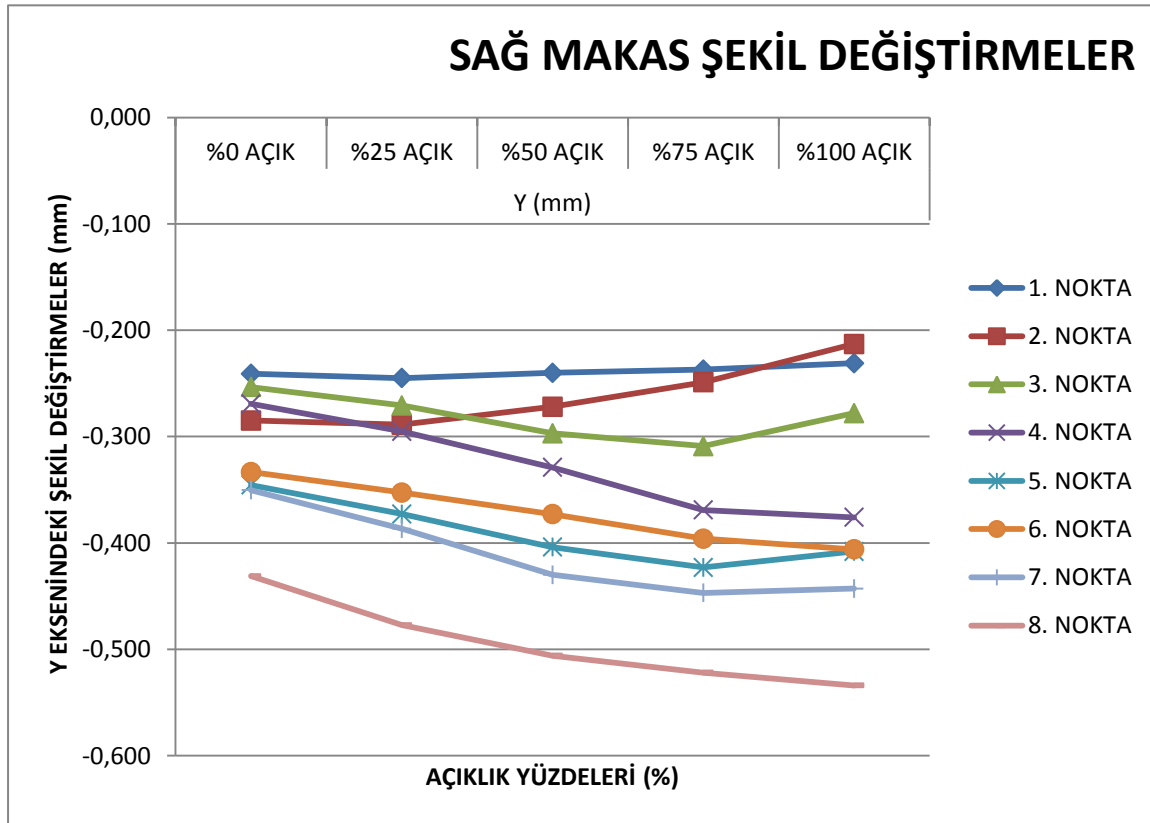
25 000N' luk çarpma kuvvetinin etkisiyle sağ makas üzerinde yatayda aynı doğrultuda bulunan 6. , 7. , 8. noktalar tam kapalı halde $-X$ yönünde aynı şekil değiştirme değerine sahipken, farklı açıklıklarda şekil değiştirmeler $-X$ yönünde kalmakla beraber farklı değerlerdedir. %100 açıklık halinde 7. ve 8. noktalar $-X$ yönünde aynı şekil değiştirmeye uğramışlardır, ve bu şekil değiştirme miktarı tam kapalı duruma göre daha az olmuştur. Tam kapalı halde 7. ve 8. noktalarla aynı şekil değiştirme değerindeyken, %100 açık halde 6. nokta ise $-X$ yönünde daha fazla deformasyona uğramıştır.

Sonuç :

Grafiklerden çıkarılan sonuca göre aynı noktanın çarpma kuvveti etkisiyle farklı açıklık durumlarında bir yönden diğer yöne ani değişim gösteren farklı (doğrusal olmayan) şekil değiştirmelere maruz kaldığıdır. Yatayda aynı doğru üzerinde yer alan noktaların tam kapalı halde şekil değiştirmeleri aynı olsa bile farklı açıklık hallerinde aynı çarpma kuvvetine maruz kalmalarına rağmen noktalar birbirlerinden çok farklı şekil değiştirme değişimi göstermektedirler.

Çizelge 6.20. Noktalara ait y eksenindeki şekil değiştirme değerleri (1-8 arası noktalar)

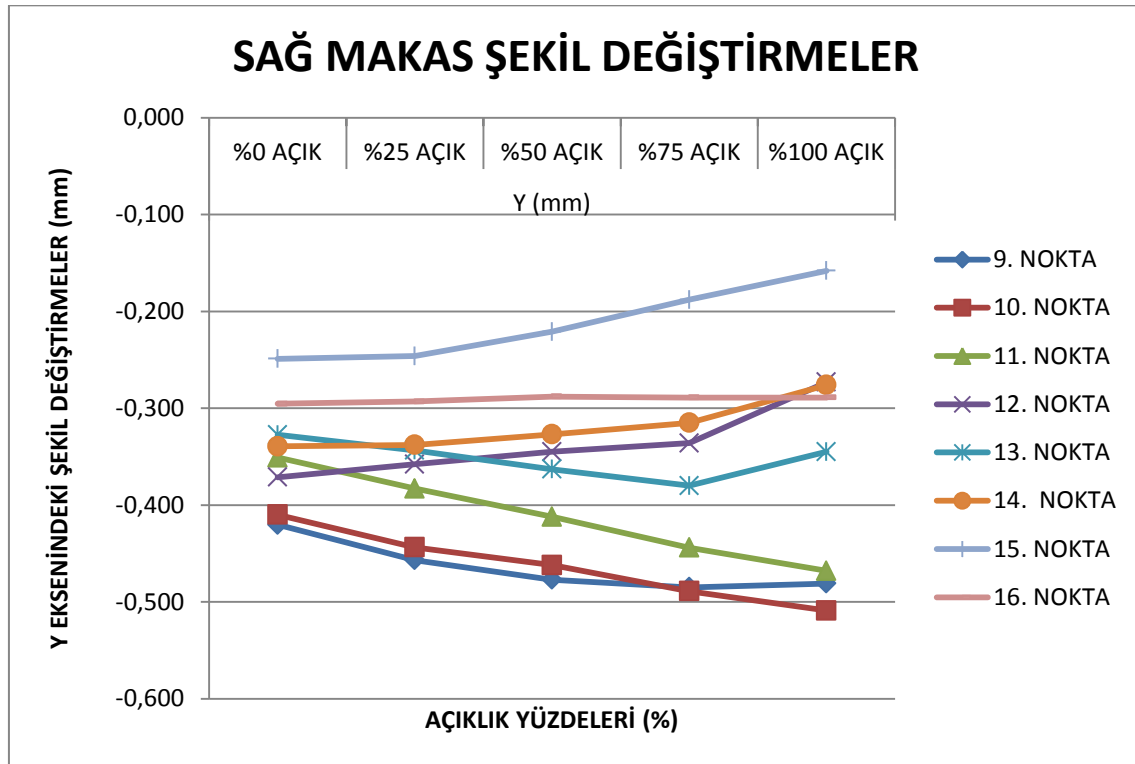
MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	Y (mm)				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
1. NOKTA	-0,241	-0,245	-0,240	-0,237	-0,231
2. NOKTA	-0,285	-0,289	-0,272	-0,249	-0,213
3. NOKTA	-0,254	-0,271	-0,297	-0,309	-0,278
4. NOKTA	-0,269	-0,295	-0,329	-0,369	-0,376
5. NOKTA	-0,346	-0,373	-0,404	-0,423	-0,408
6. NOKTA	-0,333	-0,353	-0,373	-0,396	-0,406
7. NOKTA	-0,350	-0,387	-0,430	-0,447	-0,443
8. NOKTA	-0,431	-0,477	-0,506	-0,522	-0,534



Şekil 6.21. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-şekil değiştirme değerleri grafiği (1-8 arası noktalar)

Çizelge 6.21. Noktalara ait y eksenindeki şekil değiştirme değerleri (9-16 arası noktalar)

