İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY KAFES SİSTEMLER
TARİHİ GELİŞİM, GÜNCEL DURUM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Z. Deniz TEKGÜVERCİN

Anabilim Dalı: MİMARLIK

Programı: YAPI BİLGİSİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kaya ÖZGEN

MAYIS 2002

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ∗FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY KAFES SİSTEMLER
TARİHİ GELİŞİM, GÜNCEL DURUM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Z. Deniz TEKGÜVERCİN

502981112

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2002

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kaya ÖZGEN
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Erol GÜRDAL
Prof. Dr. Aydan ÖZGEN (MSÜ)

MAYIS 2002

Babam

Alirıza Aydın TEKGÜVERCİN'e

Ve

Annem

Aliye TEKGÜVERCİN'e...

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamdaki değerli katkılarından dolayı öncelikle, tez danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kaya ÖZGEN' e, değerli bilgilerini benden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Aydan ÖZGEN' e, uzay kafes sistemi ülkemizde yayılmasını sağlayanlardan ALTINYALDIZ Ltd. Şti.'ye ve Genel Müdür Sayın Atilla ALTINYALDIZ' a, uzay kafes sistem örneklerinin analizleri için destek veren UZAY SİSTEM AŞ.'ye, Genel Müdür Sayın Ahmet ALAÇAM' a ve özel ilgisinden dolayı Sayın Hicran ÇAKMAK' a, uzay kafes sistemin uygulama biçimleri hususunda yardımcı olan USKON A.Ş.'ye ve Genel Müdür Sayın Süleyman MAZLUM' a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez oluşturma süresince manevi desteğini hep hissettiğim aileme de teşekkür ederim.

Mayıs 2002 Z. Deniz TEKGÜVERCİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ i
ŞEKİL LİSTESİ v
ÖZET x
SUMMARY xi

BÖLÜM: 1
1. UZAY KAFES SİSTEMLERİN TANITIMI 1
1.1. Giriş 1

1.1.1.Problem 1

1.1.2.Amaç ve Yöntem 1

1.2. Uzay Kafes Sistemlerin Özellikleri 2

1.2.1. Tanımı Ve Avantajları 2

1.2.2. Kullanılan Sistemler 5
1.2.2.1. Mero Sistemi 5
1.2.2.2. Unibat Sistemi 6
1.2.2.3. Oktaplatte Sistemi 7
1.2.2.4. SDC Sistemi 8
1.2.2.5. Primatec Sistemi. 8
1.2.2.6. Tridimatec Sistemi 9
1.2.2.7. Unistrut Sistemi 10
1.2.2.8. Space Deck Sistemi 11
1.2.2.9. Triodetic Sistemi 12
1.2.2.10. Moduspan Sistemi 13

1.2.3. Uzay Kafes Strüktürlerin Tarihsel Gelişim Süreci 13
1.2.3.1. Doğa Strüktürleri 13
1.2.3.2. Çatı Sistemlerinin Gelişimi 18

BÖLÜM: 2
2. UZAY KAFES SİSTEMİN BİRLEŞENLERİ
2.1. Giriş 42

2.1.1. Uzay Sistemin Bileşenleri 42
2.1.1.1. Düğüm Noktaları (Küreler) 44
2.1.1.2. Çubuklar Ve Konik Parçalar 44
2.1.1.3. Cıvata, Somun Ve Pimler 45

2.1.2. Aşık Elemanları Ve Aşıklar 46
2.1.2.1. Aşıklar 46
2.1.2.2. Aşık Elemanları 46

2.1.3. Mesnet Detayları 47

2.1.4. Kabuk Elemanları 48
2.1.4.1. Korozyona Karşı Koruma 48
2.1.4.2. Toz Boya 48
2.1.5. Çatı Örtüsü 50
2.1.5.1. Plastik Çatı Örtü Malzemeleri 50
2.1.5.2. Metal Çatı Örtü Malzemeleri 57
2.1.5.3. Cam Çatı Örtü Malzemeleri 62
2.1.5.4. Mimari Tekstil Çatı Örtü Malzemeleri 65
2.1.5.5. Bitüm Esaslı Çatı Örtü Malzemeleri 68

2.2. Uzay Kafes Sistemin Geometrisi 71

2.2.1.Gelişim Süreci 71
2.2.1.1. Temel Polihedronlar 72
2.2.1.2. Uzay Paketlenmeleri 72

2.2.2. Uygulama Biçimleri 74
2.2.2.1. Düzlem Uzay Kafes Strüktürler 74
2.2.2.2. Tek Eğrilikli (Tonozsal) Uzay Kafes Strüktürler 76
2.2.2.3. Çift Eğrilikli (Kubbesel) Uzay Kafes Strüktürler 79

BÖLÜM: 3
3. UZAY KAFES SİSTEMDE UYGULAMA AŞAMALARI 84
3.1.Projelendirme 84
3.2.İmalat 85
3.3.Korozyondan Korunma 85
3.4.Nakliye 86
3.5.Testler 87
3.6.Montaj Ve Montaj Yöntemleri 87
3.7. Çatı Örtüsü Ve Uygulama Detayları 88

3.7.1. Çatı Örtüsünün Uzay Kafes Sistem İle İlişkisi 88
3.7.2. Çatı Yüzeyinden Gün Işığı Sağlanması 92
3.7.3. Çatı Sularının Toplanması 96
3.7.4. Çatı Yüzeyinin Bitiş Detayları 99
3.7.5. Tesisat Sistemleri İle Uzay Sistem İlişkisinin Detaylandırılması 102

BÖLÜM: 4
4. UYGULANMIŞ ÖRNEKLER 103

BÖLÜM: 5
5. GENEL DEĞERLENDİRME **127**

KAYNAKLAR **129**

EKLER **131**

ÖZGEÇMİŞ **133**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Bir Uzay Kafes Sistem Örneği....4
Şekil 1.2 : Mero Düğüm Noktası....5
Şekil 1.3 : Mero Düğüm Noktası Bağlantı Detayı....5
Şekil 1.4 : Mero Sistem 18 Çubuğun Düğüm Noktasına Bağlantısı....6
Şekil 1.5 : Unibat Sistemde Yerde Kurulmuş Izgara....6
Şekil 1.6 : Unibat Sistemde Birleşim Detayları....7
Şekil 1.7 : Oktaplatte Sistemde Düğüm Elemanı....7
Şekil 1.8 : SDC Düğüm Elemanı....8
Şekil 1.9 : Tek Parça SDC Düğüm Elemanı....8
Şekil 1.10 : Pyramitec Sistemde Modül Ve Bağlantı Detayı....9
Şekil 1.11 : Tridimatec Sistemde Çubuklar Ve Düğüm Noktaları....9
Şekil 1.12 : Tridimatec Sistemde Bağlantı Detayı....10
Şekil 1.13 : Unistrutt Sistem Bağlantı Elemanları....10
Şekil 1.14 : Unistrutt Sistemde Uygulanmış Bir Modül....10
Şekil 1.15 : Space Deck Sisteminde Piramit Modül....11
Şekil 1.16 : Nenk Sistemde Uygulanmış Modüler Izgara....11
Şekil 1.17 : Triodetic Sistemde Bir Bağlantı Modeli Ve Düğüm Elemanı Kesitleri.12
Şekil 1.18 : Triodetic Düğüm Noktası Bağlantı Elemanları....12
Şekil 1.19 : Moduspan Sistemde Bağlantı Elemanları Ve Bir Modül Örneği....13
Şekil 1.20 : Anorganik Doğada Varolan Kristal Biçimleri....14
Şekil 1.21 : Jeodezik Tipte Bir Radiolarya Örneği....14
Şekil 1.22 : İnorganik Doğadan Çeşitli Strüktür Örnekleri....15
Şekil 1.23 : Organik Doğadan Strüktür Örnekleri....15
Şekil 1.24 : Kaburgalı Yapıda Kabuk Örnekleri....16
Şekil 1.25 : Kemikteki Ağ Doku....16
Şekil 1.26 : Örümcek Ağı....16
Şekil 1.27 : Bir Yaban Arısı Kovanı....17
Şekil 1.28 : Dal Örgüleri İle Yapılmış Çadır Strüktürü....18
Şekil 1.29 : Istavroz Izgara Tonozu Ve Gotik Tarzda Bir Çubuk Sütun....19
Şekil 1.30 : Ahşap Karkas Evinin Gelişme Kesiti....19
Şekil 1.31 : Ahşap Karkas Sisteminde Yapılmış Bir Ortaçağ Evi....20
Şekil 1.32 : Çapraz Demir Payandalarla Donatılmış Bir Ahşap Karkas Konstrüksiyonu....20
Şekil 1.33 : Demir Asma Çubukları İle Verantius Köprüsü....21
Şekil 1.34 : Bir İskelet Kubbe Örneği....22
Şekil 1.35 : Çok Katlı Ve Çok Bölmeli Ağ Örgülü Kubbeler....24
Şekil 1.36 : Keşif Kubbesi (The Dome Of Discovery)....25
Şekil 1.37 : Charlotta Hükümet Binası (The Civic Center)....25
Şekil 1.38 : B. Fuller' İn Jeodezik Kubbesi (The Geodesic Dome)....26
Şekil 1.39 : Bir Jeodezik Kubbe Modeli....26
Şekil 1.40 : Pinero'nun Çift Katlı Katlanabilir Kubbesi....27

Şekil 1.41 : Lamella Sistemde Oluşturulmuş Tonoz Bir Fabrika Binası.....28
Şekil 1.42 : Firth Of Forth Akarsuyunu Geçen Bir Demiryolu Köprüsü.....29
Şekil 1.43 : Düz Karkas Konstrüksiyonlu Çelik Yüksek Yapı.....30
Şekil 1.44 : Kristal Saray (Crystal Palace), Londra.....30
Şekil 1.45 : Cam Saray, Münih.....31
Şekil 1.46 : Çelik Kafes Kirişli Konstrüksiyon Biçimleri.....32
Şekil 1.47 : Eiffel Kulesi, Paris.....33
Şekil 1.48 : Çift Tabakalı Çelik Izgara İle Örtülmüş Endüstri Binası, Britanya.....34
Şekil 1.49 : Çok Tabakalı Uzay Çerçeveden Oluşturulan Uçan Makine Modelleri..35
Şekil 1.50 : Çok Tabakalı Bir Uzay Çerçeve Modeli.....36
Şekil 1.51 : İlk Mero Dergisi Kapak Sayfası,1943.....37
Şekil 1.52 : Mero Sistemde 18 Elemanın İlginç Birleşimi.....37
Şekil 1.53 : Mengeringhausen Ve Mero Düğüm Elemanları.....38
Şekil 1.54 : K.Wachmann Ve B.Fuller Tarafından Geliştirilen Düğüm Detayları ...39
Şekil 1.55 : K.Wachmann Tarafından Geliştirilen Düğüm Detayları.....39
Şekil 1.56 : K.Wachmann Tarafından Geliştirilen Düğüm Detayları.....39
Şekil 1.57 : Berkshire' de Bir Radar Kulesi Birleşimi Ve Zemin Detayı.....40
Şekil 1.58 : Almanya Te-Zet Hangarlarda Kullanılmış Birleşim Detayları.....40
Şekil 1.59 : Bir Prefabrike Kubbede Birleşim Noktası.....40
Şekil 1.60 : 63 M. Çapında Ahşap Bir Kubbe, Newcastle-Tyne,1964.....41
Şekil 1.61 : Çift Tabakalı Üç Doğrultulu Izgara.....41

BÖLÜM-2

Şekil 2.1 : Uzay Kafes Sistem Tipleri.....43
Şekil 2.2 : Uzay Kafes Sistem Düğüm Noktası.....43
Şekil 2.3 : Düğüm Elemanları Ve Boyutları.....44
Şekil 2.4 : Çubuklar Ve Konik Parçalar.....45
Şekil 2.5 : Aşık Tipleri.....46
Şekil 2.6 : Sabit Mesnet Küresi.....47
Şekil 2.7 : Kayıcı Mesnet Küresi.....47
Şekil 2.8 : Kimyasal Banyolar.....48
Şekil 2.9 : Toz Boya Kabini.....49
Şekil 2.10 : Paralel Düzlem Çelik Makasların PVC Örtü İle Örtülmesi.....51
Şekil 2.11 : PVC Malzemelerde Birkaç Tür Kesit Örneği.....52
Şekil 2.12 : PVC Oluklu Çatı Panelleri İle Uzay Kafes Birleşim Detayı.....52
Şekil 2.13 : PC İle Örtülmüş Uzay Kafes Sistem.....53
Şekil 2.14 : PC Malzeme Örnek Kesitler.....54
Şekil 2.15 : PC Örtü Malzemeleri İle Alüminyum Kilitleme Ve Montaj Profillerinin Bağlantı Detayı.....54
Şekil 2.16 : PC Örtü Malzemeleri İle PC Kilitleme Ve Montaj Profillerinin Bağlantı Detayı.....55
Şekil 2.17 : PC Örtü Malzemeleri İle Uzay Kafes Birleşimi.....55
Şekil 2.18 : Alüminyum Tabanlı Akrilik Işıklık.....56
Şekil 2.19 : CTP Oluklu Levhaların Enkesit Görünüşleri.....57
Şekil 2.20 : Metal Profil Çeşitleri.....58
Şekil 2.21: Metal Profil Çeşitleri.....59
Şekil 2.22 : Galvaniz Oluklu Levha.....60
Şekil 2.23 : Galvaniz Trapez Levha.....60
Şekil 2.24 : Trapezoidal Çatı Panelleri İle Uzay Kafes Birleşim Detayı.....60
Şekil 2.25 : Sandviç Panel Kesiti.....61

Şekil 2.26 : Poliüretan İzolasyonlu Sandviç Çatı Paneli İle Uzay Kafes Sistem Birleşim Detayı.....61
Şekil 2.27 : Temperlenmiş Yapıda Emniyet Camları.....63
Şekil 2.28 : Lamine Güvenlik Camı.....64
Şekil 2.29 : Lamine Cam Levhalar İle Uzay Kafes Birleşim Detayı.....65
Şekil 2.30 : Mimari Tekstil Örtüsünün Kullanıldığı Bir Sergi Binası.....66
Şekil 2.31 : PVC Esaslı Mimari Tekstil Örtüsünün Kullanıldığı Bir Sergi Binası....66
Şekil 2.32 : Mimari Tekstil Çatı Örtüsünün Uzay Kafes Üzerinde Uygulanışı.....67
Şekil 2.33 : Bitümlü Örtülerin Uygulanış Şekilleri.....68
Şekil 2.34 : Bitümlü Örtü Uygulama Detayı.....69
Şekil 2.35 : Bitümlü Örtülerin Prefabrike Elemanlar Üstüne Uygulanması.....70
Şekil 2.36 : Temel Polihedronlar 72
Şekil 2.37 : Tetrahedron Ve Oktahedron Paketlenmesi.....72
Şekil 2.38 : Dodekahedron Ve İkosahedron Paketlenmesi.....73
Şekil 2.39 : Kübik Paketlenmeler.....73
Şekil 2.40 : Tek Başlıklı Uzay Kafes Strüktür.....75
Şekil 2.41 : İki Doğrultulu Uzay Kafes Strüktür.....75
Şekil 2.42 : Tek Eğrilikli Uzay Kafes Sistemin Oluşma Süreci.....76
Şekil 2.43 : Tek Eğrilikli Uzay Kafes Strüktür.....76
Şekil 2.44 : Lamella Sistemde Bir Hangar Binası.....77
Şekil 2.45 : Üç Üçgen Çubuk Sistemi.....77
Şekil 2.46 : Blumfield Sistemi.....78
Şekil 2.47 : Hafif Kabuk.....78
Şekil 2.48 : Wupperman Sistemi Ve Detayı.....78
Şekil 2.49 : Tonozsal Uzay Kafes Strüktür.....79
Şekil 2.50 : Kubbesel Uzay Kafes Strüktür Örneği.....79
Şekil 2.51 : Jeodezik Kubbelerin Plan Ve Görünüşleri.....80
Şekil 2.52 : Schwedler Kubbelerin Plan Ve Görünüşleri.....81
Şekil 2.53 : Çerçeve Kubbelerin Plan Ve Görünüşleri.....81
Şekil 2.54 : Zimmermann Kubbelerin Plan Ve Görünüşleri.....82
Şekil 2.55 : Lamella Kubbelerin Plan Ve Görünüşleri.....82
Şekil 2.56 : Ribbed Kubbelerin Plan Ve Görünüşleri.....82
Şekil 2.57 : Lattice Kubbelerin Plan Ve Görünüşleri.....83

BÖLÜM-3
Şekil 3.1 : Konveyör Ve Fırın.....85
Şekil 3.2 : Mekanik Temizleme.....86
Şekil 3.3 : Paketleme.....86
Şekil 3.4 : Strüktürün Yalın Kullanımı.....88
Şekil 3.5 : Çatının Yalın Kullanıldığı Strüktür Kesiti.....89
Şekil 3.6 : Çatı Örtüsünün Strüktür Üzerinde Kullanılması.....90
Şekil 3.7 : Piramidal Çatı Örtüsü.....90
Şekil 3.8 : Membran Çatı Örtüsü.....91
Şekil 3.9 : Çatı Örtüsünün Strüktür Arasında Kullanılması.....91
Şekil 3.10 : Strüktürün Arasında Uygulanan Çatı Örtüsü Örneği.....93
Şekil 3.11 : Çatı Örtüsünün Strüktürün Arasında Uygulanması.....94
Şekil 3.12 : Çatı Örtüsünün Saydam Ve Yarı Saydam Olarak Tasarlanması.....94
Şekil 3.13 : Çatı Yüzeyinde Işık Bantlarının Kullanılması.....95
Şekil 3.14 : Çatı Yüzeyinde Noktasal Işıklıklar Kullanılması.....95
Şekil 3.15 : Gün Işığına Göre Strüktürün Biçim Alması.....96

Şekil 3.16 : Çatı Yüzeyinden Yağmur Sularının Toplanması.....97
Şekil 3.17 : Çatı Suyunun Yüzeyde Gizli Dere İle Toplanması.....97
Şekil 3.18 : Çatı Suyunun Cephede Gizli Dere İle Alınması.....98
Şekil 3.19 : Çatı Suyunun Cephede Dere İle Alınması.....98
Şekil 3.20 : Çatı Suyunun Kolon İçinden Düşeyde İletilmesi.....98
Şekil 3.21 : Uzay Kafes Sistemde Çatı Yüzeyinin Bitiş Türleri.....99
Şekil 3.22 : Çatı Yüzeyinin Konsol Yaparak Diyagonalle Bitişi.....100
Şekil 3.23 : Çatı Yüzeyinin Dikme Ve Cephe Panelleri İle Bitişi.....100
Şekil 3.24 : Çatı Yüzeyinin Cephe Paneli Ve Perde İle Bitişi.....101
Şekil 3.25 : Çatı Yüzeyinin Cepheye Döndürülmesi İle Bitişi.....101
Şekil 3.26 : Aydınlatma Ve Havalandırma Detayı.....102

BÖLÜM-4
Şekil 4.1 : Bursa Kuş Kafesi.....104
Şekil 4.2 : Bursa Kuş Kafesi Plan Ve Kesitleri.....105
Şekil 4.3 : Antalya Cam Piramit.....106
Şekil 4.4 : Antalya Cam Piramit Strüktür Kesiti.....106
Şekil 4.5 : Antalya Cam Piramit Kat Planları.....107
Şekil 4.6 : Antalya Cam Piramit Uzay Kafes Planı.....108
Şekil 4.7 : Antalya Cam Piramit Uzay Kafes Sistem Kesit Ve Görünüşü.....108
Şekil 4.8 : Bursa Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Sahne Örtüsü.....109
Şekil 4.9 : Bursa Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Taşıyıcı Kemer.....110
Şekil 4.10 : Bursa Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Sahne Örtüsü.....110
Şekil 4.11 : Ankara Aski-İvedik 5000 Kişilik Kapalı Spor Salonu.....111
Şekil 4.12 : Ankara Aski-İvedik Kapalı Spor Salonu Görünüşü.....112
Şekil 4.13 : Ankara Aski-İvedik Kapalı Spor Salonunda Uygulanmış Çelik Kafes112
Şekil 4.14 : Ankara Türk Metal Sendikası Spor Salonu Görünüşü.....112
Şekil 4.15 : Ankara Türk Metal Sendikası Spor Salonu.....113
Şekil 4.16 : Jandarma Bölge Komutanlığı Misafirhanesi.....114
Şekil 4.17 : Kuş Kafesi.....115
Şekil 4.18 : Ankara Belediye Parkı Kafeteryası.....116
Şekil 4.19 : Jahra Yüzme Havuzu.....117
Şekil 4.20 : PTT Genel Müdürlüğü Misafirhanesi.....118
Şekil 4.21 : Torunlar İnşaat.....119
Şekil 4.22 : Kuveyt Otobüs Terminali.....120
Şekil 4.23 : Kuveyt Spor Salonu.....121
Şekil 4.24 : İstanbul Ticaret Merkezi.....121
Şekil 4.25 : Antalya Otogarı.....122
Şekil 4.26 : Umman, Zakher Alışveriş Merkezi.....122
Şekil 4.27 : Pamukkale Kuzey-Güney Giriş Kapıları.....123
Şekil 4.28 : İstanbul Sabah Gazetesi Güneşli Tesisleri.....124
Şekil 4.29 : Kuveyt Katolik Klisesi Yürüyüşü Yolu.....124
Şekil 4.30 : Kuşadası, Fantasia Oteli.....124
Şekil 4.31 : Ankara, Altınpark.....125
Şekil 4.32 : Ankara, Söğütözü Yimpaş Alışveriş Merkezi.....125
Şekil 4.33 : Adana Havaalanı.....125
Şekil 4.34 : İstanbul, Okmeydanı Celal Kamacı Spor Kompleksi.....126
Şekil 4.35 : İstanbul, Yedpa Ticaret Merkezi.....126

ÖZET

Günümüzde ve gelecek için tasarlanan geniş açıklıklı yapılarda uygulanan en son sistemlerden biri uzay kafes strüktürlerdir. Çeşitli uygulamalar kapsamında çatı strüktüründe, döşemede ve cephede uygulanan uzay kafes strüktürler, ülkemizde halen sınırlı sayıdaki uygulamaları ile göze çarpmaktadır. Bu çalışmada, uzay kafes strüktürlerin tarihsel gelişimi, kuruluşu, uygulama aşamaları, geometrisi, avantajları ve örtü sistemleriyle ilgili detayları incelenmiştir. Uygulamalardaki eksiklikler dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

İlk bölüm olan giriş bölümünde, uzay kafes strüktürlerin uygulamaları incelenerek sistemin özellikleri, çalışmanın amaç ve yöntemi ortaya konulmuştur. Uzay kafes strüktürlerin tanıtımı yapılarak tarihsel gelişim süreci incelenmiş ve strüktürün kurulmasında kullanılan sistemler açıklanarak avantajları üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde, uzay kafes strüktürleri oluşturan detaylar değerlendirilerek, sistemin bileşenleri ve örtü elemanları ile ilişkileri incelenmiş kabuk elemanları hakkında bilgi verilmiştir. Uzay kafes sistemin geometrisi, gelişim süreci ve uygulama biçimleri gözden geçirilmiş ve anlatılanlar örnekler ile desteklenmiştir.

Üçüncü bölümde uzay kafes strüktürlerin uygulama aşamaları, projelendirme, imalat, nakliye, testler, montaj ve korozyondan korunma başlıklarıyla açıklanmıştır. Uzay kafes sistemlerin, çatı örtüsü ile ilişkileri incelenerek detayları ve biçimlenişleri örnekler ile açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, uzay kafes strüktürlerin yurtdışında ve Türkiye'de uygulanmış ve uygulanmakta olan bazı projeleri sunulmuştur.

Beşinci ve son bölümde, uzay kafes strüktürler üzerinde yapılan araştırmalar değerlendirilerek çalışmanın sonuçları irdelenmiştir.

SPACE FRAME STRUCTURES;
HISTORICAL DEVELOPMENT AND ACTUAL SITUATION

SUMMARY

One of the latest technologies that are used in passing the large span today's and future's buildings are the space frames structures. In numerous using in the world, while space frames structures are used in roof structures, floors, and fronts; it is interesting they are used in limited application in our country. Space frames structures of which the definition, the historical development, the construction, the ranks of application, geometry, the advantages, and the details about the cover systems are examined carefully. To be careful in the deficiencies of applications, examines about the details are made.

In the first and introduction section, to be examined the applications of space frames structures, the problem, the goal, and the methods that are implied by structure are explained. In the same section, to be made the definition of space frames structure, the historical development process is examined and the systems which are used in settings the structure are explained and it is dwelt on the advantages of space frames structures.

In the second section, to be dwelt on the details, which make up the space frames structure, the components of the space systems and the connections between the cover elements and space frames are examined. Space frames structures are examined about geometry, the development process, and the style of application and they are supported with examples.

In the third section, the ranks of application of space frames structures are explained as the design, the manufacture, the transport, the tests, the assembly, and the resistance from corrosion. In the same section, to be examined the connection between space frames structure and the roof cover, according to the goals which are taken a care in the details and applications of space systems, their formalization are explained with examples.

In fourth section, space frames projects that are used or using in our country and abroad are examined.

In the fifth section and the ending section, results of the whole study about space frames structures are examined.

BÖLÜM : 1

UZAY KAFES SİSTEMLERİN TANITIMI

1.1. GİRİŞ

Prolog: "*En güçlü şey boşluktur. Çünkü, o bütün gücü ile her şeyi içine almaktadır."Lao Tse(Çinli Filozof)*

"Matematik, Tanrı'nın evreni yazdığı dilin alfabesidir."
Galileo GALILEI(1564-1642)

Hiçbir oluşum içinde bulunduğu boşluğun geometrik ve topolojik yasalarından bağımsız değildir. Fiziksel çevre tasarımında da nesnel öğeler üç boyutla tanımlanan boşluk içerisinde organize edilirler. Bu açıdan tasarımın bir doluluk-boşluk organizasyonu olduğu söylenebilir. Oysa üç boyutlu sistemler düşünüldüğünde, dik koordinat dizgelerinin sınırlı örnekler sergilemesine karşılık, uzay sistemlerin boşluğun organizasyonuna ilişkin ilkeleri temel alması ile yaratıcı çözümler karşımıza çıkmaktadır.

1.1.1. Problem

Uzay kafes sistemlerin, yurtdışında 1950'lerden itibaren uygulanmasına karşılık, ülkemizde 30 yıl kadar önce uygulanmaya başlanmıştır. Ayrıca yurt dışı örneklerinin aksine yurdumuzda hem sayısal olarak hem de düğüm noktaları ve örgü tipleri ile sınırlı sayıda uygulanmaktadır. Sistemin ve sisteme ait detayların yeterince bilinmemesi sonucu uygulamalarda sıkça detay problemi ile karşılaşılmaktadır.

Detaylar, sistemi statik, estetik, fonksiyonellik ve ekonomik olarak olumlu ya da olumsuz olarak etkilemektedir.

1.1.2. Amaç ve Yöntem

Bu çalışmada, uzay kafes sistemlerin gelişimi, düğüm noktaları, tipleri ve modüler ızgara sistemleri değişik mesnetleme yöntemleri dikkate alınarak yapıyla ilişkileri ve karşılaşılan detay sorunları incelenmiştir.

Tezin amacı, uzay kafes sistemleri geometri, biçim, işlev, konstrüksiyon ve detay açısından inceleyerek sistemi farklı tipler arasından seçmede temel oluşturacak ölçütleri belirlemektir.

Çalışmada, uzay kafes sistemlerin tanımı, tarihsel gelişimi ve bu sisteme bağlı gelişen modeller tanıtılıp, ülkemizde ve yurt dışındaki uygulanmış örnekler incelenecektir.

1.2. UZAY KAFES SİSTEMLERİN ÖZELLİKLERİ

1.2.1. Tanımı Ve Avantajları

Uzay strüktürler; taşıyıcı elemanları, düğüm noktalarında, strüktür yüzeyindeki açılı birleşimlerde ve her yönde hareket eden yüklere karşı dayanıklı olan üç boyutlu taşıyıcı sistemlerdir [1]. Düzlem makas sistemlerden farklı olarak, aynı düzlemde olmayan üç boyutlu çubukların bir noktada birleşmesinden oluşmaktadır [2].

Uzay kafes sistemler geniş açıklıkları örtmek için yapılan, bütün öğeleri birbirine bağlı olup her doğrultuda bir bütün halinde çalışan üç boyutlu kafes sistemler olarak tanımlamak mümkündür [3], üç ana grupta incelenir:

- İskelet sistemler,
- Yüzey sistemler,
- Asma (kablo veya membran) sistemler.

Uzay geometri bilgisi, polihedron paketlenmesi ve küresel trigonometri kanunları uzay kafes sistemlerde çeşitli uygulama olanakları ortaya çıkarmıştır.

Uygulamada karşılaşılan yapıların bir çoğunda elemanların birbiriyle birleştiği bir ağ bulunmaktadır. Buna göre tekil bir yük sisteme etkidiğinde sadece üzerine etkidiği elemanı değil, uzak bir mesafedeki elemanları da etkilemektedir. Buna göre tasarımın verimliliği yapının yükleri yayma yeteneği ile ilgilidir. Doğrudan yüklenmiş elemanlardaki yüksek gerilmeler yükün uygulama noktasından uzaklaştıkça azalmakta ve giderek tüm sistemde iyi dağılan bir gerilme yayılımını mümkün kılmaktadır. İşte ızgara çerçeveler bu amaç için oldukça uygundur ve bu ızgara davranışı sayesinde geniş alanları kolon kullanmadan geçmek mümkün olmaktadır.

Son yılların en önemli gelişmelerinden biri, iki başlıklı (tabakalı) ızgaralı sistemler olmuştur. Bunlar dünyanın çeşitli yerlerinde geniş açıklıklı sergi salonları, dini yapılar, spor salonları ve endüstri yapılarında uygulama alanı bulmuştur. Bu sistemler hali hazırda 120 m civarında açıklığın aşılmasında başarı ile uygulanmışlardır. Bu tür sistemlerde hiperstatiklik derecesi yüksek olduğu için, sisteme etkiyen yükler, elemanlar tarafından süratle ve her yönde paylaşılır. Bu tip sistemin elemanlarının mümkün olduğu kadar birbirlerine yakın çap ve uzunlukta elemanlardan oluşmaları ve bağlantı elemanı olarak uçlarında bir adet cıvatanın bulunması modüler sistemlerin doğmasına yol açmış, güvenlik yanında tasarımda esneklik de elde edilebilmiştir. Ayrıca sistemlerin kolaylıkla ileriki genişlemelere imkan sağlamaları ve sökülebilmeleri ek bir avantaj sağlamaktadır.

Elemanların standartlaşması, atölye hassasiyetinde imalatın yapılmasına olanak vermektedir. Bu sayede hafif ve yüksek kalitede standart elemanlar ile modüler sistemlerin kolaylıkla montaj ve demontajı yapılmaktadır. Montaj hızı ve kolaylığı, montajın kuru ortamda ve istenildiği an yapılması sistemin diğer avantajlarıdır.Sistemler kendi kendini kapattığından düşey ve yatay aplikasyonu otomatik olarak yapılmaktadır. Alt ve üst başlıklar arasındaki mesafe, sistemin arasında boru, havalandırma ve elektrik tesisatının geçmesine olanak verir.

Elemanların düğüm noktalarında birleşme metotları çok çeşitli olmakla birlikte en uygun ve pratik birleştirme aracı dolu küreler üzerinde önceden açılmış olan deliklere çubuk elemanlarının uçlarındaki civatalar aracılığı ile bağlanmasıdır. Bu metot ile her bir küre elemanına 18’e kadar delik açılabilmektedir. Hafif

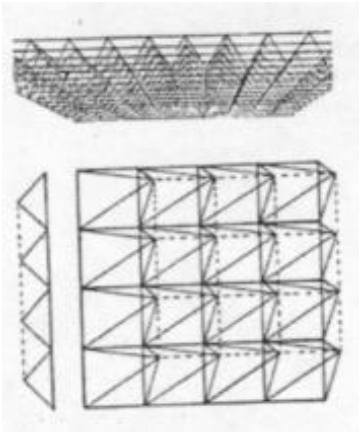
yüklemelerde aradaki bazı modüller çıkarılarak ekonomi sağlanmakta ve çatıda şeffaf bölümler yolu ile doğal aydınlatma olanağı kazanılabilmektedir.

Uzay sistem üzerinde her türlü çatı kaplaması uygulanabilir ve iç mekanlarda rahatlıkla asma tavan düzenlenebilir. Uzay sistemler, ısı değişimi yönünden diğer sistemlere oranla daha esnek bir yapıya sahiptir; çubuk boyları birbirine yakın olduğu için düğüm deplasmanları çok küçük olmaktadır.

Uzay kafes sistemlerin

- Hiperstatik sistemler olması,
- Modüler üreyebilen bir yapısı,
- Hafifliği,
- Montajı ve demontajının kolaylığı,
- Standart elemanlardan oluşması,
- Geniş açıklıklar rahatlıkla geçilebilmesi,
- Stabil sistemler olması,
- Estetiklik özelliği,
- Nakliyesinin kolaylığı,
- Ekonomik olması,

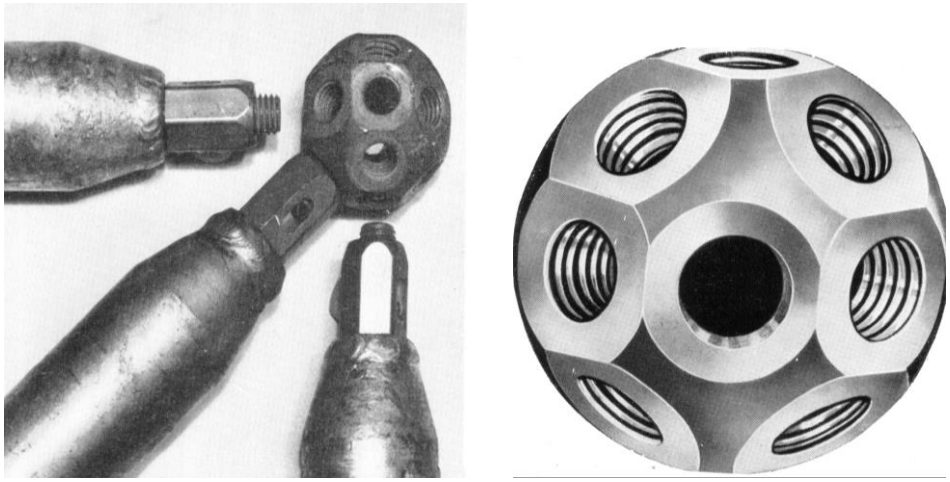
gibi bilinen avantajları, sistemin hızla gelişmesini ve giderek çoğalan kullanımını sağlamıştır. Sistem bu üstünlüğünün günümüzde de sürdürmekte ve basitleşen yapım ve uygulama olanakları kullanımını daha da artırmaktadır.



Şekil 1.1: Uzay Kafes Sistem.

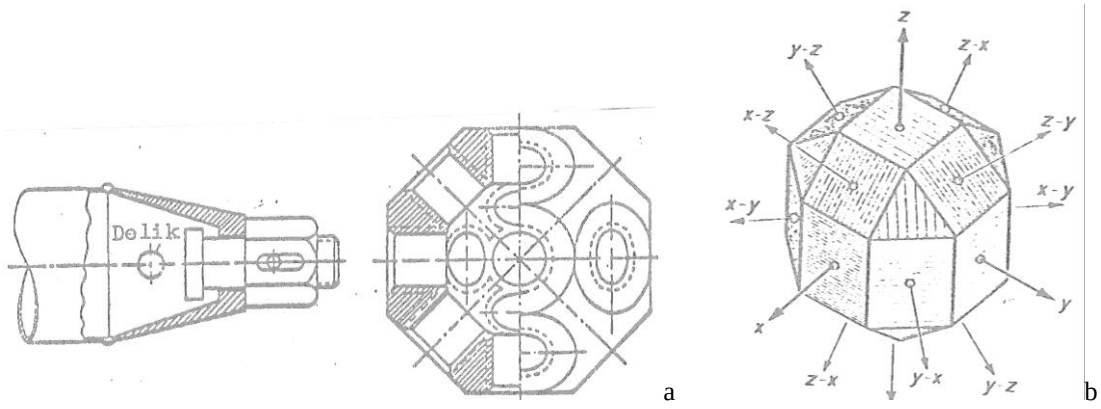
1.2.3. KULLANILAN SİSTEMLER

1.2.3.1. Mero Sistemi



Şekil 1.2 Mero düğüm noktası.

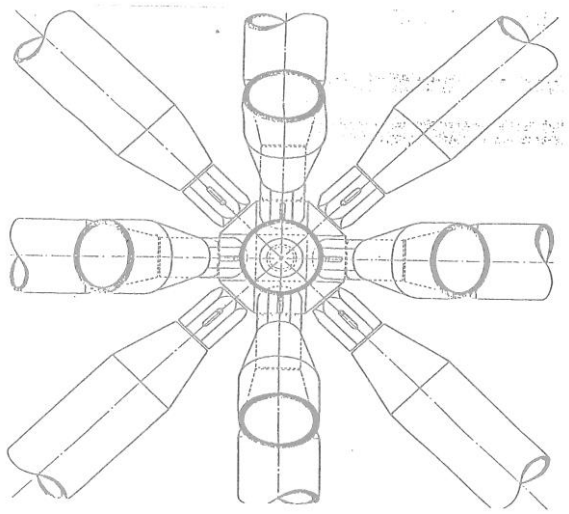
Kronolojik olarak Mero, en eski sistemlerden biridir. Dr. Ing.Max Mengeringenhausen tarafından geliştirilen ve 1942 yılında piyasaya sürülen Mero düğüm noktası ilk seri üretimli yapı bileşenidir. Düğümler, tümü merkeze yönelmiş 18 adet çubuğun bağlanmasına olanak sağlar. Montajı yapılacak elemanlar, rombiküboktahedron (26 yüzlü) biçiminde düğümler ve uçlarında bağlantı vidaları olan borulardan ibarettir.Montaj, açıklayıcı bilgiler ile vasıfsız işçiler tarafından yapılabilir ve demontajı mümkündür.



a b

Şekil 1.3 Mero Sistem. a. Mero düğüm noktası bağlantı detayı,
b. 26 yüzlü mero düğümünün bağlanma aksları.

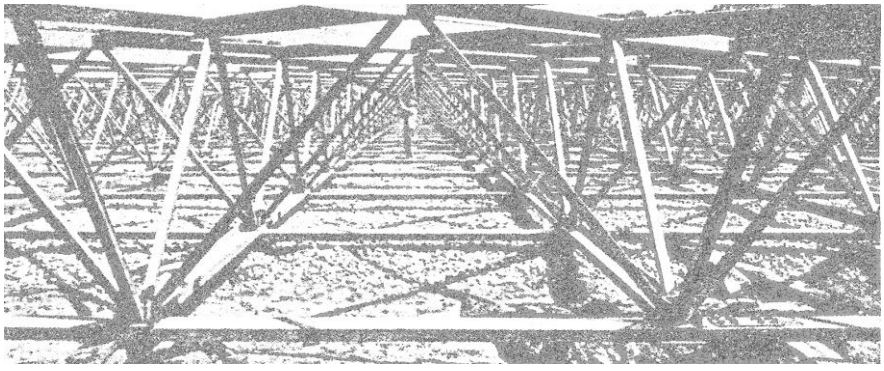
Çekmeye çalışan başlık yüzeyinin başlık şeklinin seçimi için iki olanak vardır: Ortogonal ve diyagonal. Tüm sistemin taşıma gücü sınırı, en büyük gerilmenin bulunduğu tekil elemanın taşıma gücü ile belirlenir. Maksimum 40 metreye kadar açıklık geçilebilir.



Şekil 1.4 Mero sistem 18 çubuğun düğüm noktasına bağlantısı.