MAKAS(SAĞ) ŞEKİL DEĞİŞTİRMELER					
NOKTA	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
9. NOKTA	-0,420	-0,457	-0,477	-0,485	-0,481
10. NOKTA	-0,410	-0,444	-0,462	-0,489	-0,509
11. NOKTA	-0,351	-0,383	-0,412	-0,444	-0,468
12. NOKTA	-0,371	-0,358	-0,345	-0,336	-0,273
13. NOKTA	-0,327	-0,343	-0,363	-0,380	-0,345
14. NOKTA	-0,339	-0,338	-0,327	-0,315	-0,276
15. NOKTA	-0,249	-0,246	-0,221	-0,188	-0,158
16. NOKTA	-0,295	-0,293	-0,288	-0,289	-0,289

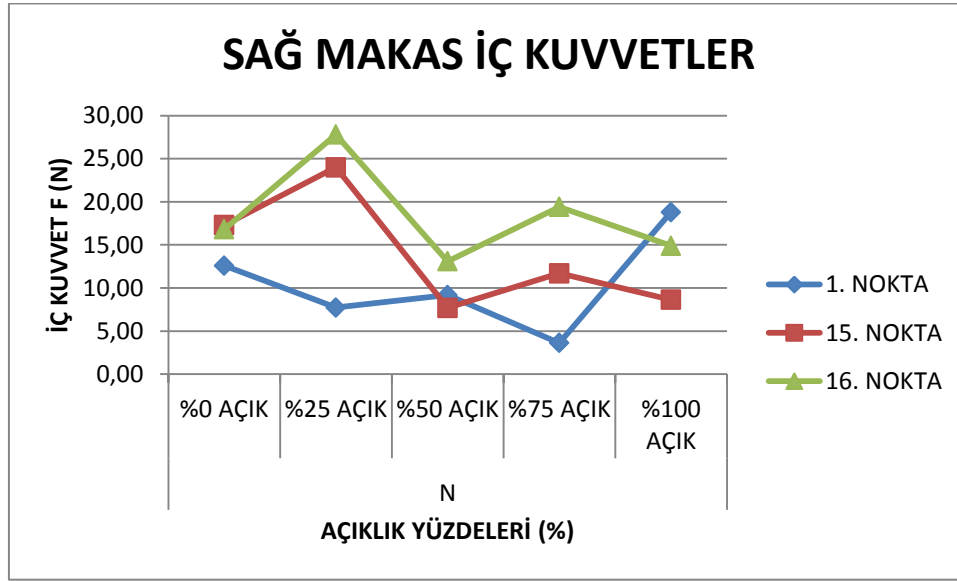


Şekil 6.22. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-şekil değiştirme değerleri grafiği (9-16 arası noktalar)

Sonuç : 25 000 N ‘luk çarpma kuvvetinin etkisiyle sağ makas üzerinde seçili bütün noktalarda –Y yönünde şekil değiştirme oluşmuştur. Farklı açıklık halleri için noktalara ait şekil değiştirme değişimleri doğrusala yakındır ve mm düzeyinde çok küçük değişimler görülmüştür.

Çizelge 6.22. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (1., 15., 16. noktalar)

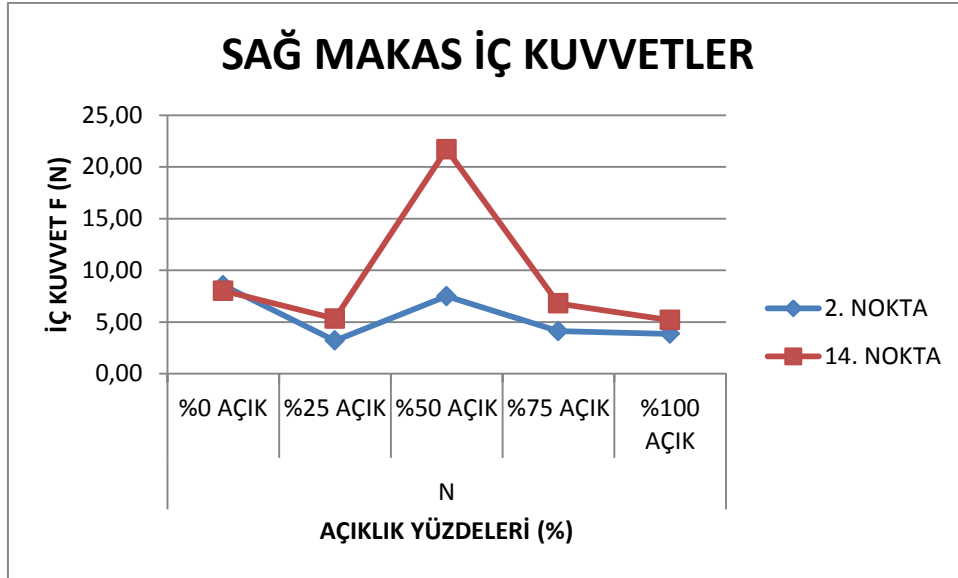
MAKAS(SAĞ) İÇ KUVVETLER					
NOKTA	N				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
1. NOKTA	12,60	7,72	9,17	3,63	18,80
15. NOKTA	17,3	24	7,69	11,7	8,63
16. NOKTA	16,8	27,8	13,1	19,4	14,9



Şekil 6.23. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (1., 15., 16. noktalar)

Çizelge 6.23. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (2., 14. noktalar)

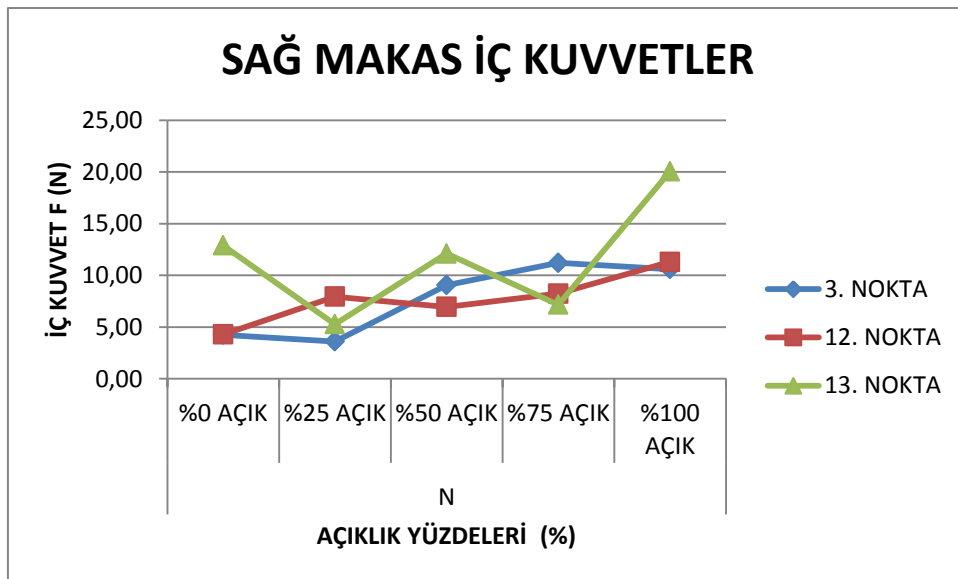
MAKAS(SAĞ) İÇ KUVVETLER					
NOKTA	N				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
2. NOKTA	8,55	3,20	7,49	4,11	3,86
14. NOKTA	8,01	5,32	21,70	6,79	5,19



Şekil 6.24. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (2., 14. noktalar)

Çizelge 6.24. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (3., 12., 13. noktalar)

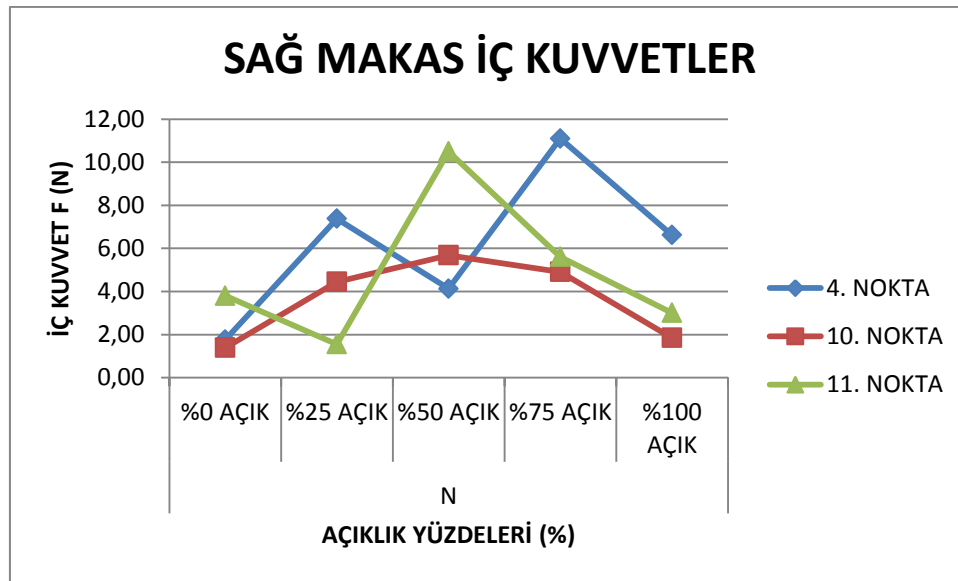
MAKAS(SAĞ) İÇ KUVVETLER					
NOKTA	N				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
3. NOKTA	4,25	3,61	9,06	11,20	10,60
12. NOKTA	4,29	7,94	6,95	8,23	11,30
13. NOKTA	12,90	5,27	12,10	7,16	20,05



Şekil 6.25. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (3., 12., 13. noktalar)

Çizelge 6.25. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (4., 10., 11. noktalar)

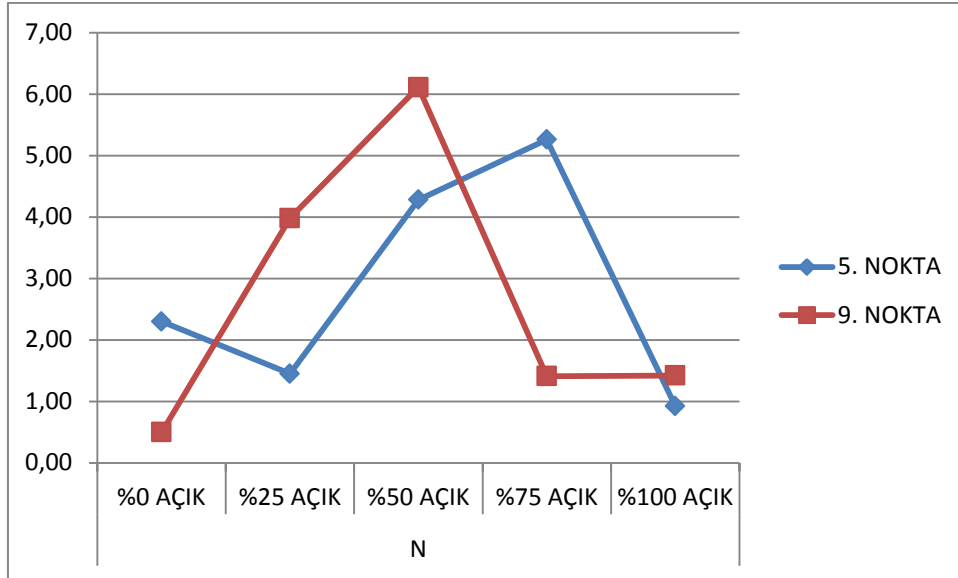
MAKAS(SAĞ) İÇ KUVVETLER					
NOKTA	N				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
4. NOKTA	1,76	7,38	4,13	11,10	6,62
10. NOKTA	1,39	4,45	5,68	4,91	1,85
11. NOKTA	3,80	1,55	10,50	5,61	3,01



Şekil 6.26. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (4., 10., 11. noktalar)

Çizelge 6.26. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (5., 9. noktalar)

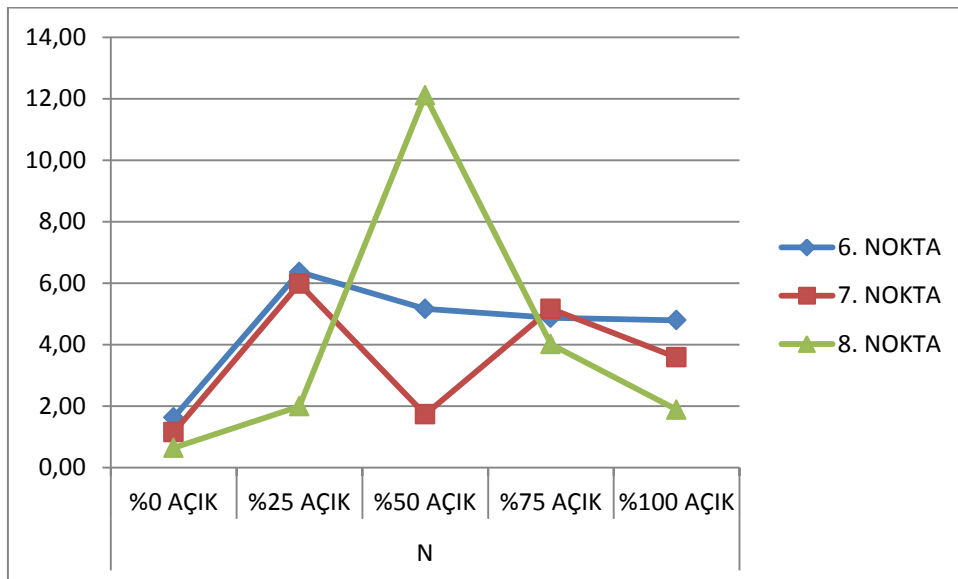
MAKAS(SAĞ) İÇ KUVVETLER					
NOKTA	N				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
5. NOKTA	2,30	1,45	4,28	5,26	0,92
9. NOKTA	0,50	3,98	6,11	1,41	1,42



Şekil 6.27. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (5., 9. noktalar)

Çizelge 6.27. Sağ makas noktalara ait iç kuvvet değerleri (6., 7., 8. noktalar)

MAKAS(SAĞ) İÇ KUVVETLER					
NOKTA	N				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
6. NOKTA	1,63	6,36	5,16	4,87	4,79
7. NOKTA	1,15	5,98	1,73	5,16	3,58
8. NOKTA	0,64	1,99	12,10	4,01	1,88

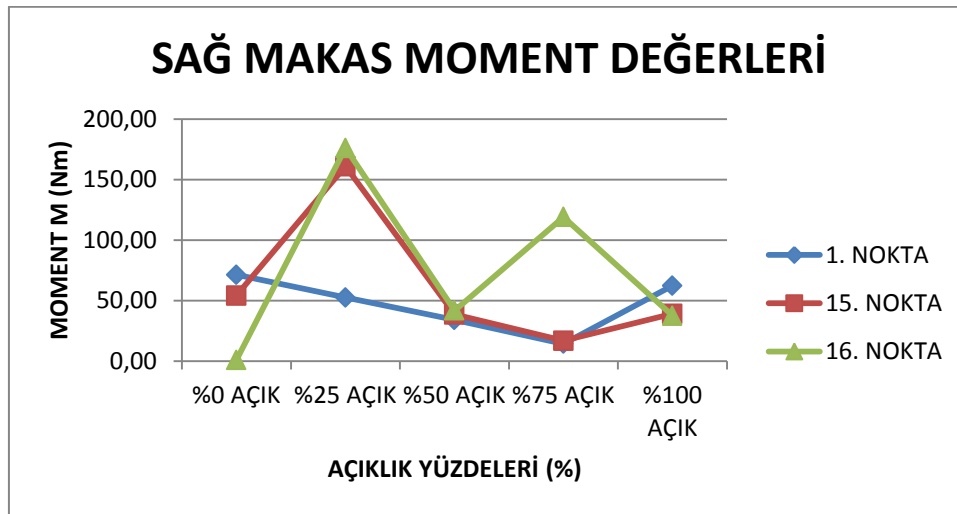


Şekil 6.28. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-iç kuvvet değerleri grafiği (6.,7.,8. noktalar)

Sonuç : Açılıp-katlanabilen pantoğrafik bir eleman olan ve sistemde hacim değişikliğini sağlayan makas elemanı üzerindeki noktalarda her bir açıklık durumu için ani artıp ani azalan iç kuvvet değerleri oluşmaktadır. Sağ makas üzerinde seçilen noktalarda farklı açıklık yüzdeleri için oluşan iç kuvvet değişimlerinin birbirinden çok farklılık gösterdiğine dikkat edilmelidir. Oysa sabit hücre üzerinde seçilen noktalardaki değişim azalan ya da artan şekilde daha doğrusala yakın bir değişim göstermektedir.