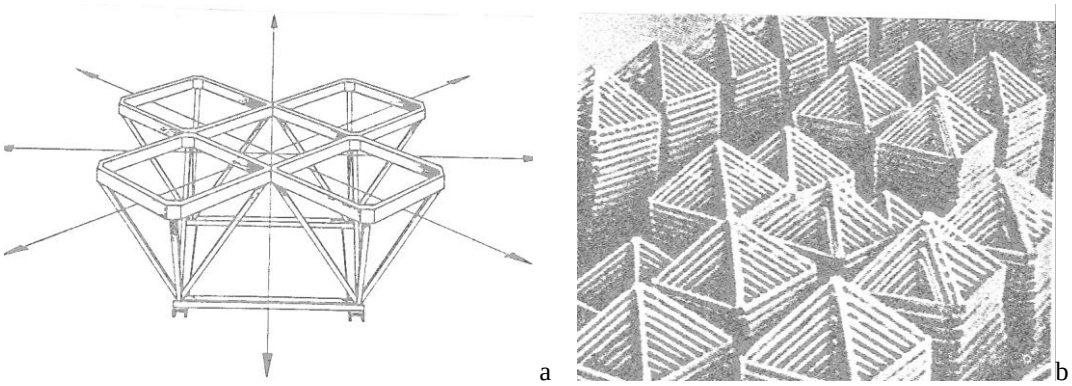
1.2.3.2. Unibat Sistemi

Fransa'da üretilen bu sistem, tamamen prefabrike öğelerin montajı ile oluşturulmaktadır. Bu sistemin iki ana elemanı vardır: Prefabrike piramitler, piramitlerin tepe noktalarını birleştiren bağlantı çubukları. Sistemin tamamı bulonlanarak kolayca düzenlenmektedir. Piramitlerin üst üste çift tabakalı olarak kullanılması durumunda geçilen açıklık büyümektedir. Sistemin kurulması için iki kişi yeterli olmaktadır.



Şekil 1.5 Unibat sistemde yerde kurulmuş ızgara.

Sistemin önemli özelliklerinden biri de montajın yerde yapılması ve vinçle kaldırılarak mekanın örtülmesidir. Bu yöntem kalıp ve iskele masrafını ortadan kaldırmakta ve süratli montaj ile maliyeti düşürmektedir.

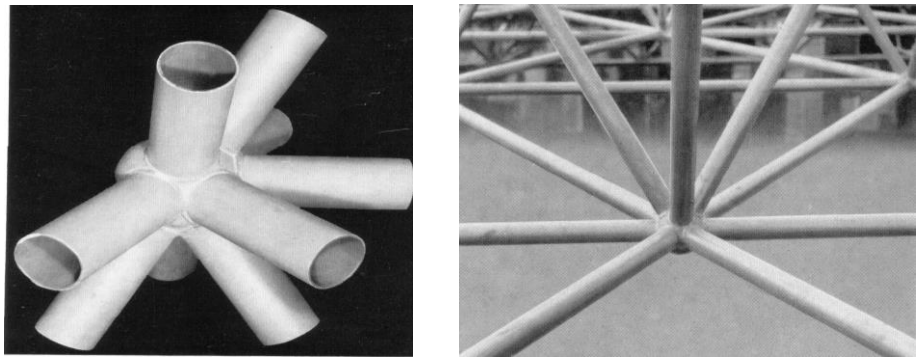


a b

Şekil 1.6 Unibat Sistem. a.Unibat sistemde birleşim detayı,
b. Birim elemanlar.

1.2.3.3. Oktaplatte Sistemi

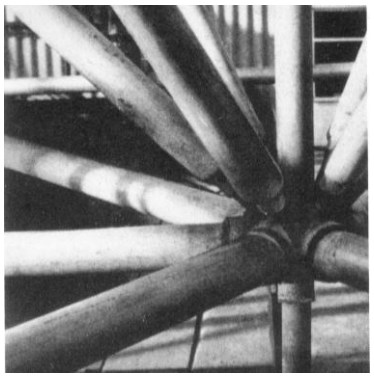
Mannesmann AG tarafından yapılan bu sistem, sekizyüzlüler ile yapılan taşıyıcılar için uygundur.Mero sistemin cıvatalı birleşim noktalarının aksine, bu sistemde çubuklar boş bir düğüm noktasına kaynaklanmaktadırlar. Çubuklar şablonlarla kesilir ve taşınabilir büyüklükte olacak biçimde fabrikada bir araya getirilirler.

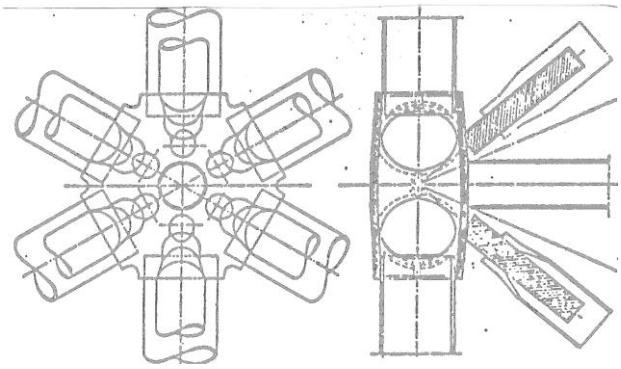


Şekil 1.7 Oktaplatte sistemde düğüm elemanı.

Oktaplatte, sadece çatı (tavan) taşıyıcı sistemi olarak kullanılmaktadır. Çubuk doğrultuları düğüm noktası detayına bağlı olmaksızın belirlenebildiğinden, bu sistemle tonoz şeklinde taşıyıcılar kolaylıkla yapılabilmektedir. Konstrüksiyonun sökülüp takılması mümkün değildir.

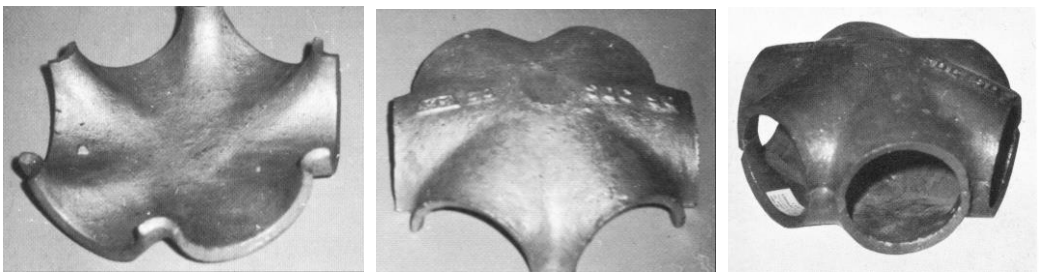
1.2.3.4. SDC Sistemi


a


b

Şekil 1.8 SDC Sistem. a. SDC düğüm elemanı,
b. SDC sistemde bağlantı detayı.

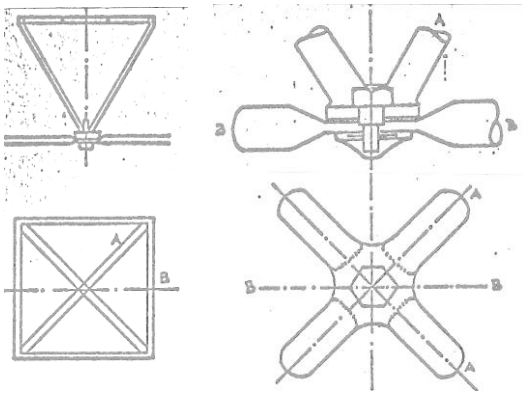
Fransa'da Stephen de Chatéau tarafından üretilen bu sistem, çubuk elemanlar ve prefabrike SDC düğüm elemanlarından oluşmaktadır. Düğüm elemanı, aynı noktada altı çubuk ünitenin birleştiği altı dairesel delik ünitesini sağlayan iki parçadan oluşur. Çubuk elemanları SDC elemanlarına kaynakla bağlanmıştır. Düğüm noktası açısal ayarlamaya izin verir, strüktür yüzeyinde meydana gelebilecek flambaj değişimleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. SDC sistemi kubbe konstrüksiyonlarında, tonoz sistemlerde ve çok sayıda çift katlı ızgarada oldukça başarılı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1.9 SDC düğüm elemanı.

1.2.3.5. Pyramitec Sistemi

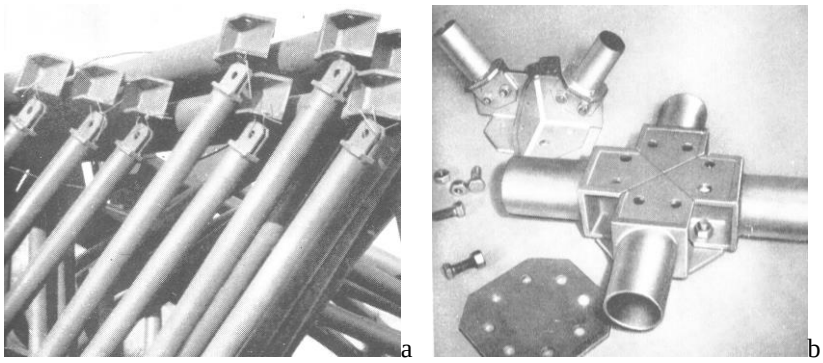
Bu sistem, en uygun ve ekonomik yapım sağlayabilen, çoğu zaman açık alanlar bırakabilen, üçgen, kare veya altıgen tabanlı modüler prefabrike piramitlerden oluşmaktadır.



Şekil 1.10 Pyramitec sistemde modül ve bağlantı detayı.

SDC sisteminin cıvatalı olarak geliştirilmiş halidir. Yapımı basittir, piramitler birbirlerine zemin seviyesinde bağlanmakta ve daha sonra yukarı kaldırılmaktadır. Strüktürün stabilitesi, dikey kolon ve duvarlara mesnetlendirilerek sağlanmaktadır.

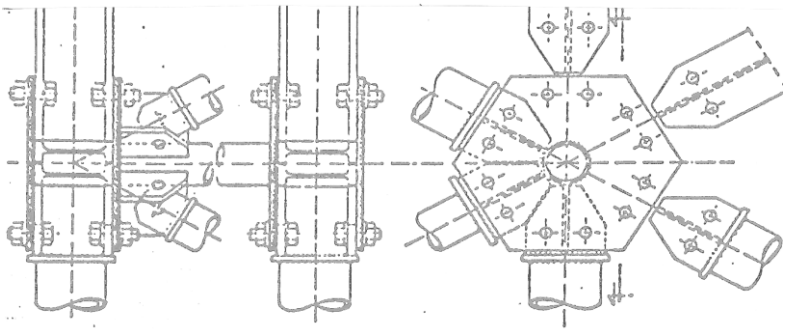
1.2.3.6. Tridimatec Sistemi



a b

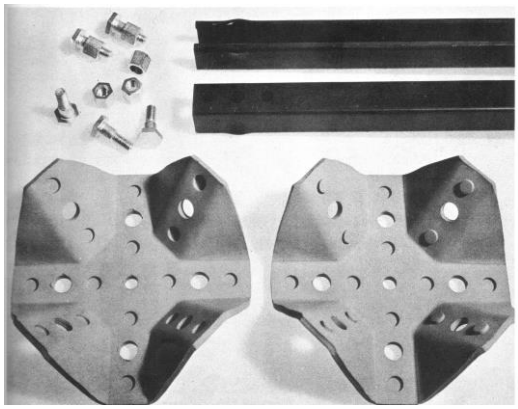
Şekil 1.11 Tridimatec sistem. a. Tridimatec sistemde çubuklar,
b. Düğüm noktaları.

Kafes tipi, çift katlı ızgara formunda birbirine bağlanan prefabrike yüzey kirişlerinden oluşmaktadır. Düğüm noktaları, kuvvetleri birinden diğerine aktarmak için gereken sürekliliği sağlayan, yatay payandalara vidalama yöntemiyle bağlanan kirişlere kaynaklanmış, dört veya altı uç parçasından oluşmaktadır. Bu sistemle iki veya üç yönlü taşıyıcılar yapılabilir.



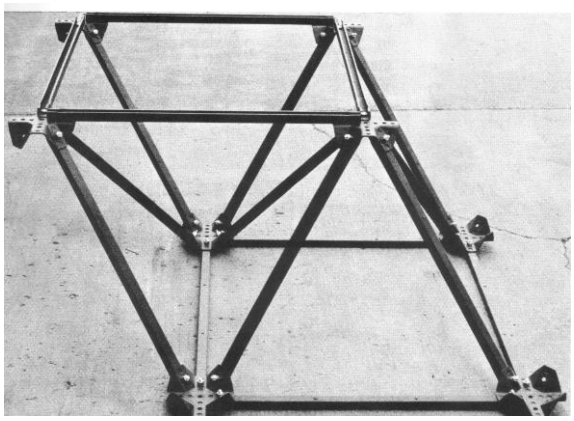
Şekil 1.12 Tridimatec sistemde bağlantı detayı.

1.2.3.7. Unistrut Sistemi



Şekil 1.13 Unistrutt bağlantı elemanları.

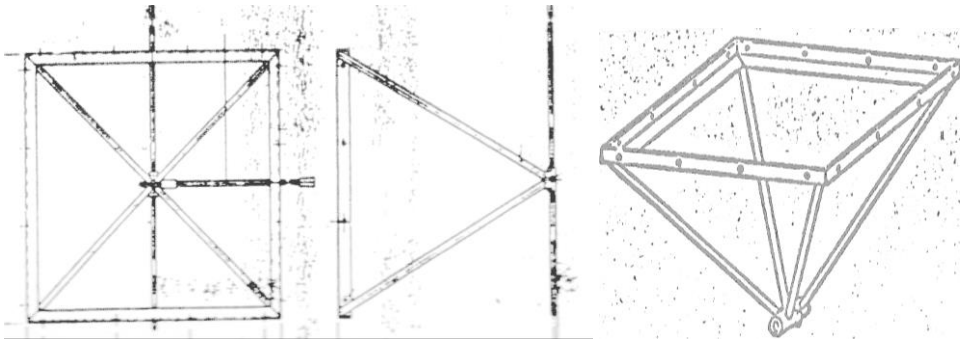
ABD'de Michigan'da Attwood Development Co. Of Wayne tarafından üretilen bu sistem, binalara seri üretim tekniği ile standardize sökülebilir parçalar sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Kuvvet aktarımı için sadece civatalar yeterli olmadığı için kayma kamaları kullanılır.



Şekil 1.14 Unistrutt sistemde uygulanmış bir modül.

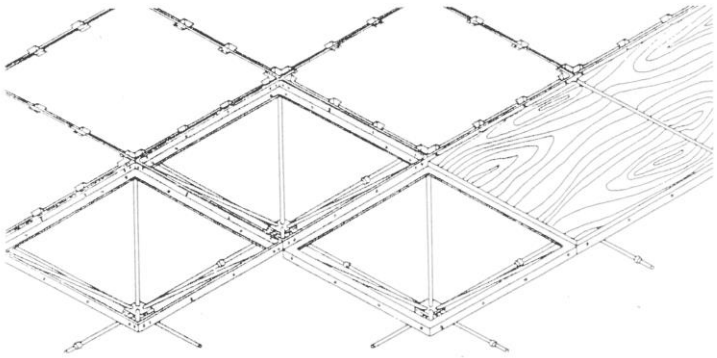
Sistemin üretilebilme kabiliyeti ve sökülebilmesi tasarımında esneklik sağlar. Tüm birimler bağlanma düzenine göre üretilmekte ve uzay kafes yerinde ya da zeminde montajı yapıldıktan sonra vinçle kaldırılmak suretiyle kurulmaktadır. Montaj sırasında elektrik darbeli vinçler kullanılmaktadır.

1.2.3.8. Space Deck Sistemi



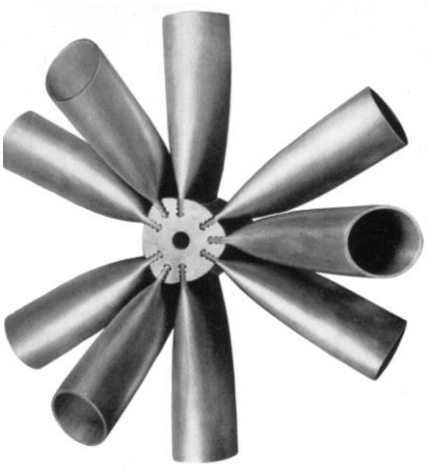
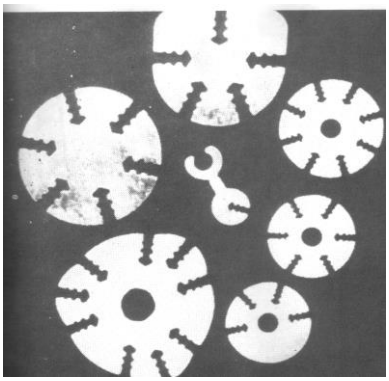
Şekil 1.15 Space Deck sisteminde piramit modülün plan ve kesiti.

Boyutları 1.20 m x1.20 m x1.00 m olan, önceden hazırlanmış piramitlerden oluşan bu sistem, pratik, dayanıklı ve ekonomiktir. Bu piramitlerin köşebentlerden yapılmış üst başlık çubukları şantiyede birbirine civatalanır, alt başlıkta olan piramit tepeleri ise uçlarına diş açılmış yuvarlak çelik çekme çubukları ile birbirlerine bağlanırlar.Bu tür birleşim, bir doğrultuda eğrilikli yüzey oluşturmaya da olanak sağlar. Yapılışı Space-Deck sistemine benzeyen başka bir uygulama Nenk Sistemi'dir. Konstrüksiyon yüksekliği Space-Deck sisteminde 1.00 metre iken bu sistemde 0.60 metredir.



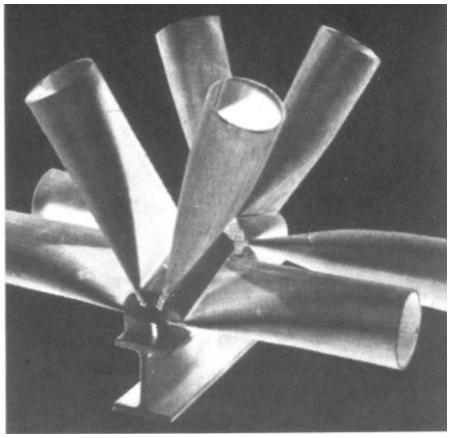
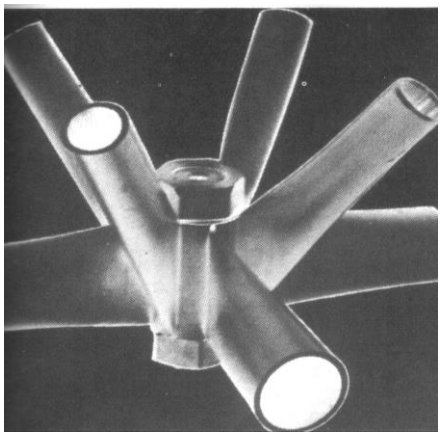
Şekil.1.16: Nenk sistemde uygulanmış modüler ızgara.

1.2.3.9. Triodetic Sistemi


a

b

Şekil 1.17 Triodetic sistem. a. Triodetic sistemde bir bağlantı modeli,
b. Düğüm elemanı kesitleri.

Fentiman and Sons tarafından üretilen ve 1953 tarihinden beri geliştirilen bu sistemin elemanları, çubuklar ve düğümler, malzemesi ise alüminyumdur. Anahtar delikleri şeklinde profil yarık içeren ve istenilen eğime ayarlanabilen prese profillerden yapılan düğüm noktaları ile uçları preslenmiş çubuklardan oluşmaktadır ve sistem genellikle vinç kullanılmadan kurulabilmektedir.

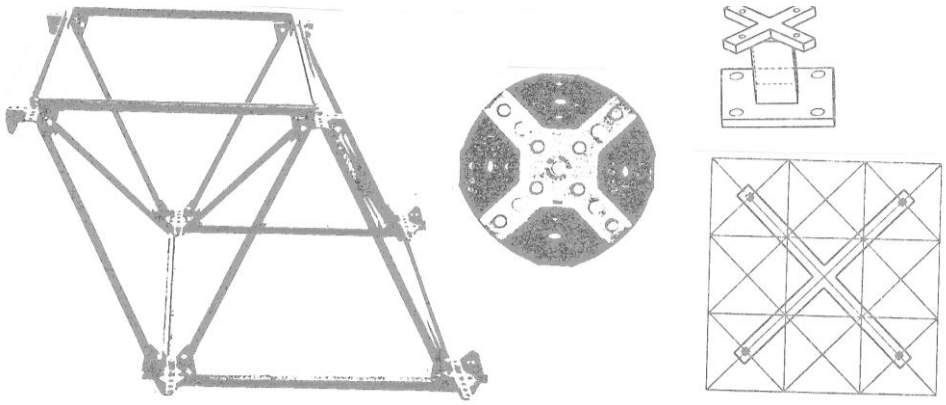



Şekil 1.18 Triodetic düğüm noktası bağlantı detayları.

Parçaların bile prefabrike olarak üretilmesi, kurma hızı ve kolaylığı, montaj için vasıfsız işçinin yeterli olması ve böylece maliyetinin düşük olması, sistemi diğerleri karşısında avantajlı duruma getirmiştir.

1.2.3.10. Moduspan Sistemi

ABD'de uygulanan bu sistemin belirgin özelliği tek çubuk, iki tip tabla ve tek bulonla kurulmasıdır. Fabrikada üretilen parçalar taşıma, istifleme ve kurmada kolaylık sağlar.Vasıfsız işçilerle kolayca ve üç değişik yöntem ile uygulanır: Kolonların üstünde, kirişlerin yerde monte edilip kaldırılmasıyla ve bütün çatının zeminde monte edilip vinç ile kaldırılmasıyla montaj.gerçekleştirilir.



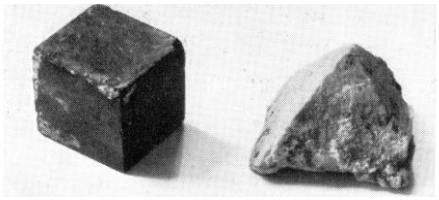
Şekil1.19 Moduspan sistemde bağlantı elemanları ve bir modül örneği.

1.2.3. Uzay Kafes Strüktürlerin Tarihsel Gelişim Süreci

1.2.2.1.Doğa Strüktürleri

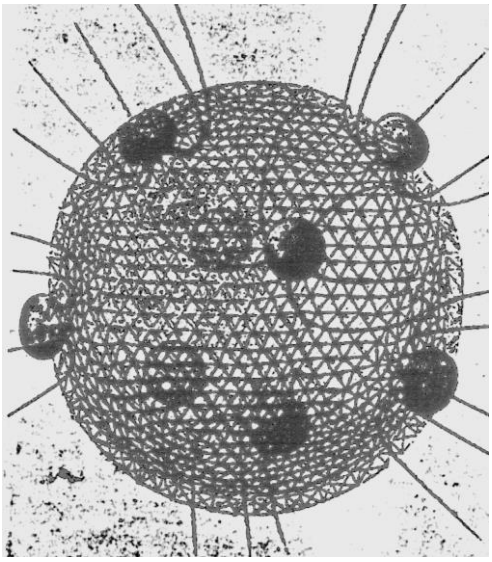
Doğa bizim kaynağımızdır. "*Doğayı*" örnek alan tasarımcılar, *Organik Mimarlık* adı altında formda stabilite ve aydınlığı esas alarak tasarımlarını gerçekleştirmektedirler. Doğa yapılarında kendine özgü bir denge vardır ve bu her türlü etkiye karşı minimum çaba ile korunur. Çok sayıda doğa formları üzerinde yapılan araştırmalar, hafiflik ve sağlamlık özelliklerinin, doğa formlarının içerdiği üç boyutlu düzenin mirası niteliğinde olduğunu açıklar ve gerçekte *doğa strüktürleri* üç boyutlu sistemlerin en iyi örneklerini sağlar.

Yapının en önemli elemanları doğada daima mevcut olmuştur: Doğada varolan birçok madde belirli şartlar altında üç boyutlu şekiller arz eden kristallerden meydana gelmiştir (Şekil 1.20). Bu yapılanma biçimlerinden, üç boyutlu şekillendirmenin önemli ve temel unsurlarını kavramak mümkündür.



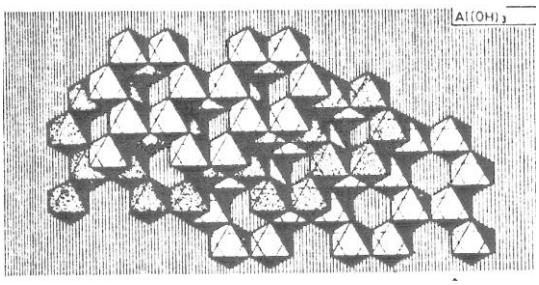
Şekil 1.20 Anorganik doğada varolan kristal biçimleri: sol tarafta *Pirit* (küp biçimi) ve sağ tarafta *Fluorit* (Oktaeder biçimi).

Üç boyut organizasyonunun doğada en küçük birimlerine, *virüs* ve *radiolarya*nın geometrik yapılarında rastlanır. *Radiolarya*nın iskelet yapısındaki mükemmel üç-boyutlu, çok-katmanlı organizasyon, strüktürel evrime katkısı bakımından önemlidir (Şekil 1.21). Yine iki tabakalı ızgaralar, deniz canlılarının iskelet yapıları ile biyolojik eşitliğe sahip olması bakımından geniş açıklıklı alanların örtülmesinde kullanılmıştır.

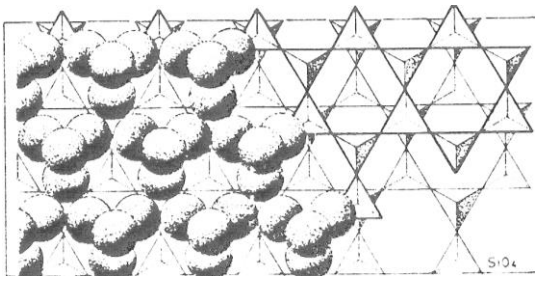


Şekil 1.21 *Tuscaretta globosa* adlı Le Ricolais'in çizdiği jeodezik tipte radiolarya.

Uzay kafes sistemlerin büyük temsilcilerinden biri olan R. Le Ricolais, katı doğal formlardaki iskelet biçimlerinin detaylama çalışmalarını tamamladı ve 1940 yılında çeşitli radiolarya ve alglerin iskelet yapısında bulunan küresel yüzeyin jeodezik tipini dikkatle resmetti.



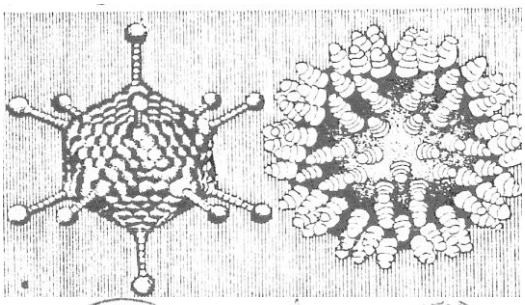
a. Alüminyumhidroksit,



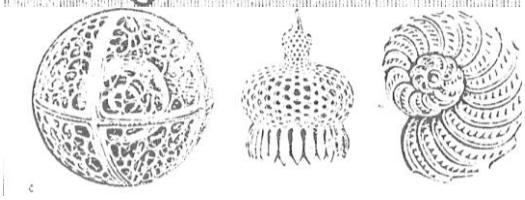
b. Silisyumtetraoksit.

Şekil 1.22 İnorganik doğadan çeşitli strüktür örnekleri.

Üç boyut organizasyonlarını inorganik doğada da tanımlamak mümkündür. Alüminyumhidroksit ve Silisyumtetraoksit bileşikleri ikosahedron (20 yüzlü) ve tetrahedron (4 yüzlü) paketlenmesi olarak modüler uzaysal organizasyonlara bir örnek teşkil etmektedir.



a. geometrik biçimi ikosahedral ve rombikikosi-dodeka-hedral görünümde olan iki virüs örneği ,

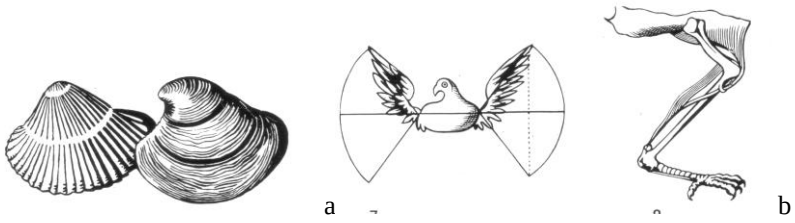


b. geometrik modülasyona sahip radiolarya örneği.

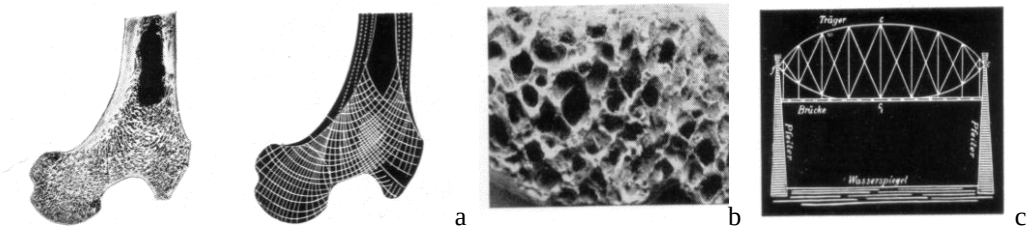
Şekil 1.23 Organik doğadan strüktür örnekleri.

Bitkilerde ve hayvanlarda mükemmel denebilecek biçimde geliştirilmiş ve tasarlanmış olan yapı elemanları bulunmaktadır ve bu yapı elemanlarının kendi işlevleri üzerinde insanoğlunun tasarlayabileceği en mükemmel konstrüksiyondan bile daha başarılı oldukları söylenebilir (Şekil 1.24-25). Bu alanda tek yönde ihtiyaç duyulan elemanlar bulunduğu gibi, kombine yüklenmelere de örneğin iskelet yapısı veya destekleyici özelliğe sahip olan kabuk yapıları gibi, cevap veren elemanlar da

bulunmaktadır; doğada milyonlarca yıldan bu yana borular kombine yüklenmeler durumunda, basınç, eğilme ve gergi yüklerinin taşınmasında kullanılmaktadır.



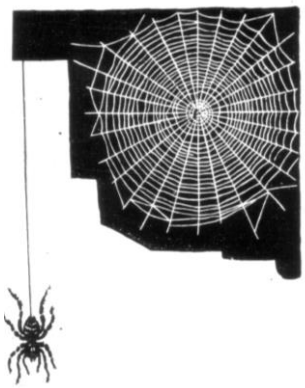
Şekil 1.24 Kaburgalı Yapıda Kabuk Örnekleri. a. İstiridye kabuklarının kaburgalı yapıları, b. Kuşların sert, ince ve hafif boru tipindeki kemik yapıları.



Şekiller 1.25 Kemikteki Ağ Doku. a. Boru biçimli kemiklerin iç mimarisinde bir birine çapraz olarak konumlandırılmış olan kirişlerden oluşan bir ağ sistemi, b. kemikteki ağ doku ve c. benzer prensipte bir strüktür tasarımı.

Doğanın yapı prensipleri

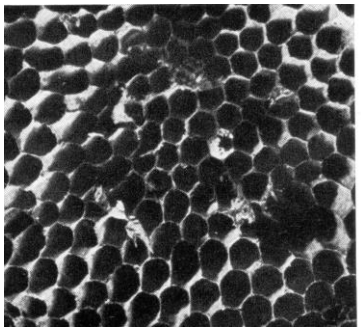
-Ekonomik davranmak, organik doğanın umumi prensiplerinden biridir, özellikle insan tarafından *yapı* olarak adlandırılan konularda doğa son derece ekonomik davranmaktadır. Sonuç olarak tüm canlıların yapısı "mümkün olduğu kadar az maliyet ile mümkün olduğu kadar fazla oranda etki sağlamak" prensibinde buluşmaktadır. Doğa sadece olağanüstü durumlarda ve önemli kararlar durumunda savurgan davranmaktadır; bir türün devamı, hayatın devamının idame ettirilmesi ve yeniyi yaratma durumlarında.



Şekil 1.26 Örümcek ağı.

-**Emniyet durumu,** doğada ikinci kuralı oluşturmaktadır, daha doğrusu aşırı yüklenilebilirlik sınırı olarak da tanımlanabilir. Doğada varolan canlılar, normal durumlarda karşı koydukları yükün, olağanüstü durumlarda da birkaç katını kaldırabilecek özellikte yaratılmıştır. Herhangi bir parça veya kısmın tamamen tahrip edilmesi durumunda dahi, tümünün varlığı tehlikeye girmemektedir. Örümcek ağı, ağ yapı konstrüksiyonunun sadece düz gergi biçiminde tasarlanmış olan en eski örneğidir (Şekil 1.26). Hafiflik, sağlamlık, esneklik ve aşırı yüklenilebilirlik özelliklerine sahip olan ağ veya kafes biçimi günümüzde yapıların tasarımı ve geliştirilmelerinde esas alınarak, "asma çatılar" ve yüzeysel ağ konstrüksiyonları, "üç boyutlu ağlar" veya modüler üç boyutlu konstrüksiyonlar olarak uygulanmıştır.

-**Kolaylık ve çabukluk,** doğanın diğer bir önemli prensibini tanımlar. Yine örümcek ağı tarafından hayatın başka kısımları da temsil edilmektedir; donatımın kolaylığı ve çabukluğu. Örümcek tarafından tek türde olan bir yapı elemanı seri bir biçimde üretilmektedir. İnsan tarafından bu seri üretimin biçimi yeniden "icat" edilmiştir. Benzer şekilde bir seri üretim, arıların kovan yapımında yararlandıkları modüler sistemlerde karşımıza çıkar.



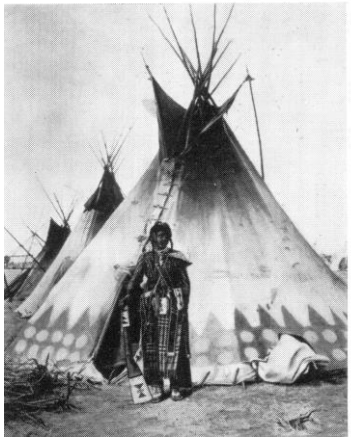
Şekil 1.27 Bir yaban arısı kovanı.

Bir yüzeyin aynı çubuk uzunlukları ile eşit ebatta hücrelere ayrılabilmesi sadece üçgen, kare ve altıgen biçimleri ile mümkündür. Bu durumda altıgenler, kullanılan malzeme oranı ve doğrultusunda en uygun alan dağılımı sağlayan geometrik şekillerdir. Çok hafif ama katı duvar yapısına sahip olan yaban arılarının ve bal arılarının kovanlarında malzeme sarfiyatına karşı alan kazanımı, altıgen biçiminde olan prizmatik borular doğrultusunda hacim geliştirilmesi suretiyle sağlanmıştır. Doğadaki yapılanma şartlarının kavranması neticesinde, hafif yapı

sistemlerinin avantajları anlaşılmış ve inşaat sektörü tarafından hafif ve modüler yapı sistemleri uygulanmaya başlanmıştır.

1.2.2.2. Tarihçe


a

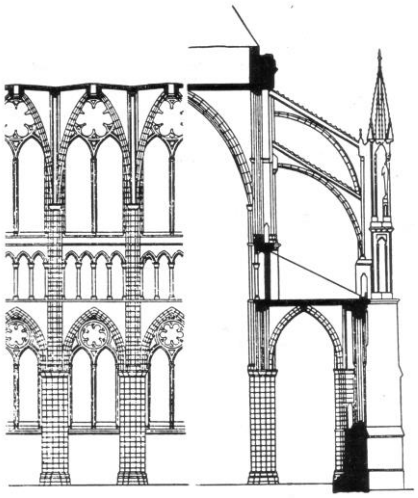

b

Şekil 1.28.a.Dal örgülerinden yapılan evlerin gelişmesi:Rüzgar sundurması, kubbe çatı, arı kovanı evi.
b. Black-Foot kızılderililerin zamanından bir çadır.

İnsanlarca ev yapımında değişik milletler ve kıtalarda birbirinden bağımsız olarak iki temel şekil geliştirilmiştir. İlki kalın ve daha ince dallardan örülmüş ev şeklinde olan çadır şeklidir ve kuşların bitki saplarından yapılmış olan evlerini andırmaktadır (Şekil 1.28.a). "Çadır" olarak adlandırılan ikinci yapı şekli ise, taşıma ve örtme fonksiyonlarının birbirinden ayrılması ile belirginliğini kazanmıştır. Yüzyıllardır bu yapılarda, çeşitli milletler tarafından tabiatta bulunan-mümkün olduğu kadar düz olarak büyümüş ve gelişmiş olan-çubuk biçimindeki ağaç dalları veya bambu türünde olan saz bitkileri çubukları, piramiti andıran bir çatı şeklinde birleştirilmiştir. Yapının örtülmesi için çoğunlukla hayvan derileri veya bitki parçaları kullanılmıştır ve daha gelişmiş olan topluluklar tarafından çeşitli dokuma türleri ile yapıların üstleri örtülmüştür (Şekil 1.28.b). Günümüzde dahi değişik kıtalarda bulunan göçebe toplulukları tarafından bu prensipler uygulanmaktadır.

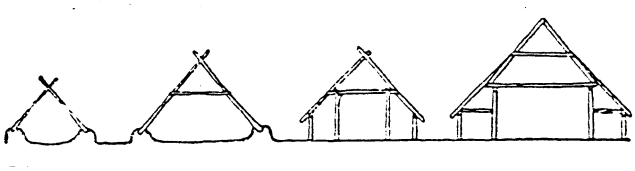
Antik çağın milletleri tarafından uygulanan ve birbirinden bağımsız olarak Avrupa'nın Akdeniz bölgelerinde ve Amerika ve Asya kıtalarında çadır şeklinde olan klasik ev yapımı tarzı, yeni keşfedilmiş olan ve zaman içinde önem kazanan taş işleme prensibinin geliştirilmesi neticesinde doğal taşların ev yapımında kullanılması ile yeni boyutlar kazanmıştır: Noktasal yükleri taşıyabilecek sütunlar geliştirilmiştir

ve aynı zamanda taşıma ve alanın üzerini örtme görevini üstlenen tonoz prensibi geliştirilerek kendini taşıyan yapılar geliştirilmiştir. Bu düzen orta çağın Dome kiliselerinde doruğa ulaşmıştır (Şekil 1.29).



Şekil 1.29 İstavroz ızgara tonozu ve Gotik tarzında bir çubuk sütun.

Doğal taş ile uygulanan yapı prensibinin yanında yine çeşitli ülkelerde birbirinden bağımsız olarak ağaç tomrukların kullanılması ile büyük ve küçük ölçekte ev yapımlarına başlanmıştır. Bilhassa kiriş yapımında ağaç önem kazanmıştır: Akdeniz bölgesinde düz çatılarda, doğal taştan yapılmış olan binalarda ise çatı örtme amacı ile tavan ve çatı kirişi görevlerinde kullanılmıştır. Buna karşın orta Avrupa ve kuzey Avrupa'da yaşayan milletler tarafından çadır yapımı prensibi, temel çadır tipinin çatı kimliği ile sanatsal bir biçimde geliştirilmesi suretiyle tekrar ele alınarak uygulanmıştır.



Şekil 1.30 Güney Almanya ahşap karkas evinin gelişmesinin kesiti (Völkers prensibi)

Avrupa'nın güneyinde yaşayanlara oranla kuzeyinde yaşayan milletleri, ağır ve değişik olan hava şartları neticesinde yoğun biçimde yağmur ve kar yağışları ve ısıtma ocaklarından çıkan dumanı tahliye etmek için bu tip zahmetli ve değişik yapı biçimlerine ihtiyaç duyulmuştur. Teknik ve ekonomik sebeplerden dolayı bu yapılarda da ilk çadır yapılarında olduğu gibi ağaca taşıma görevi verilmiştir ve böylece *ahşap karkas sistemi* gelişmiştir.