Çizelge 6.28. Noktalara ait moment değerleri (1., 15., 16. noktalar)

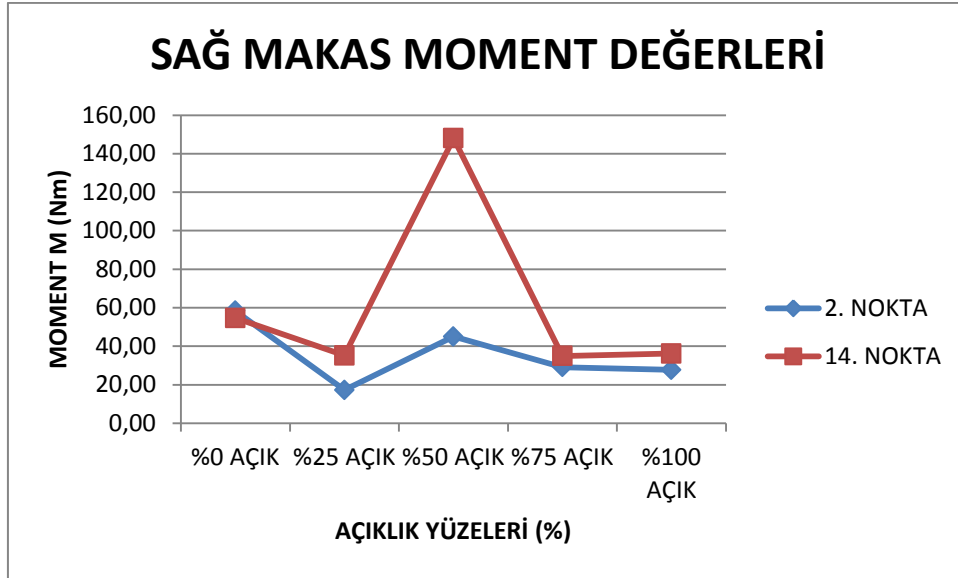
MAKAS(SAĞ) MOMENTLER					
NOKTA	Nm				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
1. NOKTA	71,30	52,50	33,90	14,30	62,20
15. NOKTA	54,00	161,00	38,50	16,70	39,00
16. NOKTA	0,73	176	41,8	119	37,4



Şekil 6.29. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (1., 15., 16. noktalar)

Çizelge 6.29. Noktalara ait moment değerleri (2., 14. noktalar)

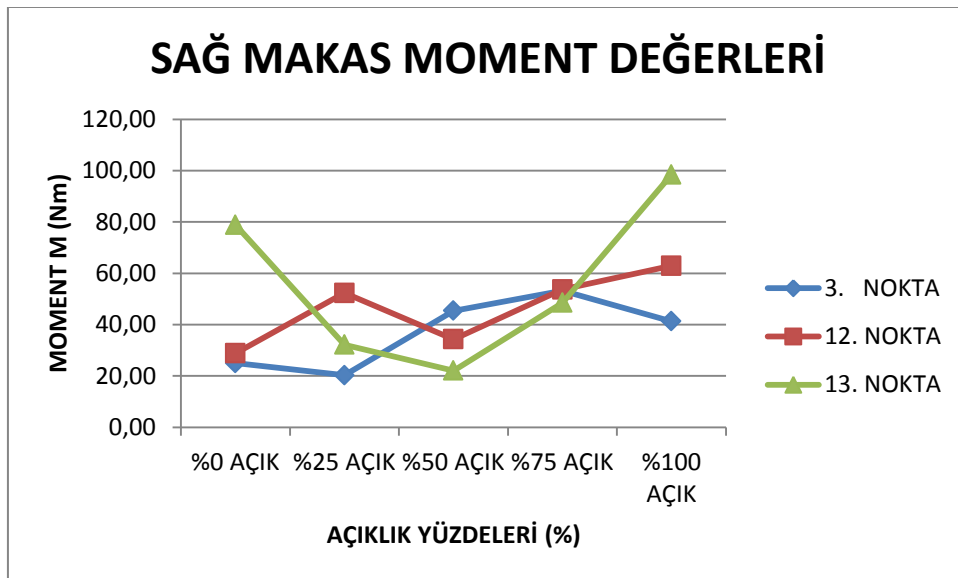
MAKAS(SAĞ) MOMENTLER					
NOKTA	Nm				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
2. NOKTA	58,40	17,20	45,00	29,10	27,70
14. NOKTA	54,60	35,20	148,00	34,90	36,20



Şekil 6.30. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (2.,14. noktalar)

Çizelge 6.30. Noktalara ait moment değerleri (3., 12., 13. noktalar)

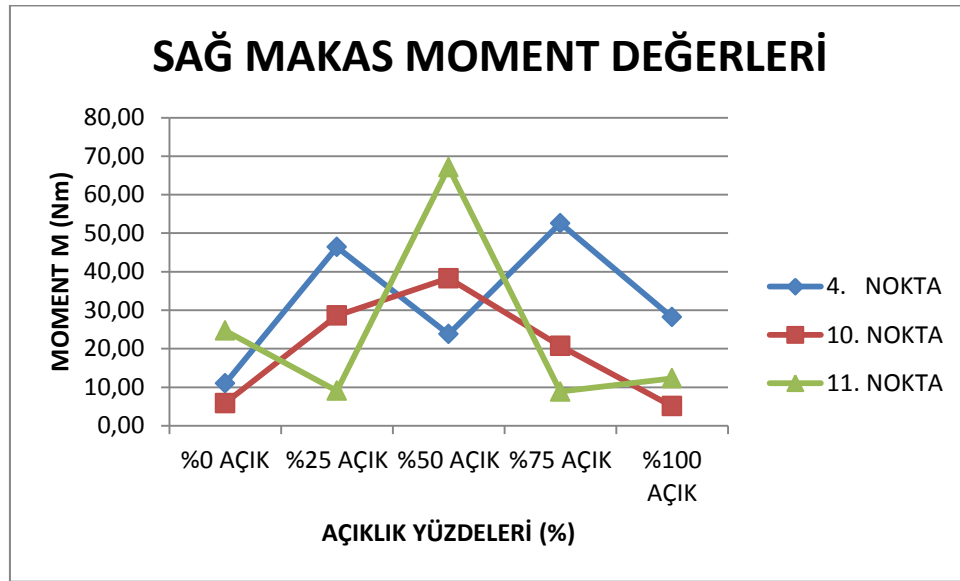
MAKAS(SAĞ) MOMENTLER					
NOKTA	Nm				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
3. NOKTA	25,00	20,30	45,40	53,20	41,30
12. NOKTA	28,80	52,30	34,30	53,70	62,90
13. NOKTA	78,90	32,20	22,10	48,50	98,50



Şekil 6.31. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (3., 12., 13. noktalar)

Çizelge 6.31. Noktalara ait moment değerleri (4., 10., 11. noktalar)

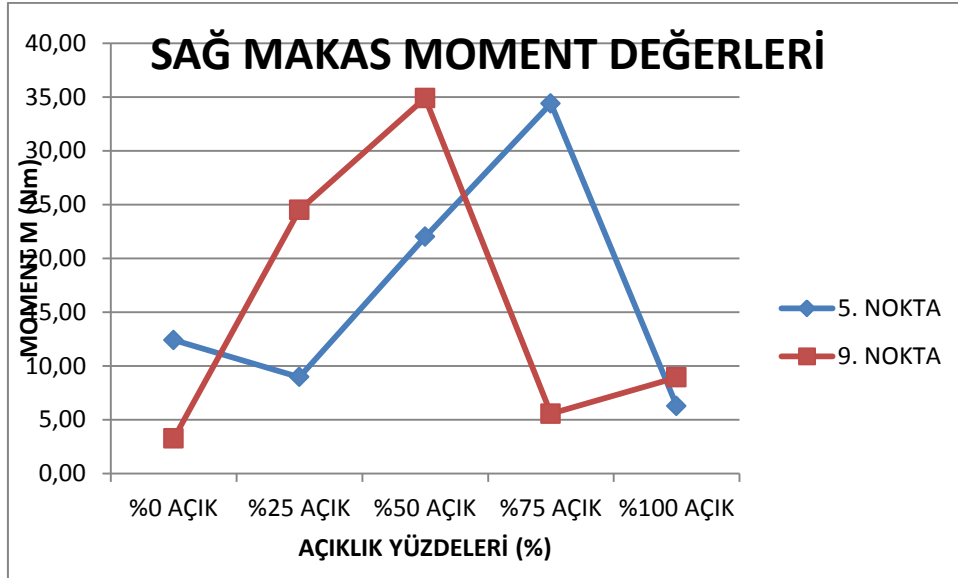
MAKAS(SAĞ) MOMENTLER					
NOKTA	Nm				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
4. NOKTA	11,00	46,40	23,80	52,60	28,20
10. NOKTA	5,86	28,60	38,30	20,70	5,06
11. NOKTA	24,70	9,05	67,10	8,87	12,30



Şekil 6.32. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (4., 10., 11. noktalar)

Çizelge 6.32. Noktalara ait moment değerleri (5., 9. noktalar)

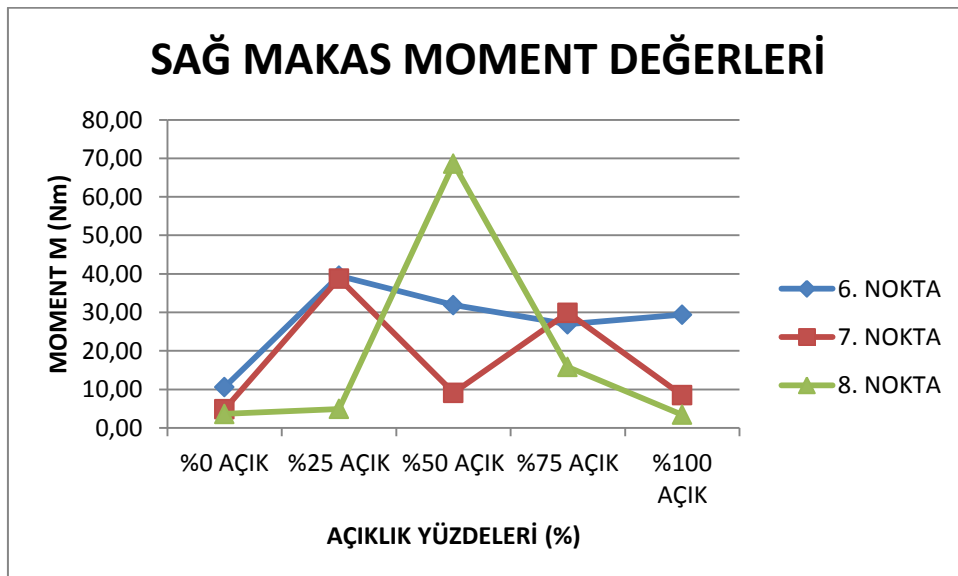
MAKAS(SAĞ) MOMENTLER					
NOKTA	Nm				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
5. NOKTA	12,40	8,97	22,00	34,40	6,27
9. NOKTA	3,26	24,50	34,90	5,56	8,93



Şekil 6.33. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (5., 9. noktalar)

Çizelge 6.33. Noktalara ait moment değerleri (6., 7., 8. noktalar)

MAKAS(SAĞ) MOMENTLER					
NOKTA	Nm				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
6. NOKTA	10,60	39,50	31,90	26,90	29,40
7. NOKTA	4,85	38,80	9,13	29,90	8,47
8. NOKTA	3,64	4,91	68,60	15,80	3,41



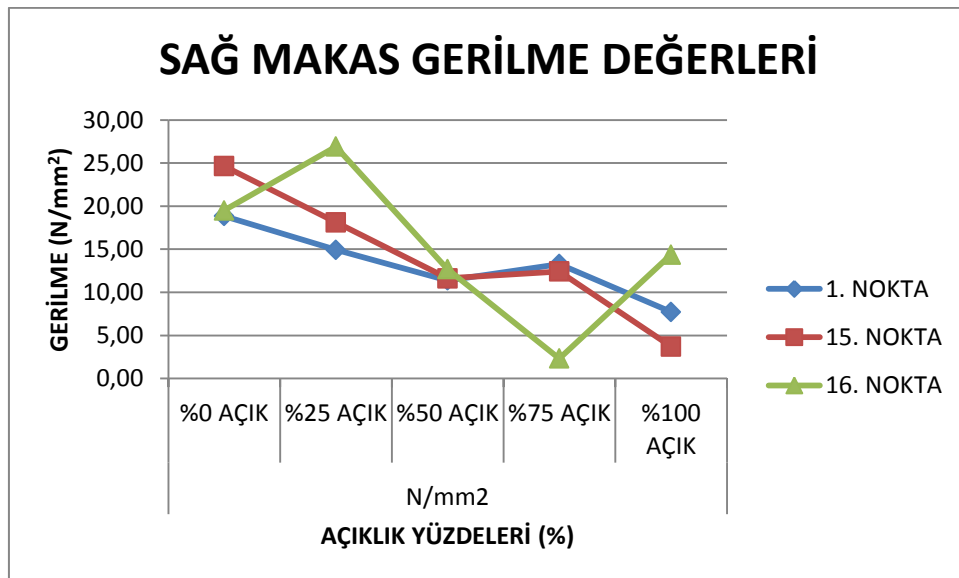
Şekil 6.34. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-moment değerleri grafiği (6., 7., 8. noktalar)

Sonuç :

Açılıp-katlanabilen pantoğrafik bir eleman olan ve sistemde hacim değişikliğini sağlayan hareketli makas elemanı üzerindeki noktalarda her bir açıklık durumu için ani azalış ve artan ; örneğin pozitif yönde artarken bir anda yön değiştiren moment değişimleri görülmektedir. Bu durum normal yapılarda görmeyeceğimiz bir moment değişimidir. Sonuç olarak denilebilir ki ; yük aynı kalmasına rağmen açıklık durumunun değişmesiyle moment değerinde ani azalış ya da artışlar görülmektedir. Bu da yapının serbestlik derecesinin artmasına bağlanabilir.

Çizelge 6.34. Noktalara ait gerilme değerleri (1., 15., 16. noktalar)

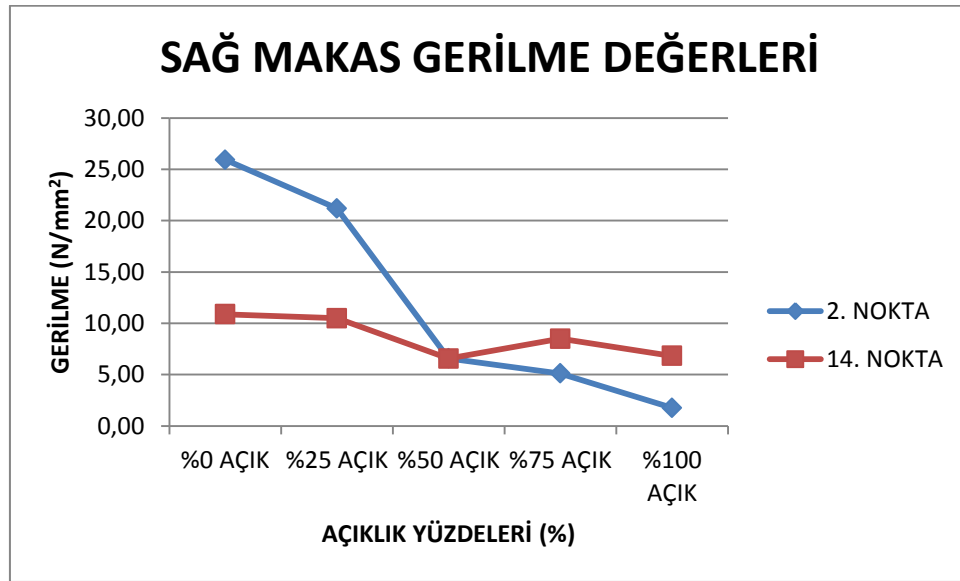
MAKAS(SAĞ) GERİLMELER					
NOKTA	N/mm ²				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
1. NOKTA	18,86	14,94	11,38	13,28	7,73
15. NOKTA	24,64	18,13	11,62	12,43	3,72
16. NOKTA	19,50	26,91	12,68	2,33	14,37



Şekil 6.35. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (1., 15., 16. noktalar)

Çizelge 6.35. Noktalara ait gerilme değerleri (2., 14. noktalar)