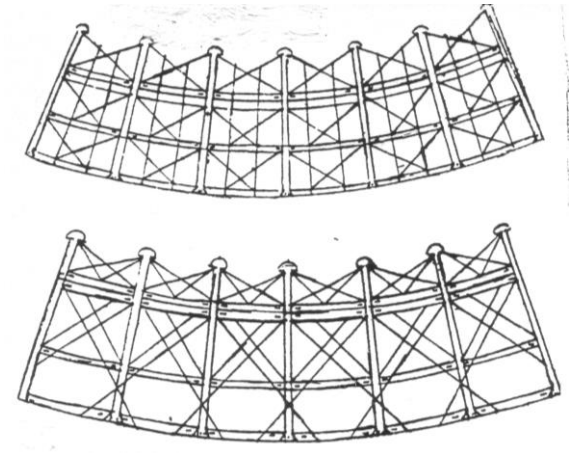


Şekil 1.31 Ahşap karkas sisteminde yapılmış bir orta çağ evi (Dört taçlıların evi, Wertheim a.M.).

Orta çağın marangozluk sanatının duyarlı ellerinde ahşap karkas ev yapımı teknik ve tasarım bakımından bir sanata dönüşmüştür (Şekil 1.31). Bu sanat statik hesaplar yapılmaksızın geliştirilmiştir ve ahşap karkas konstrüksiyonu aracılığı ile bir zamanlar çadırların yapıldığı prensip ile çok büyük ve yüksek binalar inşa edilmiştir ve taşıyıcı elemanların yanı sıra kullanılan örtücü elemanlara bir konstrüksiyon dahilinde bir taşıma görevi verilmemiştir.

Çatı Sistemlerinin Gelişimi

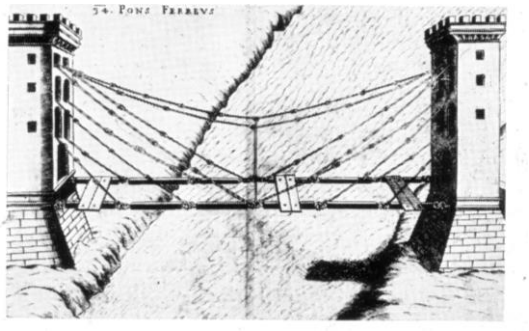
- Demir ve Çeliğin Kullanımı



Şekil 1.32
Çapraz demir payandalar ile donatılmış bir ahşap karkas konstrüksiyonu (Leonardo Da Vinci).

Yapı sektöründe demir ve çelik kullanımı sonucu meydana gelen yapı biçimleri uzay kafes sitemin ilk örneklerini meydana getirmiştir. Dövülebilir özelliğe sahip olan demirin yüksek derecede çekme mukavemeti olduğunun keşfi zamanın

büyük yapı ustalarının, demir veya ağaç çubukların bir birileri ile bağlanmaları konularında önerilerde ve deneme girişimlerinde bulunmalarına vesile olmuştur (Şekil 1.32).



Şekil 1.33 Demir asma çubukları ile Verantius köprüsü (1617).

On sekizinci yüzyılda odun kömürü yerine madeni kömürlerin kullanımına başlanılması, daha ekonomik ve daha fazla olan dökme demir üretimi imkanlarını arttırmış ve bu durum dökme demirden oluşan yapı elemanlarının bina yapımlarında kullanılmasını sağlamıştır. Çoğu zaman süslemeler ile donatılmış olan dökme demirden oluşan sütunlar ve tonoz eğrileri kullanılmıştır. Tabi ki taşıma ve imalat tekniği güçlüklerinden dolayı dökme demirden oluşan büyük yapı elemanları yerinde monte edilmek üzere parçalar şeklinde imal edilmiştir. Bu durum, monte edilebilir olan elemanlarla konstrüksiyonların biçimlendirme imkanlarını geliştirmiştir.

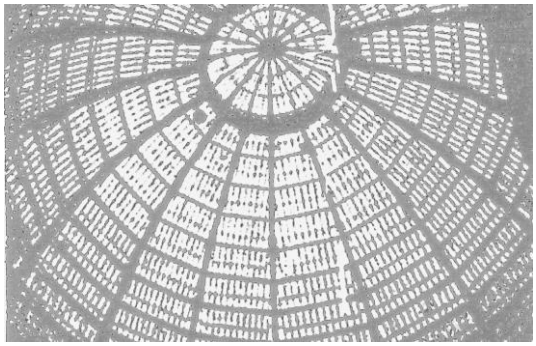
Çatılar için geliştirilen eğri dökme demir konstrüksiyonları 18. yüzyılın sonuna doğru devreye girmiştir ve şimdiye kadar doğal taştan yapılan tonoz sistemlerine göre, taşıyıcı konstrüksiyon tarafından taşıyıcı kiriş üzerine gelen yük dağılımı neticesinde yapıların ağırlıkları bakımından önemli derecede tasarruf sağlanmıştır. Burada konstrüksiyonun içine ağaç karkas yapı konstrüksiyonu uygulanmıştır ve tamamen basınç etkisi üzerine tasarlanmıştır.

Puddel yönteminin geliştirilmesi ile birlikte daha az maliyet ile büyük miktarlarda dökme demir imalatı mümkün olmuştur. Dövülebilir nitelikte olan demir için geliştirilen hadde tekniği ve buhar makinesinin keşfi neticesinde, demir üretiminde kullanılan kas gücünün yerini makine gücüne bırakması ile, aynı çapta profil ve büyük miktarlarda değişik uzunluklarda ve ebatlarda dökme demirden oluşan yapı elemanlarının sanayi tesisleri tarafından hızlı bir biçimde üretilmeleri

mümkün olmuştur. Bu gelişmeler demir yolu ve çelik yüksek binaların yapımını başlatmıştır ve bu türde yapıların döneminin temel taşını oluşturmuştur.

"Kaynak demirinden" ve "Döküm demirinden" Thomas ve Bessemer yöntemleri ile döküm çeliği geliştirilmiştir. Döküm çeliğinin diğer demir türlerine göre en belirgin avantajlarından biri, çekme veya basınç yüklerine karşı aynı şekilde mukavemetli olmasıdır. Bu özellik sayesinde hadde sistemi ile elde edilmiş olan profiller istenildiği biçimde çekme, basınç veya burulma yüklerine maruz kalabilmektedir.

Dövülebilir-sıcak olarak şekli değiştirilebilir-nitelikte olan demir veya çelikten oluşan profil üretiminin başlangıcı hadde teknolojisinin de yardımı ile ekonomik yapının üzerinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Çelik profillerin veya hadde türlerinin üretiminde kullanılan tesis ve tesisatların çok pahalı oluşundan dolayı, bu sistemlerde ancak seri üretim biçimi ekonomik olmaktadır. Böylece yapı sektörü için çelik yapı elemanlarının üretimlerinin başlamaları ile birlikte yeni bir ekonomi ve ticaret türü de doğmuştur, belirli yapı elemanlarının sanayi üretimi ve katalog aracılığı ile satışları sistemi başlamıştır.



Şekil 1.34 19.yy.da Napoli 'de demirden yapılan erken iskelet kubbe örneği.

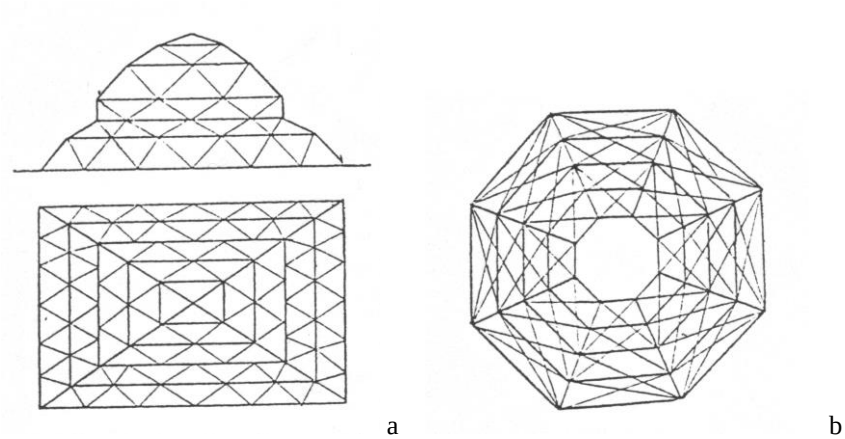
Kubbeler**,** çok eski zamanlardan beri mimaride kullanılan en eski strüktürel formdur ve uzay sisteme tipik bir örnektir. Maksimum açıklıklı mekanı minimum yüzey ile örtebilen kubbe, çok büyük alanların ekonomik yolla örtülmesine olanak verir. Eski yapıların çoğu dairesel plan üzerine inşa edilmişlerdir; bu bakımdan kubbe, çatı konstrüksiyonu için kolay ve uygun bir form sağlar. Kubbelerin gelişimi, mevcut malzemelerin gelişimi ile ilişkilidir. Kubbeler ilk olarak taş ile inşa

edilmiştir, tuğla ve ahşabın kullanılmasıyla bunu büyük bir değişiklik izlemiştir. Yeni bir malzeme olan demir ile tanışma, potansiyel özellikleri ve karşılaştırılabilir nitelikte hafif malzeme inşa edilen binaların yüksek mukavemetli olmasının getirdiği avantajlar ile inşaat mühendisleri için yeni bir alan açtı. Kubbe yapımında demir ilk defa 1811 yılında Belanger ve Brunet tarafından kullanıldı. Aynı yıl Paris'te the Corn Market'in merkezi 38.7 m. çapındaki bir demir kubbe ile örtüldü. Dökme demir ve ahşap konstrüksiyon ile yapılan eski metotlara uyumun fazla olmasına rağmen, bu yapım sistemi mimarlar ve mühendisler arasında büyük ilgi uyandırdı.

İlk demir kubbelerin çoğu, genellikle aşağıda düz yukarıda eğik çubuklardan oluşan yarı kafes kirişlerden meydana gelir. Kubbeler, dairesel duvarlar üzerinde desteklenir ve çevresi boyunca altta çekme halkasına ve tepedeki basınç halkasına bağlanır. Küçük kubbeler için, merkezi halka ve fener ihmal edilirdi ve kirişler birbirlerine doğrudan bağlanırlardı. Sonraları, bağlantı halkalarının kapasitesini sık sık yükselten yatay itme kuvvetinin ortaya çıkması ile açıklığı arttırma yoluna gidildi. İtkinin karşılanamadığı çeşitli durumlarda bunun inşaat esnasında strüktürün çökmesine neden olduğu bilinir. Bu durum birçok mühendisi kuşaklanmış kubbelerle ilgili detaylı analizler yapmaya teşvik etti.

Uzay sistemin avantajlarını anlayan çeşitli seçkin Alman ve Fransız mühendisler, yapım sisteminin bu formuna büyük ilgi gösterdiler ve 18. yüzyılın ikinci yarısında, kuşaklanmış demir kubbelerin çeşitli formlarında ani gelişmeler ortaya çıktı. Bu hareket, Almanya'da üç boyutlu sistemin gelişimini destekleyen bilim adamları Schwedler, Henneberg, Mohr, Ritter, Müller-Breslau, Scharowsky ve Zimmermann'ın yayınlarından etkilendi. Kubbelerde ve tonozlarda yük dağılımı hakkında sistematik çalışmalar ile bilimsel temeller ortaya konuldu ve grafik ve yarı-grafik analiz metotları gelişti. Uzay sistemlere uygulanan grafik analiz metotları, yüklerin dik koordinat dizgelerine dayalı geometride düşey ve yatay düzlemde gösterilmesi nedeniyle yorucuydu. B. Mayor uzay sistemlerde kuvvetlerin hesaplanmasıyla ilgili zorlukları yok eden ve tüm problemin tek düzlemde analize indirilmesini sağlayan ilk araştırmacıdır. Mayor'un metodu önce Misses sonra Constant tarafından oldukça basitleştirildi.

- Kubbeler

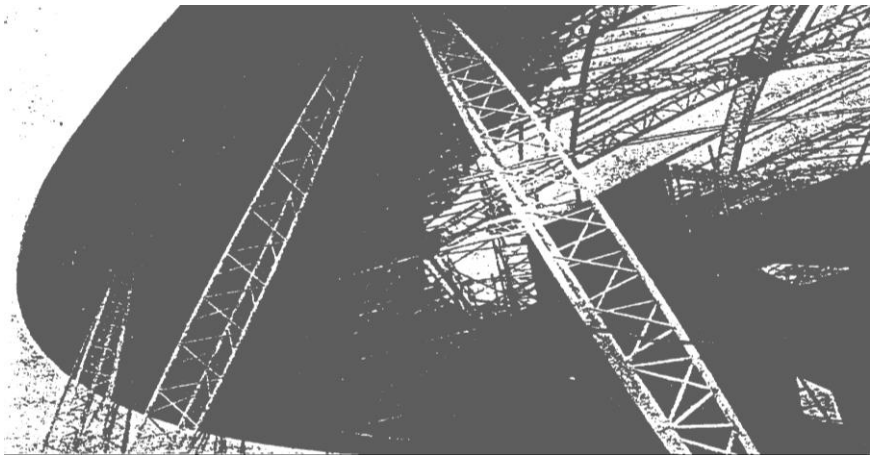


a b

Şekil 1.35 Kubbe tipleri. a. Çok katlı olan ağ örgüsü tipi kubbe (Föppl kubbesi),
b. Çok bölmeli örgü kontrüksiyonu (Schwedler kubbesi).

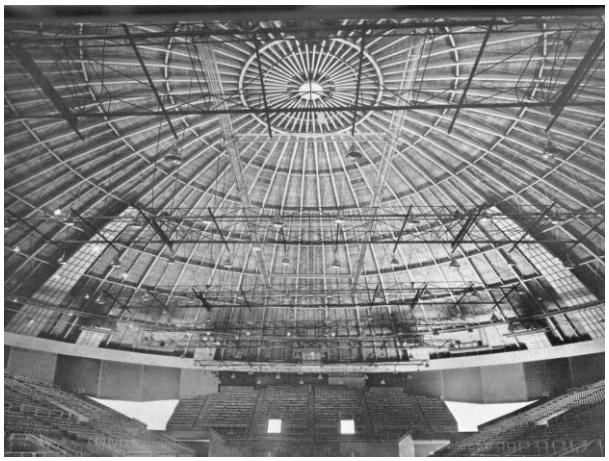
Kubbeler için çok sayıda kuşaklama tipi kullanılır. En eski formlardan biri olan iskelet kubbeler, oldukça esnek olmalarına rağmen halen kullanılmaktadırlar. Kubbeler, erken bir örneği Şekil 1.34'de görüldüğü gibi ya eğik prefabrike dairesel malzemeden ya da kafes çubukların tepede bağlanması ve sınırlarında dayanak ile desteklenmesi ile oluşur. Kuşaklanmış kubbenin en basit formu, Schwedler tipi olarak tasvir edilir. J.W. Schwedler'in ilk strüktürünü, Berlin'de bir gaz tankı olarak inşa ettiği 1863 yılından beri dünya üzerinde sayısız Schwedler kubbesi uygulanmıştır. Föppl, Schwedler tarafından geliştirilen gevşek nitelikte olan çapraz elemanlar ile uygulanan "Örgü kafes" kubbelerine karşı, "Ağ örgü" tipi kubbeyi sadece üçgenler ile donatılmış ve katı çapraz elemanlar ile sağlamlaştırılmış olarak kafes kiriş konstrüksiyonunu ileri sürmüştür.

Zimmermann kubbeleri bir zaman Avrupa'da çok popülerdi ve Almanya ile Fransa'daki çok sayıda sergi binası bununla örtüldü. Daha eski kubbelerden özellikle biri, 1894 yılında Lyons Endüstriyel Sergi Salonunun Merkezinde uygulanan strüktür dikkat çekiciydi. 110 m. gibi şaşırtıcı bir açıklığa sahip bu yapı, üzerinde mafsallı ve tepe halkasında rijid olarak birleştirilmiş 16 parabolik kafes dairesel çubuktan oluşuyordu. Bu yapı, uzun yıllar boyunca en büyük kubbe olarak kaldı.



Şekil 1.36 Londra, 1951, Britanya Festivali için yapılan Keşif Kubbesi (The Dome of Discovery). (Danışman müh.:Freeman,Fox ve ortakları;mimar:Ralph Tubbs).

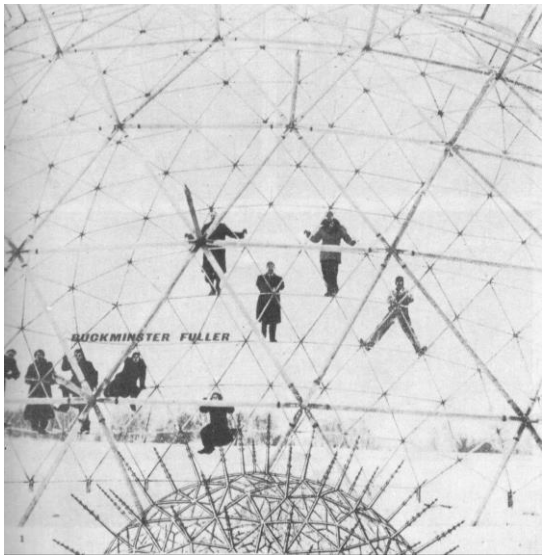
II.Dünya savaşından sonra Amerika'da Kuzey Carolina Charlotta' da Hükümet Binası (the Civic Center), iyi bilinen Schwedler tipi çelik kubbe ile inşa edildi ve kullanılan açıklığı 101 m. idi. Britanya Festivali için 1951'de Londra'da yapılan Keşif Kubbesi (the Dome of Discovery) 104 m. çapında gergi halkasına sahipti, fakat proje bunun birkaç metre ilerisinde uygulandı, kubbenin destekleri 111 m. çapındaki bir dairenin üzerindeydi. Bu kubbenin strüktürü ve örtüsü alüminyumdandı.



Şekil 1.37 Charlotta Hükümet Binası (the civic center), Kuzey Carolina.

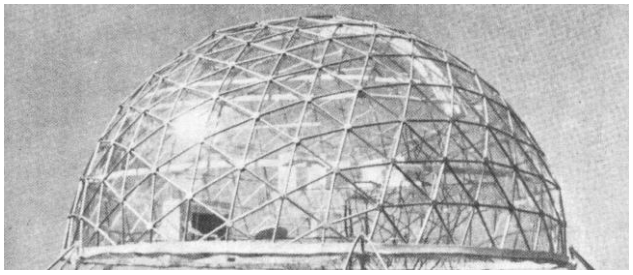
Amerika'da çok sayıda çelik ve ahşap ince tabakalı kubbe inşa edildi. En büyük çift tabakalı çelik kubbe, Texas, Houston'da Spor Salonu (the Harris County Sports Arena) üzerinde 1963 yılında uygulandı. Kullanılan açıklığı 193 m. olan bu kubbe zamanının en büyük kubbesi idi. Tasarım ve uygulamasından sorumlu olan şirket, tabakalı kubbe konusunda uzmanlaşmıştı.

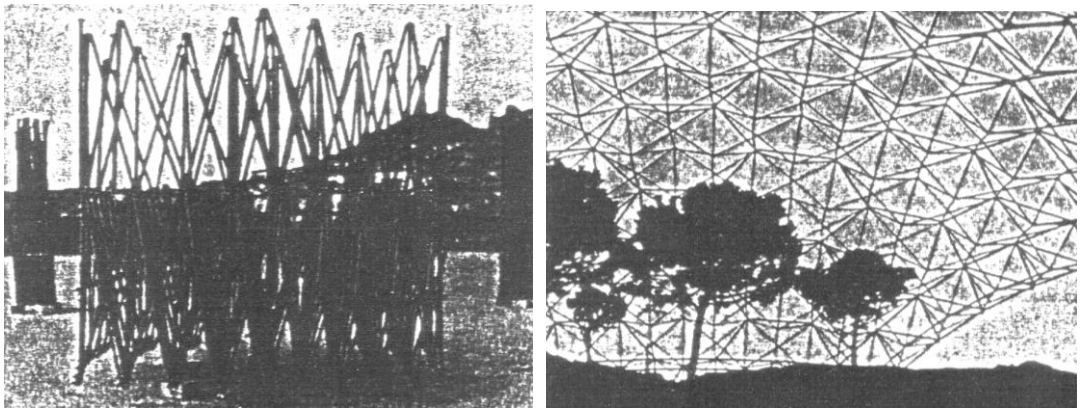
Geniş açıklıklı kubbelerin gelişimi, uzun yıllardır araştırmalarında geodezik strüktürün avantajlarını vurgulayan Buckminister Fuller'in çalışmalarının sonucudur. Fuller'in 1967 yılında gerçekleştirdiği Montreal Dünya Fuarındaki Amerikan Pavyonu'nun açıklığı 80 metredir. Eşit uzunlukta çubuklarla oluşturulan üçgen ve beşgenlerden meydana gelen bu kubbenin yüksekliği 65 metredir. Bu örnekten sonra yüzlerce geodezik kubbe inşa edildi.