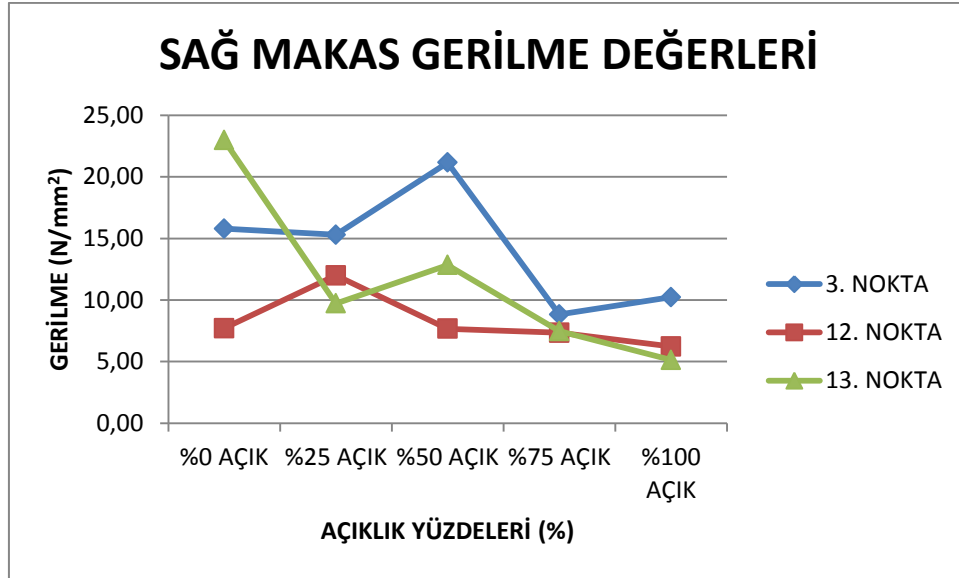
MAKAS(SAĞ) GERİLMELER					
NOKTA	N/mm ²				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
2. NOKTA	25,93	21,18	6,58	5,12	1,76
14. NOKTA	10,88	10,50	6,57	8,50	6,84



Şekil 6.36. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (2., 14. noktalar)

Çizelge 6.36. Noktalara ait gerilme değerleri (3., 12., 13. noktalar)

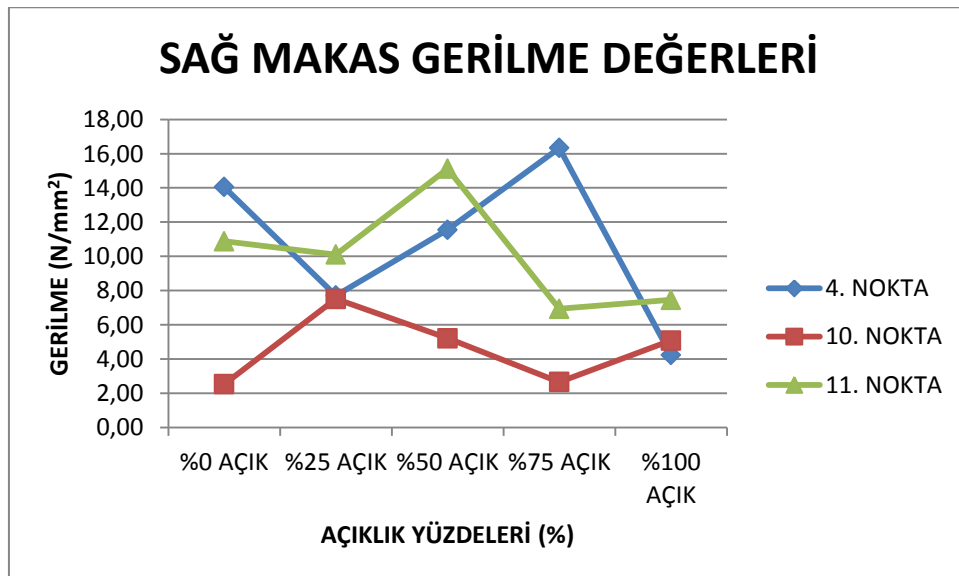
MAKAS(SAĞ) GERİLMELER					
NOKTA	N/mm ²				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
3. NOKTA	15,78	15,30	21,15	8,83	10,22
12. NOKTA	7,70	11,99	7,67	7,35	6,23
13. NOKTA	22,97	9,72	12,83	7,47	5,13



Şekil 6.37. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (3., 12., 13. noktalar)

Çizelge 6.37. Noktalara ait gerilme değerleri (4., 10., 11. noktalar)

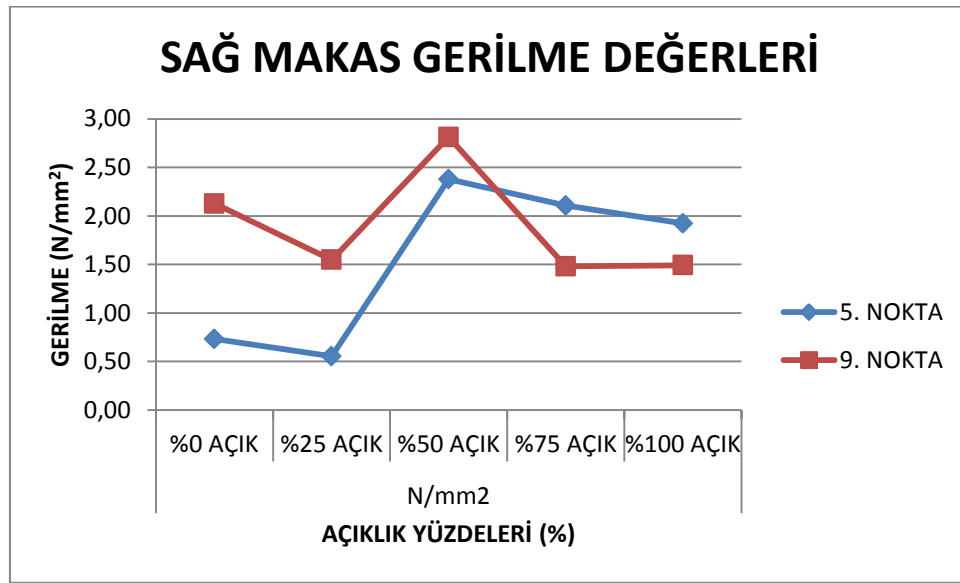
MAKAS(SAĞ) GERİLMELER					
NOKTA	N/mm ²				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
4. NOKTA	14,05	7,71	11,55	16,34	4,23
10. NOKTA	2,53	7,52	5,21	2,66	5,08
11. NOKTA	10,88	10,10	15,12	6,93	7,46



Şekil 6.38. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (4., 10., 11. noktalar)

Çizelge 6.38. Noktalara ait gerilme değerleri (5., 9. noktalar)

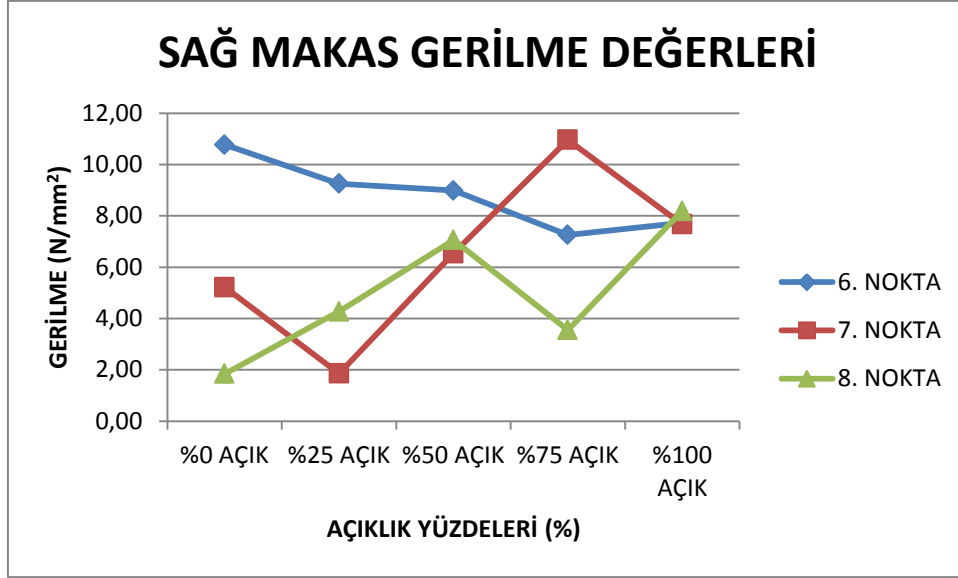
MAKAS(SAĞ) GERİLMELER					
NOKTA	N/mm ²				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
5. NOKTA	0,73	0,55	2,38	2,11	1,92
9. NOKTA	2,13	1,55	2,81	1,48	1,49



Şekil 6.39. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (5., 9. noktalar)

Çizelge 6.39. Noktalara ait gerilme değerleri (6., 7., 8. noktalar)

MAKAS(SAĞ) GERİLMELER					
NOKTA	N/mm ²				
	%0 AÇIK	%25 AÇIK	%50 AÇIK	%75 AÇIK	%100 AÇIK
6. NOKTA	10,77	9,25	8,99	7,26	7,73
7. NOKTA	5,22	1,86	6,54	10,97	7,67
8. NOKTA	1,84	4,27	7,06	3,56	8,19



Şekil 6.40. Noktalara ait açıklık yüzdeleri-gerilme değerleri grafiği (6., 7., 8. noktalar)

Açılıp-katlanabilen pantoğrafik bir eleman olan ve sistemde hacim değişikliğini sağlayan hareketli makas elemanı üzerindeki noktalarda her bir açıklık durumu için artıp azalan değişken bir gerilme değişimi görülmektedir. Bu da hareketli bir yapının doğru analiz edilebilmesi için her bir açıklık anı için analiz edilmesi gerektiği sonucunu çıkartmaktadır. Çünkü her bir nokta için farklı bir açılma anında gerilme maksimum değere sahip olabilmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Afetler, insan ve insan yerleşimleri üzerinde fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara neden olmaktadır. Bu durum insanlara normal yaşam ve günlük faaliyetlerini durdurarak ya da kesintiye uğratarak zarar vermektedir. Afet sonrası yaşanan sorunların başında barınma ihtiyacı gelmektedir. Afetzedeler için yapılan geçici afet korunakları olumsuz çevre etkilerinden korunmayı ve günlük yaşam koşullarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Afet sonrası yapılan çalışmalar üç başlık altında incelenmiştir:

1. Acil yardım aşaması
2. Rehabilitasyon aşaması
3. Yeniden İnşa aşaması

Ülkemizde afet sonrası geçici barınma ihtiyacının en etkili, hızlı, ekonomik ve konforlu olacak şekilde karşılanabilmesi için yeni bir afet korunağı modeli önerilmiştir.

Ülkemizde afet sonrası acil yardım aşamasından yeniden inşaa aşamasının sonuna kadar süren rehabilitasyon süreci en az iki yıl olduğundan, acil yardım aşamasında kullanılmaya başlayan çadır tipi korunağın sürdürülebilir olmadığı anlaşılmıştır. Rehabilitasyon aşamasında prefabrik konut ya da Mevlana evi adı verilen afet korunaklarına geçilmektedir. Bu durumun ülkeye büyük bir ekonomik yük getirdiği tespit edilmiştir. Önerilen model acil yardım aşamasından yeniden inşaa aşamasının sonuna kadar kullanılabilen dayanıklı bir model olduğundan geleneksel afet korunaklarına göre daha ekonomiktir.

Geçici afet korunağı tasarım ve üretiminde asgari olarak aranan tüm şartları sağlamaktadır.

Harektli afet korunağı :

1-Hafiftir.

- 2-Kolay bir şekilde afet bölgesinde kurulabilme ve paketlenebilme özelliğine sahiptir.
- 3-Kurum ve söküm için özel işçiliğe gerek yoktur. Bölgede mühendis ya da uzman gerekmeksizin önerilen model açılıp yeniden paketlenilmektedir.
- 4-Kısa süre içinde az sayıda işçi ya da afetzede tarafından açılıp kullanıma hazır hale getirilebilmekte ve gerektiğinde saniyeler içinde katlanıp paketlenilmektedir.
- 5-Önerilen hareketli afet barınağı modeli yerel bölgeler için değil, küresel açıdan değişik arazi ve iklim şartlarına uygun konfordadır.
- 6-Hareketli afet korunağı modeli, pantografik açılıp katlanabilen makas yapılar ve katlanabilen hareketli paneller sayesinde artıp azalabilen hacim yapısına sahip olduğundan katlanarak paketlenilmektedir. Bu özellik nakliye maliyetini düşürmektedir.
- 7-Paketlenerek taşınabilmekte, depolanabilmektedir. Paketlenmiş haliyle az yer kapladığından ihtiyaç duyulan depolama alanı az ve depolama maliyeti düşüktür.
- 8-Uzun süre ve tekrar tekrar kullanılabilen dayanıma sahiptir.
- 9-Uzun süre depolanabilecek dayanıma sahiptir.
- 10-Kalıcı konutlar yapılana kadar geçen sürede insan yaşamı için gerekli tüm sosyal konforu sunmaktadır. Hareketli afet korunağı içinde yer alan sabit unite içerisinde kaliteli bir sosyal yaşam için gerekli olan uyuma, yemek yeme, kişisel bakım, hijyeni, aile mahremiyetini korunması gibi şartları sağlamaktadır.
- 11-Sabit unite içerisinde montajlı olarak bulunan mutfak, banyo, tuvalet gibi bölümlerin tam donanımlı olmasıyla geleneksel afet sonrası barınma yapıların olmayan sosyal konfora sahiptir. Hareketli afet korunağı modeli tamamıyla afet sonrası barınma anlayışını değiştirecek farklılık, konfor ve fonksiyonelliğe sahip niteliktedir.
- 12- Ülkemizde afet sonrası acil durum aşamasında kullanılan çadır tipi barınma uzun süre kullanıma uygun olmadığından, kalıcı konutların yapılmasına kadar geçen ortalama iki yıllık sürede mevlana evleri ya da prefabrik konut kullanımına geçilmek zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu da afet sonrası barınma ihtiyacının karşılanmasını çok pahalı hale getirmektedir. Önerilen hareketli afet korunağı modeli hemen afet sonrası acil durum aşamasında kullanılmaya başlanabileceği, ve kalıcı konutlar yapılana kadar geçen sürede kullanılabilen gerekli konfor ve dayanıma sahip olduğundan afet sonrası acil durum ve rehabilitasyon aşamasında yapılan gereksiz harcamaların önüne geçilmesini sağlayacak niteliklere sahip uzun vadede ekonomik bir modeldir.

Hareketli afet korunağı modeli SolidWorks adlı bilgisayar proğramı kullanılarak 25 000N ‘luk çarpma kuvveti uygulanarak tam kapalı, %25 açık, %50 açık, %75 açık, %100 açık haller için statik olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda seçilen kritik nokta değerleri her bir açıklık için grafiklere geçirilerek analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan statik analiz sonucunda kuvvetin etkisiyle sistemin sabit olan bölümü üzerinde seçilen noktalarda tüm açıklık durumları için doğrusala yakın iç kuvvet, moment ve gerilme değişimi olduğu tespit edilmiştir. Sistem üzerinde her bir açıklık durumu için maksimum gerilmenin olduğu nokta tespit edilmiştir. Elde edilen maksimum gerilme değerleri St 44’ ün akma gerilmesinden küçük değerde olduğundan kalıcı deformasyon oluşmayacaktır.

Hareketli afet korunağının açılıp kapanmasını sağlayan pantografik makas elemanlar üzerinde bulunan, seçilen noktaların her bir açıklık durumu için analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Pantografik makas elemanlarda serbestlik derecesinin artması sonucu ilave kuvvet ve momentlerin ; sonuç olarak ilave gerilmelerin olduğu tespit edilmiştir. Hareketli, açılıp-kapanan yapılar olan makas elemanlarda her bir açıklık hali için seçilen noktalarda iç kuvvet, moment ve gerilme değerlerinin ani artan ya da azalan değişimler gösterdiği yapılan analizler sonucu görülmektedir. Bir noktada biraçıklık hali için minimum olan iç kuvvet, moment ve gerilme değerinin başka bir açıklık hali için ani bir artış gösterdiği, bir digger açıklık halinde ani azalabildiği görülmüştür. Sonuç olarak; hareketli bir yapı sisteminde bir nokta için maksimum gerilmenin tespit edilebilmesi için açılma boyunca her bir açıklık hali için analiz yapılması gerekliliğidir. Yani hareketli bir yapı sisteminin doğru analiz edilebilmesi için her bir açıklık anının analiz edilmesi gerekmektedir. Çünkü her bir nokta için farklı bir açılma anında gerilme değeri maksimum değere ulaşabilmektedir.