Şekil 1.38 B. Fuller'in jeodezik kubbesi

Çeşitli şekillerde uygulanabilir iskelet kubbelerin dışında, iki yönlü ve özellikle üç yönlü ızgara kubbeler oldukça kuvvetli ve asimetrik yüklere karşı dayanıklı olmaları nedeniyle kullanıldı. Du Chatéau'da uygulanan tübüler çelik kubbeler, bu eğilime uygun bir örnektir. Üç yönlü ızgaradaki değişiklik ağ yapılı kubbeler için kuşaklama sistemi içerir; 19. yüzyılda iyi bilinen bu özellik Ottawa'da F. Fentiman & Sons Ltd. adlı bir Kanada şirketinin 1965 yılında ürettiği oldukça becerikli bağlantıları ile dikkat çekmiştir.


Şekil 1.39 B. Fuller'in jeodezik kubbesi.

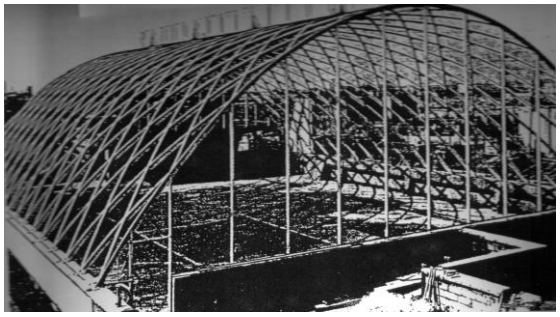


Şekil 1.40 Pinero'nun çift katlı katlanabilir kubbesinde bir bölüm.

-Uzay strüktürler

Katlanabilir üç boyutlu ağ strüktürler, genç bir İspanyol mimar Emilio Perez Pinero tarafından geliştirildi. Pinero'nun strüktürü, üç boyutlu uzayın üzerinde kıvrımları açılarak dağıtılabilen, çubukların birbirine bağlanmasını esas alan sistemlerden oluşur ve birleşim bağlantıları kolayca idare edilebilir ve taşınabilir sıkı bir bohça formu alır (Şekil 1.40). Her çubuk üç birleşim noktasına sahiptir, ikisi tabanda ve diğeri orta noktadadır. Yayılır durumda olduğu zaman, birleşim noktalarının konumu strüktürün eğimini tanımlar. Taban birleşimleri, strüktür yüzeyinin büyüme geometrisini kontrol eden, önceden belirlenen uzunlukta esnek bağlarla sürekli olarak birleştirilir. Bu ilkeyi benimseyen Pinero, İspanya'da gezici tiyatrolarda kullanılan geniş açıklıklı iki tabakalı katlanabilir kubbeleri geliştirdi. Pinero aynı zamanda, sergi binalarında ya da endüstriyel strüktürlerde çatı olarak büyük bir başarı ile uygulanan, düz çift tabakalı iki yönlü tübüler ızgaraları tasarladı.

60'lı yıllar boyunca çeşitli üniversiteler, kuşaklanmış kubbelerde yük dağılımı hakkında etraflı bir araştırmaya giriştiler. Tek tabakalı strüktürde, çerçevedeki çubuk düzenlemelerinin geniş açıklıklı kubbeler için uygun olmadığı birçok tasarımcı tarafından anlaşıldı. Kubbeler kar, rüzgar gibi asimetrik yüklere karşı zayıftır; bunlarda göçmenin gerilmelerden değil basınç çubuklarındaki burkulmadan oluştuğu anlaşıldı. Kuşaklanmış kubbelerdeki yetersizliğin çözümünün iki tabakalı kuşaklama ile mümkün olduğu ortaya çıktı. Çeşitli çift tabakalı uzay ızgaralar geniş açıklıklı endüstri yapıları için geliştirilmiştir ve bu tiplerin bir çoğu çift tabakalı geniş açıklıklı kubbe için önemsiz bir değişiklikle uygulanır, bunlar hafif ve rijid strüktürlerdir.



Şekil 1.41 Almanya'da lamella sistem ile oluşturulan fabrika binası.

Tonozlara 1965'lerde yeniden ilgi gösterildi. Bu strüktürler kabuklara benziyordu ve çubukların birleşimi olarak homojen değillerdi. A. Föppl kuşaklı tonozların avantajlarından ilk defa bahsederek bu formun gelişimine katkıda bulundu. 1892 yılında yayınlanan ve bir tip tonozun detayını tanımlayan kitabı, sonraki üç boyutlu sistemlerin gelişimini etkiledi. 1920'lerin sonunda tek tabakalı tonozların başarısı çeşitli mühendislerin dikkatlerini konstrüksiyonun bu formuna çevirmelerine neden olmuştur. Yine de 1930'larda betonarme kabuk çatılar büyük popülarite kazandı ve savaştan sonra, uzun yıllar boyunca kuşaklanmış tonozların gelişimini engelledi. Betonarme kabukların dezavantajlarının üstesinden gelmek amacıyla Blumfield, 1965'te Büyük Britanya'da tonozda betonarme kullanımını düzenleyerek *hafif kabuğu*, çelik tüpler ya da yükleri eşit dağıtan yörüngeleri izleyen kuşaklı çerçevelere form vererek tanımladı. Çok sayıda strüktür onun sistemini ve değişimini izleyerek inşa edildi.

Üç doğrultulu tek tabakalı ızgara tonozlar; Almanya, İngiltere, Fransa ve diğer ülkelerde ortaya çıktı. Çeşitli Japon şirketleri prefabrike çelik tonoz üretmeye ve uygulamaya başladı. Modeller üzerinde denemeler ve orijinal boyuttaki prototipi üzerinde uygulanan testler, sistemin rijitliğini koruduğunu ispatladı. Geleneksel sisteme oranla maliyetinin az olabileceğini gösterdi, inşaası çok basitti ve yapı iskelesi ya da başka bir şey gerektirmiyordu.

Hesap yöntemlerinin geliştirilmesinden önce, 18. yüzyıla kadar yapının temel unsurları daha önceden yapılan eserlerden kalan bilgilere, kişisel tecrübeye ve içgüdüye dayanıyordu. Makine teknolojisinin hızlı gelişmesi ve demir üretiminin hızlanması ve böylece çelik üretiminin gelişmesi, on yedinci yüzyıldan beri bilimsel alanda harcanan yoğun çabalar sonucu elde edilmiştir. Araştırmalar sonucunda

konstrüksiyon üzerinde çekme, basınç ve burkulma gibi kavramlar tanımlanmış ve şekil değişikliklerini matematiksel olarak algılayacak ve kapsayacak olan formüller geliştirilmiştir.

- Çelik Yapıların Gelişimi

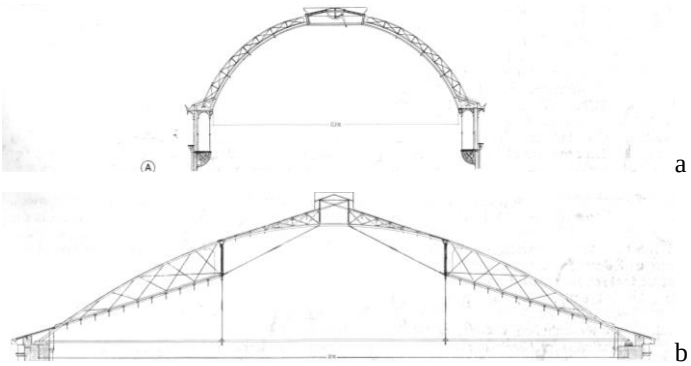
Çelik yapıların 19. yüzyıldaki öncülerinin aynı zamanda hesaplamanın ve statiğin de öncüleri olduğu ve çelik yapının gelişimini belirledikleri dikkat çekmektedir. Hesaplama yöntemlerinin geliştirilmesi neticesinde, S.D. Poisson, A.R. Polonceau, A. Ritter, H. Gerber, C. Culmann, J.W. Schwedler, A. Föppl ve birçok bilim adamları tarafından bu araştırma sonuçları politeknik okullarında öğrenim planlarına uyarlanmıştır. Statik bilimi ondokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında grafik statik sisteminin geliştirilmesi ile doruk noktasına ulaşmıştır ve bu bilgiler A. Ritter, C. Culmann ve H. Müller-Breslau gibi bilim adamlarının yazdığı kitaplarda yer almıştır ve böylece teorik kavramlar yaygınlaştırılmıştır. Bilim adamları tarafından yürütülen bilimsel çalışmalara paralel olarak birkaç büyük mühendis tarafından başka hesaplama formülleri de geliştirilmiştir ve bunlar sayesinde büyük çelik yapıların da çelik köprüler gibi inşa edilmeleri mümkün kılınmıştır.



Şekil 1.42 Firth of Forth akarsuyunu geçen demiryolu köprüsü.

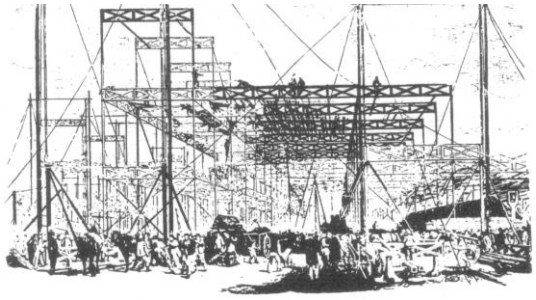
Büyük demiryolu öncüsü olan George Stephenson'un oğlu Robert Stephenson tarafından çok sayıda köprü tipi konstrüksiyonlar ile birlikte yöntemler ve birimler de geliştirilmiştir. Menai boğazı üzerinde inşa edilen ve açılışı 1850 yılında gerçekleştirilen köprünün tasarımında çelik levhalardan yapılmış içi boş kiriş konstrüksiyonlar uygulanmıştır. Bu teknik ile uygulanan Kanada-Montreal, St. Lawrence nehrinin üzerindeki Victoria köprüsü ve İskoçya-Queensferry yakınlarında Firth of Forth nehrinin üzerinde bulunan köprü statik bakımdan düzlem

karkas konstrüksiyondan üç boyutlu düzene geçişin dönüm noktasını ve eğilimini simgelemiştir.



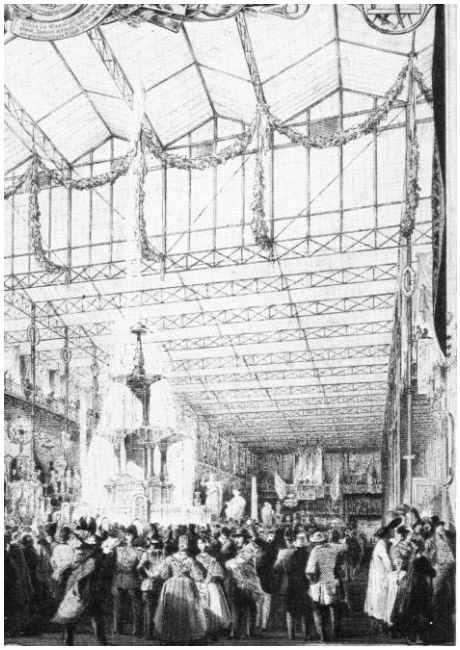
Şekil 1.43 Düz karkas konstrüksiyonlu çelik yüksek yapı.
a. Münih de eski botanik bahçede olan bir sera binası (A. Voit, 1865 kafesli çember kiriş)
b. Ludwigs tren istasyonu – Würzburg
(F.A.v. Pauli ve E.N.Neureuther,1854,Askı çubuklu gergi takviyeli çember kiriş,askı aralığı 30 m.)

Bugün *yüksek çelik yapı* olarak adlandırdığımız sistem, çelik üretimi ve işlenme yöntemleri ile statik kavramının bilimsel olarak öğrenilmesinin sonucu gelişmiştir. Ondokuzuncu yüzyılda demirden ve daha sonra çelikten yapılan köprü inşaatlarının yanı sıra çelikten çatı yapımına da ağırlık verilmiştir. Yüksek çelik inşaatın ilk zamanlarında basınç etkisine maruz kalan yapı elemanları dökme demirden ve çekme elemanları da dövme demirden veya çelikten iki kalite unsuru birbirine karışık olarak inşa edilmiştir. 1851 yılında Londra'da düzenlenen Dünya fuarı için J. Paxton tarafından inşa edilen "Crystal Palace" yapısının kafes sistemi, dökme demir ile çelik yapı elemanlarının karışımı olanakları doğrultusunda inşa edilmiştir.



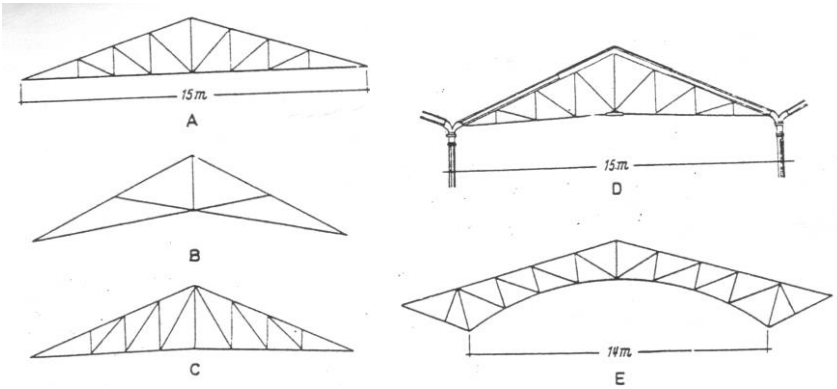
Şekil 1.44 "Crystal Palace" ,Londra, 1851.

A. Voit tarafından tasarlanmış ve 1854 yılında Münih'te inşa edilmiş olan "Cam saray" yapısı (Şekil 1.45) ve çok sayıda buna benzer yapılarda dökme demirin ve çeliğin karışık olarak kullanıldığı kafes konstrüksiyonlar uygulanmıştır.



Şekil 1.45
"Cam Saray" ,Münih, 1854.

Çok hızlı tatbik edilen ve geliştirilen konstrüksiyon çalışmaları sayesinde kısa bir süre içinde birçok çatı modeli ve konstrüksiyon prensipleri geliştirilmiştir. 1830 yılında J. H. Long tarafından geliştirilmiş, üst ve alt kemeri birbirine paralel olarak tasarlanmış olan ve sadece çapraz olarak konumlandırılmış payandaların basınç yükü altında oldukları bir kafes kiriş konstrüksiyonu için patent alınmıştır. Wittek'e göre, ilk dönemin "düz kiriş" tipi olan elemanlar, Şekil 1.46'de gösterilmiştir. Tekil çatı yapımında kullanılan bu konstrüksiyon tipi, komple kafes tipi hangar ve antrepo binalarının çatı yapımlarında da uygulanmıştır. Çok katlı ve düz çelik kafes sistemden oluşan ve ahşap karkas konstrüksiyonu evler tipinde olan ilk yapı 1871 ile 1872 yıllarında Fransa'nın Noisiel kentinde Saulnier tarafından inşa edilen Menier çikolata fabrikası olmuştur.



Şekil 1.46 Çelik kafes kiriş konstrüksiyonu ve eğer tipi çatıda tercih edilen konstrüksiyon biçimi.

Çok katlı çelik kafes konstrüksiyonlarından oluşturulan yapılar en sonunda gökdelen inşaatına kadar ulaşmıştır. Çelik kafes sistemde inşa edilen ilk çok katlı çelik bina, W. Jenney tarafından 1883 ile 1885 yılları arasında Chicago'da inşa edilen on katlı "Home İnsurance Company" şirketinin yönetim binası olmuştur.

Klasik kafes kiriş konstrüksiyonları ve 19. yüzyılın ortalarında geliştirilmiş olan yüksek bina konstrüksiyonlarının ortak noktaları ahşap konstrüksiyonlar ile aynı özellikleri taşımaktadır;

● Düzlem karkas sistemler, düzlemlerinin sadece kendi bünyelerinde oluşan güçleri ve yükleri üstlenmeleri doğrultusunda oluşturulmuştur,

● Birbirine paralel olarak sıralanmış olan düzlem kafes konstrüksiyonlarının kendilerine dikey olarak bağlanmış ilave konstrüksiyonları, örneğin rüzgar bağlantıları vardır,

● Dikey olarak birbirlerine doğru yönlendirilmiş olan düzlemler düğüm noktalarında bağlantılarının sağlanması ile gerçekleştirilmiştir.

Yüksek çelik strüktürler alanında kubbe konstrüksiyonlarının gelişmeleri ile düzlem karkas konstrüksiyonun teorisine ilaveten grafik statik yöntemi geliştirilmiştir. 1880 yılında A. Föppl karkas konstrüksiyon teorisini açıklamıştır. Profesör E. Winkler'in kubbe tipi kafes konstrüksiyonlarda statik hesaplamaların daha ciddi yapılması önerisi üzerine Föppl, 1892 yılında basılmış olan "üç boyutlu karkas yapı" isimli kitabında bu konuya değinmiştir. Föppl çubuklardan kurulacak sistemler içinde stabil en küçük çokgenin bir üçgen ve en küçük çokyüzlünün (polihedron) ise 4 üçgenden oluşan tetrahedron (4 yüzlü) olduğunu ortaya koymuştu.

Föppl tarafından geliştirilen üç boyutlu çubuk karkas konstrüksiyonların teorisinin kıymetini anlayanlardan birisi, 1889 yılında Paris' de düzenlenen Dünya fuarı için kendi adı verilen bir çelik kafes konstrüksiyonundan ibaret Eiffel kulesini inşa eden Gustave Eiffel olmuştur (Şekil 1.47). Kule esas planlamalara göre fuar bittiğinde tekrar sökülmek amacı ile yapılmıştır, ancak olağanüstü beğeni kazandığından dolayı bugüne kadar Paris'in simgesi olmayı devam ettirmiştir ve yapımcısının ismini taşıyan anıt haline gelmiştir.

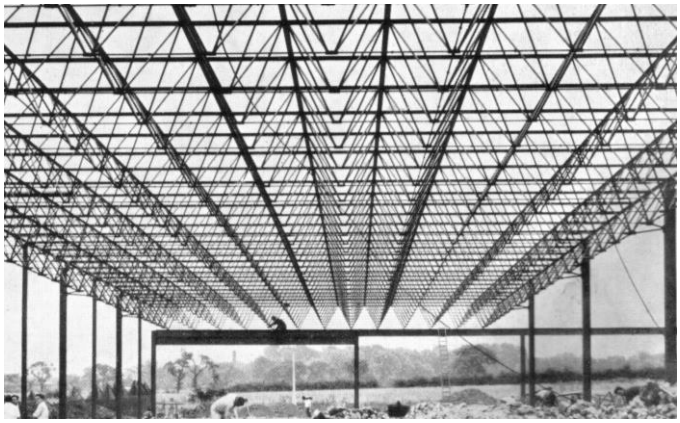


Şekil 1.47
"Eiffel kulesi" Gustave Eiffel tarafından 1889 yılında Paris'de gerçekleştirilen Dünya fuarı için inşa edilmiştir.

19. yüzyılın ikinci yarısında çelik konstrüksiyonlardan oluşan yüksek yapıların başarılı bir biçimde ve yoğun bir şekilde inşa edilmelerine başlanmasından dolayı, inşaat uzmanlarının çoğu düzlem karkas ile üç boyutlu karkas konstrüksiyonların arasındaki farklılıkları anlamamışlardır. Bu nedenle, 19. yüzyılın sonuna kadar tüm çelik konstrüksiyonlarda bağlantı elemanları olarak *perçin* kullanıldığı bir gerçektir. Büyük yapılarda çok fazla sayıda gerekli olan perçinler ve bu perçinler aracılığı ile profillerin birbirine bağlanmaları neticesinde, yapı elemanlarının aralarında rijit tipte bağlantılar gerçekleştirilmiştir ve ortaya çıkan birleşim prensibi doğrultusunda basınç ve çekme etkilerinin yanı sıra momentler de konstrüksiyon üzerine aktarılmıştır.

- Çatı Sistemlerinin Gelişimi

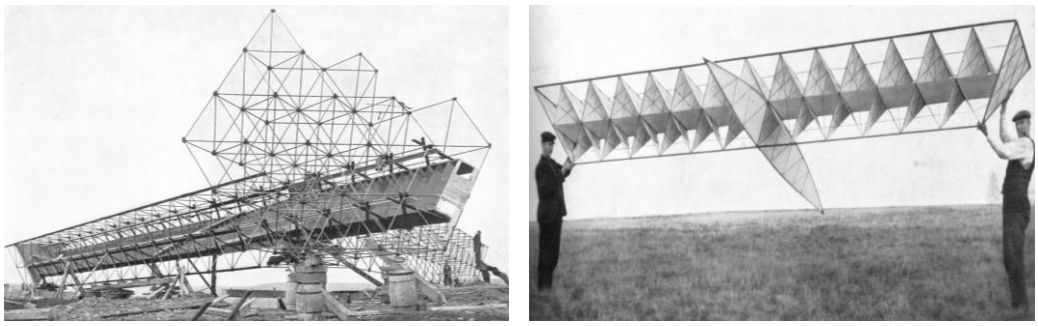
Uzay çerçeveler ile yapılan döşemeler ve çatılar 70 yıl öncesinden başlamıştır. Bağlantı elemanlarından oluşan ağ örgüsünü içeren düzlem ızgara çerçeveler, uzun yıllar inşaat mühendisliğinde kullanıldı. Önceleri kaynak ile birleştirilen ızgara sistemlerde, strüktürün belirli bir kısmını etkileyen yüklerin yüklü elemanlar gibi uzaktaki diğer elemanları da etkilemesi nedeniyle düğüm noktaları önem kazanmıştır.



Şekil 1.48 Çift tabakalı çelik ızgara ile örtülmüş endüstri binası, Britanya.

Tek tabakalı ızgaralar yaklaşık 30.5 m. açıklık için ekonomiktir. Buna karşın çift tabakalı ızgaralar, geniş açıklık istekleri ve konstrüksiyonda endüstrileşmeye paralel olarak 1960'lı yıllarda gelişti. Prefabrike yapım sisteminin bir kuralı olarak, çift tabakalı ızgaralar o yıllarda yükselen bir popülariteye sahip oldu. Bir çok ülkede ticari şirketler, sayısız çelik ve alüminyum, çift tabakalı ızgaralar üzerinde uzmanlaştılar. Bunlar, basit bağlantılarla monte edilen eşit uzunlukta sistem elemanları üretmeye çalıştılar; temel amaç standart binalar değildi, bunun aksine yüksek kalitede, birbiriyle değiştirilebilen bölümlerinden oluşan, standartlaşmış, hızla montajı yapılabilen konstrüksiyon sistemiydi. Temel olarak, iki ana tip çift tabakalı ızgara vardı; düşey kafes kirişlerin kesişmeleriyle oluşan *kafes ızgaralar* ve özellikle *tetrahedron* (4 yüzlü), *oktahedron* (8 yüzlü) ya da kare, beşgen ve altıgen tabanlı ters piramitlerin kombinasyonundan oluşan *uzay ızgaralar.* Modüler binalar, hem dayanıklıydı hem de tasarımda esneklik sağlıyordu. Bu sistemlerin asıl özelliği, büyüme ve demontajının mümkün olmasıydı.

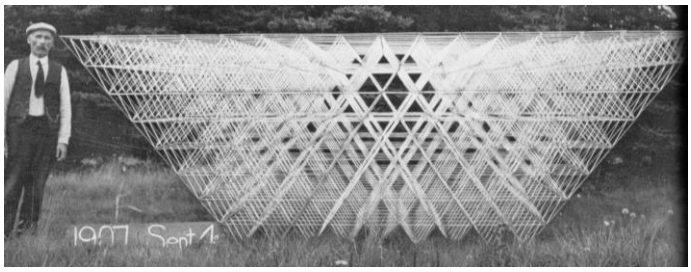
Japonya'da uzay sistemler 1950'lerde tanındı ve o zamandan beri çok sayıda bu tip strüktürlerden inşa edildi. Çeşitli endüstri şirketleri, genelde çelik bazen de alüminyum olarak geniş açıklıklı uzay sistem konstrüksiyonu üzerinde uzmanlaştılar. Fabrikalar, hangarlar, mağazalar, sergi pavyonları, spor salonları, kiliseler, konser salonları ve yüzme havuzları günümüzde geleneksel sistemin formları ile karşılaştırılan uzay kafes sistemle örtüldü. Fujio Matsishuta, Fukuzo Suto, Takeo Naka ve Ben Kato geniş açıklıklı uzay strüktür tasarımını iyi bilen Japon mimar ve mühendisler olarak tanınırlar.



Şekil 1.49 Graham Bell tarafından uygulanan çok tabakalı uzay çerçeve uçan makine modelleri.

Çift tabakalı ızgaraların gelişimi, çok hızlı olmasına ve büyük endüstri organizasyonları ile başarılmasına rağmen, çok yıllar önce bu konuya ilgi duyan ve strüktürün olanakları hakkında geniş bir görüşe sahip olan birkaç mühendisin orijinal çalışmalarının sonucuydu. Ünlü bir mühendis olan Graham Bell-telefon icadı ile tanınır- hayatının büyük bir kısmını, üç yönlü uzay ızgara formunda prefabrike olarak yapılan uçan makinelerin gelişimi için harcadı.

Ardından geçen on yıllık dönemler doğal olarak gelişen teknolojiler doğrultusunda inşaat sektöründe varolan teorilerin bilhassa çubuk karkas konstrüksiyonlar konularında daha derin seviyelere gelmelerine neden olmuştur ve diğer bağımsız yapı biçimlerinin de katılımları ile zenginleştirilmiştir. Teorinin mükemmelleştirilmesi doğrultusunda yapı sektörü tarafından yüksek çelik inşaatı alanlarında komplike ve düzensiz biçimlerdeki karkas çubuk konstrüksiyonların matematiksel olarak hesaplanmaları ve böylece emniyetli bir biçimde yapı olarak uygulanmaları başarılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir.



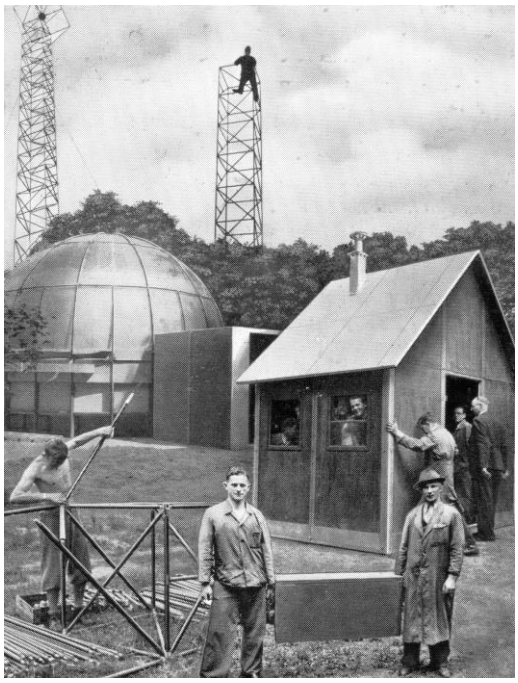
Şekil 1.50 Graham Bell tarafından uygulanan çok tabakalı uzay çerçeve.

İki dünya savaşı arasında Berlin teknik alanlardaki gelişmelerin ve yapı sektörünün gelişmesinin odak noktası haline gelmiştir. Büyük teknoloji ve bilim merkezlerinde bilim ve tekniğin birlikte çalışmaları neticesinde geleceğin yapı sektörünün belirli kurallar doğrultusunda kurulması ve işletilmesi gereksiniminin önemi ilk burada sunulmuştur. Ernst Neufert tarafından 1936 yılında yayınlanmış olan "Yapı Tasarımı Bilimleri" adlı kitabında ve August Thierschin'in "Mimarların El Kitabı" isimli eserinde yapı planlamalarında ölçü oranlarının uygulanmasının esas alınması ve ölçü oranları biliminin analog temel üzerinde oluşturulmasına yer verilmiştir. Böylece "Altın oranın" kullanımı ile norm ölçüleri, önceleri tesadüfi daha sonra bilinçli olarak geliştirilmiş ve istenilen orantılar böylece elde edilmiştir.

- Uzay Kafes Sistemlerin Gelişimi

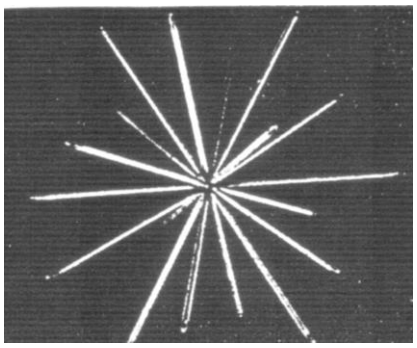
İnşaat sektöründeki gelişmeler dikkate alınarak uzay kafes sistemin hedefleri ortaya konulmuştur:

- Seri bir biçimde sanayi tarafından üretilebilmeli,
- Değişik amaçlara hizmet eden yapılarda aynı anda kullanılabilen ve değiştirilebilir tarzda tasarlanabilmeli,
- Yapılar üzerinde daha sonra ilaveler oluşturma imkanı sağlamalı,
- Bir ölçü standartizasyonu doğrultusunda üretilen, normlandırılmış olan herbir yapı elemanının kolaylıkla birleştirilmesini sağlayan bir sistem oluşturulmalıdır.

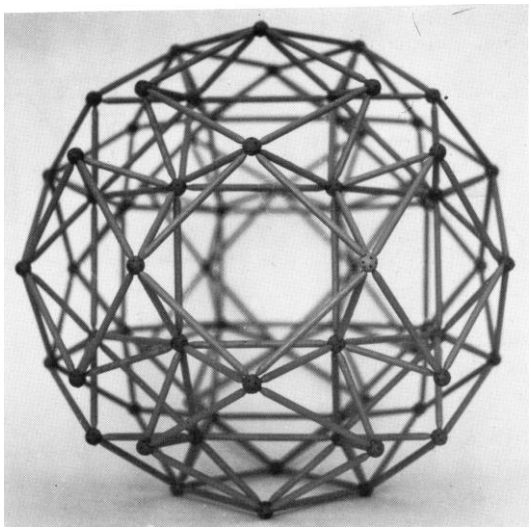


Şekil 1.51
İlk MERO dergisinin kapak sayfası (1943).
Sağ tarafta: Uçak ile taşınabilen küçük ev tipi.
Sol tarafta: Uçak ile taşınabilen küçük çapta olan bir Planetaryum (Uçak pilotları eğitimi için).
Arka kısımda: İlk "Üç boyutlu kompozisyonlar" olan anten kuleleri "Norm düğümleri" ve "Norm çubukları" ile inşa edilmiştir.

Üç boyutlu kompozisyon sayesinde tiplendirilmiş olan üç boyutlu karkas yapılar, mero sistemi yapı elemanları ile ilgili yasaların keşfi ile 1941-1943 yılları arasında uygulanmaya başlanmıştır. Tabi ki savaş ekonomisinin şartları altında üretimin ağırlık noktalarını haberleşme teknolojisine hizmet eden kuleler, kaldırma araçları, iskeleler ve köprüler teşkil etmekte idi. Gerçek binaların yapımına başlangıç 1942-1943 yılları arasında imal edilen uçak ile nakledilebilen özelliğe sahip olan küçük ev ve yine uçak ile nakil edilebilme özelliğine sahip olan ve uçak pilotu eğitim amacı ile geliştirilmiş olan Planetaryum'dan oluşmakta idi (Şekil 1.51).

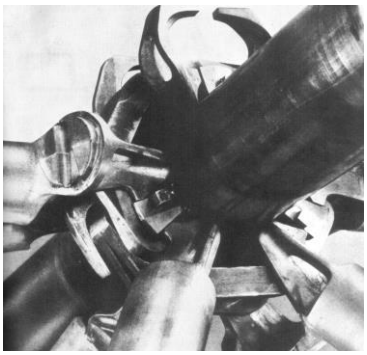
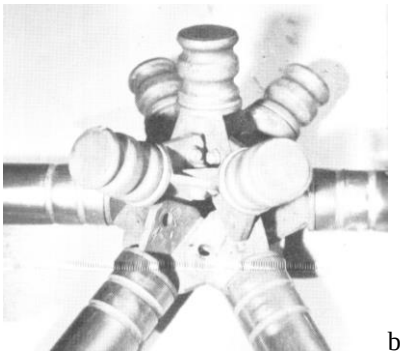


Şekil 1.52 Mero sistemde 18 elemanın ilginç birleşimi.


a

b

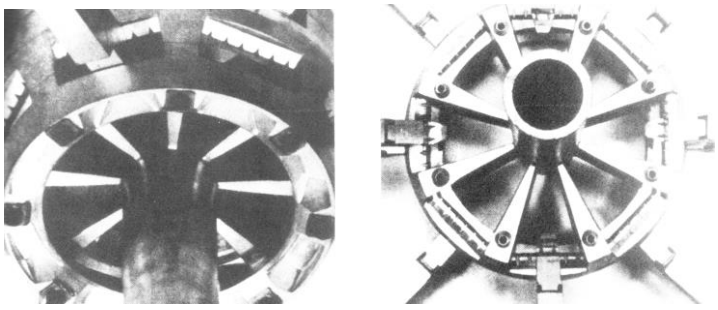
Şekil 1.53 Mero Sistem. a. Mengeringhausen ve MERO düğüm elemanları.
b. Mero yapım elemanlarından bir örnek.

Üç boyutlu karkas konstrüksiyonlarının sınırsız imkanlarını ilk olarak Mimar Karl Otto ve Günter Günschel, İNTERBAU Berlin 1957 fuarında bu sistemde hangarlar inşa ederek dünya çapında tanıtmışlardır. K. Waschmann önce Berlin ve daha sonra ABD'de mero yapı elemanlarını tanıtmıştır. Z.S. Makowski tarafından statik araştırmalar için mero malzemeleri satın alınmış ve öncülüğünde 1966 yılında Londra'da "International Conference on Space-Structures" adlı organizasyon oluşturulmuştur. Mengeringhausen "Organik yapılar bilimi" ile üç boyutlu karkas konstrüksiyonlarının bağlantısını ilk kez 1962 DEUBAU-Essen fuarında ve "üç boyutlu kompozisyon" adlı eserinin ilk baskısında tanıtmıştır. INTERBAU Berlin 1957 ve DEUBAU Essen 1962 fuarında tanıtılmış olan sistemler ve "üç boyutlu kompozisyon" adlı yayın doğrultusunda birçok ülkede yeni tasarımlar geliştirilmiştir. Burada ilk etapta anılacak olanlar Du Chateau- Fransa, Pagano-İtalya, Krapfenbauer-Avusturya ve Lederer-Çekoslovakya olacaktır. Düğüm noktalarını geliştirme çalışmalarında değişik yollar denenmiştir ve sonuçta mero düğümüne geri dönülmüştür. Bu yapım tarzı, Osaka' da 1970 yılında düzenlenen dünya fuarı için inşa edilmiş olan sembol alanının yarım okta ve yarım tetra kirişlerinden oluşan örtüsünde ve birçok sayıda ülke pavyonlarının tasarımlarında uygulanmıştır.

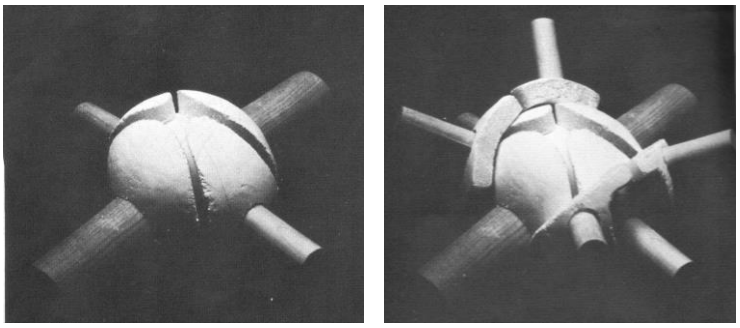

a

b

Şekil 1.54 Düğüm Detayları. a. Konrad Wachmann'ın geliştirdiği düğüm detayı ve b. B. Fuller tarafından geliştirilen Octetruss düğüm elemanı, 1959.

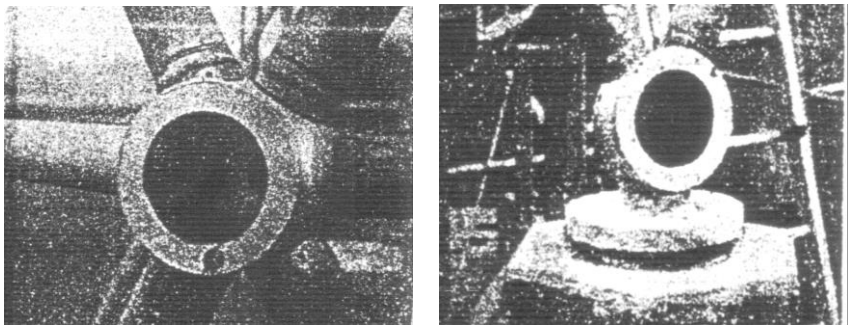
1957 yılından sonra bir çok neden uzay strüktürlerde hızlı bir gelişime etki etti. Geçmişte üç boyutlu strüktürlerin kullanımını önleyen ana engel, farklı açılarla çeşitli elemanları birleştirme zorluğu ve sistemin analizinin karmaşıklığı idi. Bu zorlukların üstesinden prefabrike çelik ya da alüminyum uzay sistemler için bağlantı elemanlarının üretilmesiyle gelindi. Seri üretim sayesinde maliyetlerin düşmesi ve oldukça kompleks uzay strüktür olsa bile, inşaasının yarı bilgili elemanlar tarafından sağlanabilmesi prefabrike üretimi tercih edilir konuma getirdi.



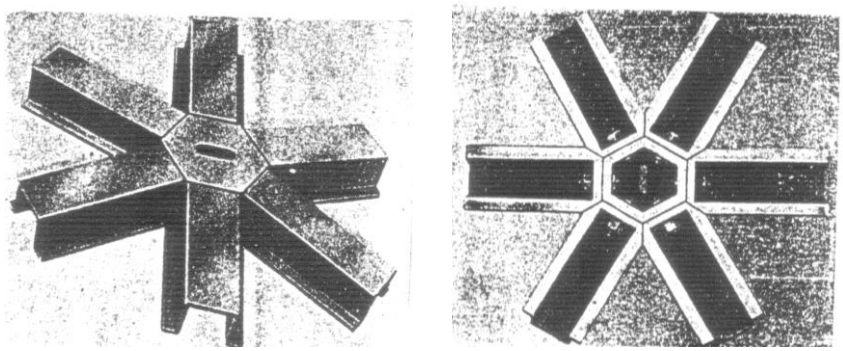
Şekil 1.55 İsviçre Lausanne üniversitesinde K. Wachmann'ın geliştirdiği düğüm detayı, 1959.



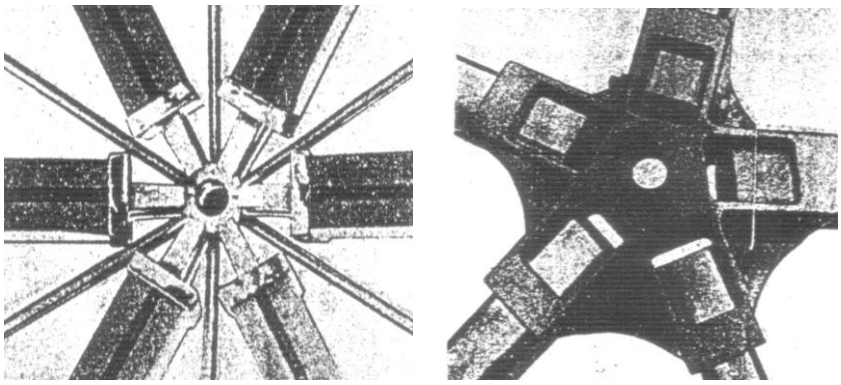
Şekil 1.56 K. Wachmann yönetiminde Richard Smith'in geliştirdiği düğüm detayı,California, 1965.