Sonuç olarak; katlanıp paketlenmiş haliyle dikdörtgen prizma şekline sahip olan model, pantograf elemanlardan oluşan açılabilir çubuk yapıları (makaslar) ve mafsallı açılıp-katlanabilir hareketli panelleri sayesinde geniş bir yaşam alanına dönüşmektedir. Model geçici afet korunağı ihtiyacının sona ermesinden sonra küçük bir hacme katlanma ve paketlenme avantajına sahiptir. Bu özellikleri önerilen hareketli afet korunağını mevcut bütün geleneksel geçici afet korunaklarından farklı ve avantajlı kılmaktadır. Sabit unite içerisinde montajlı olarak bulunan mutfak, banyo, tuvalet gibi bölümlerin tam donanımlı olmasıyla geleneksel afet sonrası barınma yapılarında olmayan sosyal konfora sahiptir. Hareketli afet korunağı modeli tamamıyla afet sonrası barınma anlayışını değiştirecek

farklılık, konfor ve fonksiyonelliğe sahip niteliktedir. Önerilen modelin geçici afet korunağı anlayışına yeni bir boyut kazandıracağı muhakkaktır.

KAYNAKLAR

1. Akgün,Y. (2010). A novel transformation model for deployable scissor – hinge structures, Doctoral Thesis, *Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren*, Stuttgart, 15-24
2. Buhl, T., Jensen, F., Pellegrino, S., (2004). Shape optimization of cover plates for retractable roof structures , *Department of engineering*, Cambridge, 1-22
3. Gantes,C., Connor, J. J., Logcher, R. D. (1991). Combining numerical analysis and engineering judgment to design deployable structures , *Computers & Structures*, 40(2): 431-440
4. Gantes,C., Connor, J. J., Logcher R. D. (1991). Continuum model for deployable flat lattice structures'' , *Journal of Aerospace Engineering.*, 7(1): 72-91
5. Gantes,C.J. (2001). Deployable structures :Analysis and design ,*Wit press publication*,Southampton,Boston, 3-92
6. İnternet: Millennium Stadium roof , Christine Ottewill photography Online. <http://www.sportsvenue-technology.com/projects/cardiff/index.html#cardiff2>
7. İnternet: National Stadium Online. http://www.bjghw.gov.cn/for_NationalStadium/indexeng.asp.
8. İnternet: Oita Sports Park Main Stadium, Online. http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/news_e/pr0012/m0012_04.htm.
9. İnternet: Planar retractable roofs Online. http://www.civ_eng.cam.ac.uk/dsl/roof/planar/planar.html
10. İnternet: Vista Alegre Online. http://www.eccon.biz/projekte/vista_e.html
11. Jensen, F. V. (2001). Cover elements for retractable roof structures, First year report submitted to the University of Cambridge on the progress of Ph. D. – Work, *Department of engineering*, Darwin College, 2-5, 8-11
12. Jensen, F., Pellegrino, S. (2005). Expandable blob structures , *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures.*, 46(3):151-158
13. Jensen, F., Pellegrino, S. (2002). Expandable structures formed by hinged plates, *Space Structures*, 5(1): 263-272
14. Kassabian, P., Pellegrino, S. (1999). Retractable roof structures, *Structures&Buildings*, 134: 45-56

15. Mira, L. A.(2010). Design and analysis of universal scissor component for mobile architectural applications, Master Thesis, **Faculty of Engineering Sciences**, Vrije,Universiteit Brussel
16. Pellegrino, S. (2001). Deployable Structures, **Springer Wien New York**, University of Cambridge, 37-50
17. Raskin, I. (1998). Stiffness and stability of deployable pantographic columns, Ph. D.Thesis, **Civil Engineering Department**, University of Waterloo,Canada, 1-23
18. Tibert, G. (2002). Deployable tensegrity structures for space applications, Doctoral Thesis, Royal Institute OF technology, **Department of Mechanics**, Stockholm, 2-31
19. Wei, W.G., Pellegrino, S. (2005). Kinematic bifurcations of closed –loop deployable frames, **Proceedings of the 5th International Conference on Computation Of Shell and Spatial Structures** June 1-4
20. You, Z., Pellegrino,S. (1997). Foldable bar structures, **Internetonial Journal of Solids and Structures**, 34(15): 1825-1847
21. You, Z. (2000). A new approach to design of retractable roofs, **IUTAM-IASS Symposium on Deployable Structures: Theory and Applications**, Ed.S. Pellegrino and S.D. Guest, Kluwar Academic Pubishers, Dordrecht, 477- 483
22. İnternet, “Osmanlıca-Türkçe Sözlük (OTS)”, <http://www.osmanlicaturkce.com/?k=acil&t=%40>,(Sonerişimtarih: 26.04.2012)
23. İnternet: “Türk Dil Kurumu (TDK)”, URL: <http://www.tdk.gov.tr/TR/Default.aspx?F6E10F8892433CFFAAF6AA849816B2EF4376734BED947CDE>, (Son erişim tarihi: 26.04.2012)
24. İnternet: Boğuşlu, Ö. (2006). “1999 Depremi Sonrası Değişen Hayatlar, Psikiyatri ve Hayat,<http://www.psikiyatrivehayat.com/deprem.htm>, (Son erişim tarihi:16.03.2013)
25. ANON 3, (1997).Redhouse İngilizce Türkçe Sözlük”. SEV yayıncılık, Türkiye
26. ANON 4, (2003). Oxford Dictionary of English 2e”, Oxford University Press, London
27. Bütün, H., Dursun, G., Vaedareri, A.D. (2005). Kocaeli ve İskan Problemi: Geçici Prefabriklerin Çözömsözlüğü ve Yoksulluğun Yeni Mekanı, **VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi**, 26 – 27
28. Çakır, B. (2007). Afet ve Acil Durum Yönetimi: Bolu Belediyesi Örneği, **Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Bolu
29. Emekçi, Ç. (2005). Mimarlıkta Hareket Çeşitlerinin İncelenmesi ve Hareketin Mimari Tasarımda Kullanılması, **Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul**

30. Ergünay, O. (2005). Afet Yönetiminde İşbirliği ve Koordinasyonun Önemi, Afet Yönetiminin Temel İlkeleri, *JICA Yayın* 1: 10
31. Ervan, M.K. (1995). Acil Durumlarda Kullanılabilecek Demontable Yapıların Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesine Yönelik Kavramsal Bir Model, *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara*
32. Fındıkgil, M. M. (1984). Afet Sonrası Geçici Konut Sorunu, *MMLS Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul*
33. İTÜ Afet Yönetim Merkezi, (2005). Zarar Azaltma İlkeleri El Kitabı”, İstanbul Teknik Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi, *İTÜ Press*, 4
34. JICA, (2004). Türkiye’de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu, Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı, Ankara
35. Limoncu, S., Bayülgen, C. (2005). Türkiye’de Afet Sonrası yaşanan Barınma Sorunları, *Megaron-Yıldız Teknik Üniversitesi e-Dergisi*, 1:1
36. Onur, İ., Ö. (2004). Türkiye’de Afet Sonrası Kurulan Geçici Konut Yerleşkelerinin Kronolojik İncelenmesi İzmit ve Yalova’da Kurulan Prefabrik Yerleşim Örnekleri Üzerinde Değerlendirme, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul*
37. Sey, Y., Tapan, M., Kanoğlu, A. (1987). Afet Sonrası Barınma ve Geçici Konut Tipi Araştırması, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Akademik çalışma, İstanbul*
38. Şemgün, H. (2007). Afet Yönetimi Sistemi ve Marmara Depremi Sonrasında Yaşanan Sorunlar, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara*
39. Uğur, F. (2004). Uzmanlara Göre Bir İnsan, En Fazla 4 Gün Aç ve Susuz yaşayabiliyor, *Zaman gazetesi*, Türkiye
40. Undro. (1982). Shelter After Disaster Guidelines for Assistance, *Office of The United Nation Disaster Relief Co-ordinator, Geneva*

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı,adı : TAMER UÇAR, Zeliha
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 14.08.1974 Yukarıkaraören
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 287 73 48-0 533 387 62 93
Faks :
e-mail : zelihatamerucar@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	1997
Lise	Yükseliş Koleji	1993

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1997-2014	Tamer İnşaat Çelik Kalıpları Ltd. Şti.	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yüzme, Resim, Yürüyüş, Ahşap Boyama, Kitap Okuma



GAZİ GELECEKTİR..