Şekil 1.57 Berkshire'de bir radar kulesinin birleşimi ve zemin detayı.

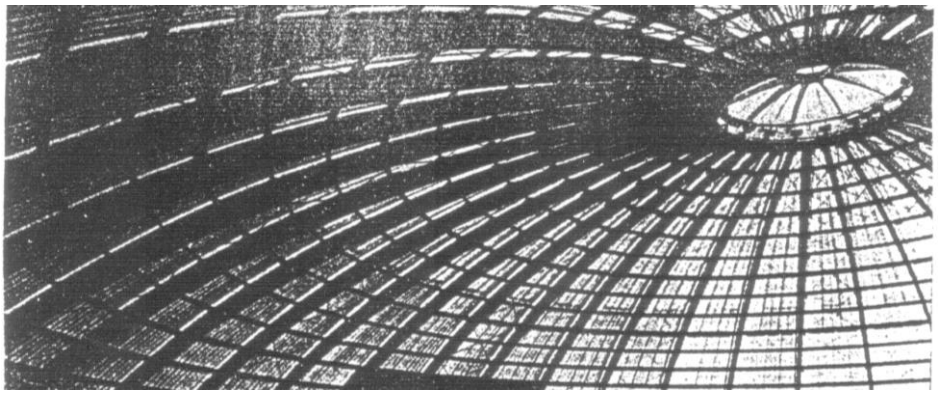


Şekil 1.58 Almanya'da Te-Zet prefabrike hangarlarda kullanılan birleşim detayı.



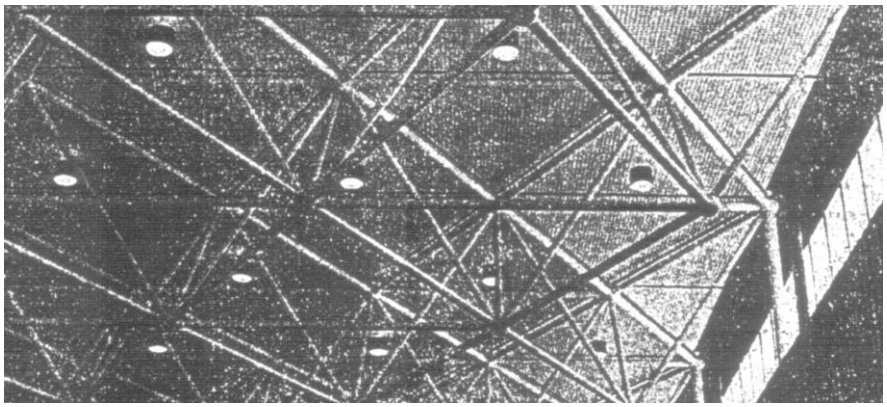
Şekil 1.59 Prefabrike kubbede birleşim noktası.

Bağlayıcılar, prefabrike sistemlerin en önemli parçasıdır ve bitişte ticari başarı onun etkinliğine ve kolaylığına bağlıdır. Uzay strüktürler için çeşitli tipte bağlayıcılar teklif edildi, bunların bazıları pratikte kullanıldı, bazıları da hayatta kalmaya çalıştı. Bazı tasarımcılar, bütün strüktür tiplerine uygun çok sayıda bölümden oluşan evrensel bir bağlayıcı üretmeye çalışmak gibi bir hata yaptılar; bunlar teorik açıdan mükemmel olmasına rağmen ticari açıdan başarısızlığa mahkum oldu.



Şekil 1.60 İnce tabakalar halindeki 61 m. çapında olan ahşap kubbe 1964'de Newcastle-Tyne'de uygulandı (mimar: Williamson, Faulkner&ortakları;strüktür müh.;Cooper &Higgins ve ortakları).

Uzay strüktürler kuramsal olarak sınırsızdır. Kesin metodlarla yapılan analizler yorucu ve zaman kaybettirici hesaplardı, analizlerin yaklaşık metodlarla yapılması ise önemli güvenlik sorunları yaratıyordu. Bilgisayarların uzay strüktürlerin tasarım ve hesaplamalarında kullanılması ile yeni montaj ve düzenleme çalışmaları, tasarımcıların özellikle kompleks uzay sistemlerini bile çok kısa süre içerisinde çözmelerini sağladı.



Şekil 1.61 Çift tabakalı üç doğrultulu ızgara.

BÖLÜM : 2
UZAY KAFES SİSTEMİN BİRLEŞENLERİ

2.1. GİRİŞ

Uzay kafes sistemler, düğüm noktaları dolu kürelerden ve bağlantı elemanları borulardan oluşan, üç boyutlu, yüksek dereceden hiperstatik sistemlerdir ve hiçbir basitleştirici kabul yapılmadan bilgisayar yardımı ile çözülmektedir.

Projenin özelliğine göre statik hesaplarda gözönüne alınacak yük kriterleri şunlardır:

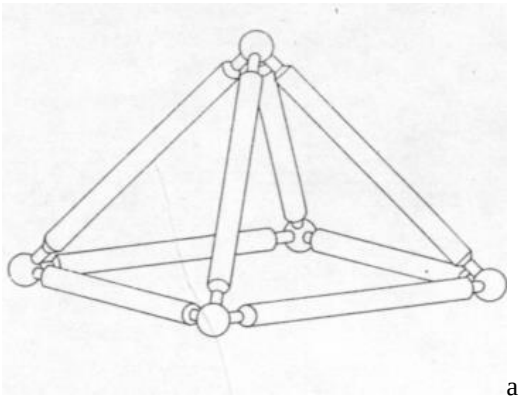
- Ölü yükler: Uzay kafes sistem zati ağırlığı + aşık sistemi + kaplama,
- Hareketli yük,
- Servis yükleri: Aydınlatma + havalandırma, ısıtma, soğutma,..vs + temizlik ekipmanları + kedi yolları + asma tavanlar + tesisat yükleri + noktasal tekil yükler,
- Kar yükü,
- Rüzgar yükü,
- Deprem etkisi,
- Sıcaklık etkisi.

Yükler düğüm noktalarından sisteme etki ettirilir ve dolayısıyla borular, eksenine dik doğrultuda yük almayıp sadece eksenel doğrultuda basınç ve çekme kuvveti taşırlar.

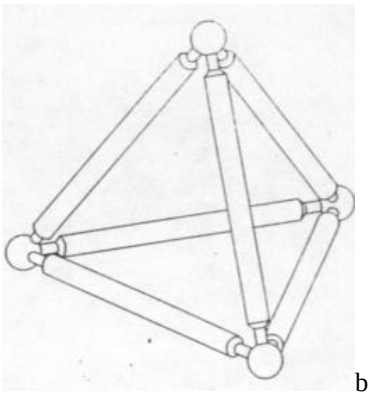
2.1.1. UZAY KAFES SİSTEMİN BİLEŞENLERİ

Uzay kafes strüktürlerin temel ünitesi tetrahedrondur (4 yüzlü). Böyle bir 4 yüzlü, her biri aynı düzlem içinde bulunmayan üçer çubukla kolaylıkla

büyütülebilmektedir. Bir düğüm noktasını diğer üç düğüm noktasına rijid olarak bağlamak için, üç çubuk gerekli ve yeterlidir (Şekil 2.1.b).



a



b

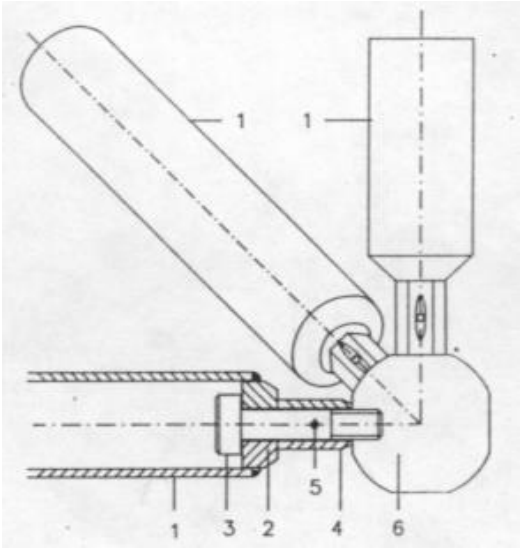
Şekil 2.1 Uzay kafes sistem tipleri. a. Yarı oktahedron ve b. Tetrahedron.

Düğüm noktaları ve bunları birbirine bağlayan çubuklar bir araya gelerek bir yüzey oluşturur. Bu strüktürel yüzey ya mesnetlere ya da doğrudan zemine bağlanmaktadır. Ayrıca çatı yüzeyinin eğimini düzenlemek amacı ile aşık elemanları kullanılır.

Uzay kafes strüktürleri oluşturan temel öğeler:

- Düğüm noktaları (küreler),
- Çubuklar ve konik parçalar,
- Cıvata, somun ve pimler,

olarak sıralanabilmektedir (Şekil 2.2).

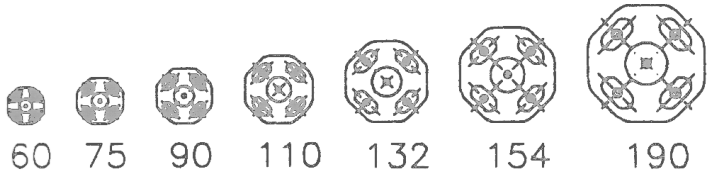


1. Boru
2. Konik
3. Cıvata
4. Somun
5. Pim
6. Küre

Şekil 2.2 Uzay kafes sistem düğüm noktası.

2.1.1.1. Düğüm Noktaları (Küreler)

Boru uçlarındaki civataların bağlandığı ve yüklerin aktarıldığı düğüm noktaları, birçok çubuğu bir noktada birleştirerek sistemin bütünsel olarak çalışmasını sağlayan elemanlardır (Şekil 2.3).



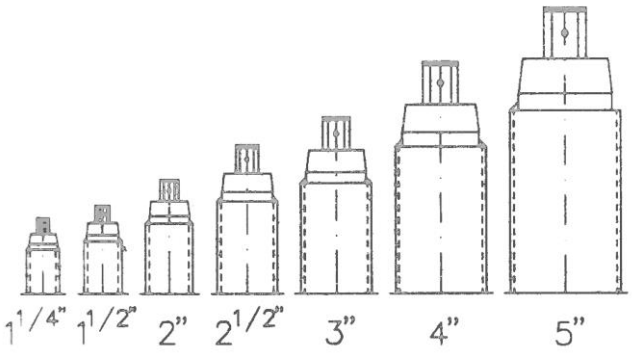
Şekil 2.3 Düğüm elemanları ve boyutları .

Çubukların birleştiği noktalar küre şeklinde olup dövme ile şekil verilmiştir. Kürelerin çapları, kullanıldığı yere ve aldığı yüke göre 50 mm. ile 240 mm. arasında değişir. Kürelerde maksimum 18 adet cıvata deliği açılıp -gerekli görülmediği takdirde fazla delik açılmaz- diş çekilebilir. Boruların düğüm elemanlarına vidalanması bu şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar DIN17200'de belirtilen şartlarda, normal ısıl işlemde imal edilir. Mesnetlerde kullanılan düğüm elemanları, DIN17100'e uygun şartlarda ve St60 çeliğinden yapılır.

2.1.1.2. Çubuklar ve Konik Parçalar

Çubuklar, farklı düzlemlerde yerine göre çekmeye ya da basınca çalışacak şekilde düzenlenen doğru biçimindeki elemanlardır ve sistem içindeki konumuna göre, üst başlık, alt başlık, dikme ve diyagonaller diye adlandırılmaktadır. Çubuklar iki ucunda konik parçaların kaynaklandığı borulardan ibarettir. Konik parçalar, çekme ve basınç kuvvetlerinin iletilmesinde kullanılmaktadır. Boru ve konikler St33-1, St37 veya St52 olabilir. Malzeme normları DIN17100'e göredir.

Konik parçalarının boruya kaynaklanması sırasında DIN4100 ve DIN4115 (bizde TS648 ve TS3357) geçerlidir. Projelerde ve kullanılan malzemelerde bu malzemeyi tanıtıcı semboller yer almaktadır.



Şekil 2.4 Çubuklar ve konik parçalar.

Bu imalatta kullanılacak boru, DIN17100'de tanımlanmış düşük karbonlu, kaynak yapılabilme kabiliyeti yüksek, St33-1 rumuzlu çeliktir. Bu çeliğin, çekme dayanımı 33-50 Kg/mm^2 ve kopma uzaması %18'dir (Ayrıca çok az miktarda St52 kalitesinde boru da kullanılabilir).

2.1.1.3. Cıvata, Somun ve Pimler

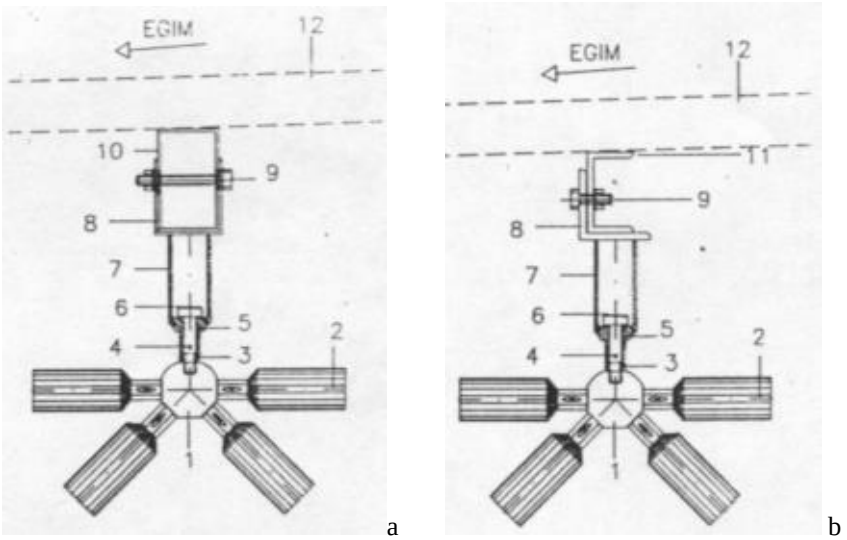
Cıvatalar kullanıldığı borunun aktardığı yüke göre değişik çaplarda ve kalitelerde olabilir. DIN13'e uygun ISO dişli olan cıvatalar, DIN267'de öngörülen şartları sağlarlar ve 8.8 ve 10.9 kalitelerinde üretilirler. Cıvataların sıkılmasını sağlayan pimler kesit ve et kalınlıkları aktardığı kuvvetlere göre değişen somunlarda açılan deliklerde tespit edilirler.

Cıvatalar, boru uçlarına kaynaklanmış olan konik parçalar vasıtası ile iş görürler. Şöyle ki, cıvata kafaları konik parçaların içinde kalarak dönebilmektedir. Konik parça ile düğüm elemanı arasında somun olarak tabir edilebilen altıgen kesitli bir parça bulunur. Pim deliğini içeren bu parçalar cıvata üzerine geçirilerek pimlenir ve cıvataların döndürülmesi suretiyle düğüm elemanına takılmasını sağlar.

2.1.2. AŞIK ELEMANLARI VE AŞIKLAR

2.1.2.1. Aşık Elemanları

Çatı eğimini düzenlemek amacı ile kullanılırlar. Üst başlık kürelerinde bulunan deliklere uçlarındaki civatalar aracılığıyla bağlanırlar. Bir ucunda konik, cıvata, somun ve pim, diğer ucunda ise minimum 3 mm. saçtan bükülmüş "U" kesit kaynatılmış borudan oluşurlar (Şekil 2.5.a). Aşık elemanlarının boyu, eğime bağlı olarak değişir.



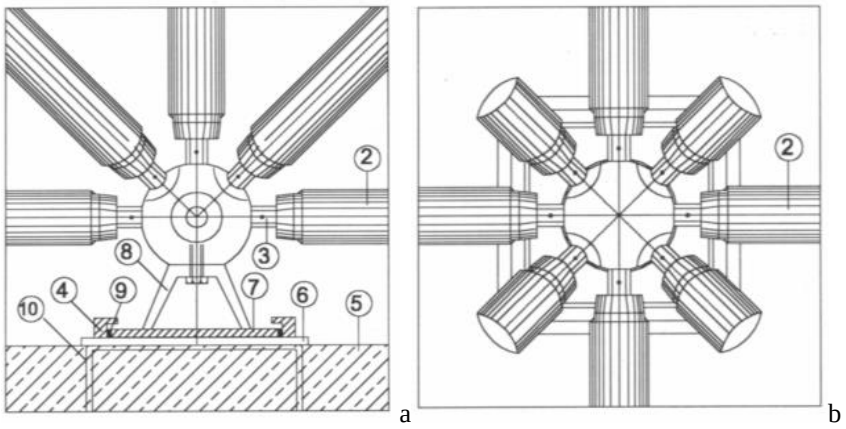
1-Küre, 2- Boru, 3- Somun, 4- Pim, 5- Konik, 6- Cıvata, 7- Eğim dikmesi, 8- U Profil, 9- Aşık cıvatası, 10- Kutu profil aşık, 11- U profil aşık, 12- Kaplama.

Şekil 2.5 Aşık tipleri. a. Kutu profil aşık,
b. U profil aşık.

2.1.2.2. Aşıklar

Yapılacak kaplama cinsine uygun, düzgün ve yeterli yüzeyler oluşturmak ve gerekli çatı eğimini sağlamak için, aşık elemanları yardımıyla uzay sistem çatıya monte edilir. Taşıdıkları yüke göre kutu (Şekil 2.5.b) veya değişik kesitli olan aşıklar, St37 malzemeden imal edilirler.

2.1.3. MESNET DETAYLARI

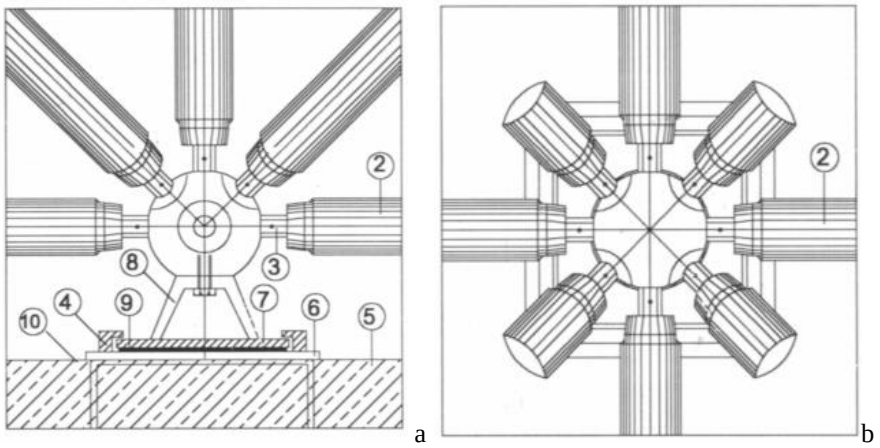


a b

1- Uzay Sistem Küresi, 2- Uzay Sistem Çubuğu, 3-Somun, 4- Mesnet tutucu latalar, 5- Betonarme kolon, 6- Ankraj plakası, 7- Taşıyıcı levha, 8- Konik, 9- Teflon, 10- Ankraj çubuğu.

Şekil 2.6 Sabit mesnet küresi. a. Kesit ve b. Plan.

Mesnetler, düğüm noktalarından gelen sisteme ait yükü zemine aktaran, sistemi zemine bağlayan yapı elemanlarıdır. Sabit veya hareketli olarak tasarlanabilmektedirler. Tasarlanan strüktür mesnetlerle doğrudan temellere, kolonlara veya perde duvarlara oturtulabileceği gibi, uzay kafes çerçeve strüktür oluşturacak biçimde yine bir uzay sistemle de mesnetlendirilebilir (Şekil 2.6 ve Şekil 2.7).



a b

1- Uzay Sistem Küresi, 2- Uzay Sistem Çubuğu, 3-Somun, 4- Mesnet tutucu latalar, 5- Betonarme kolon, 6- Ankraj plakası, 7- Taşıyıcı levha, 8- Konik, 9- Teflon, 10- Ankraj çubuğu.

Şekil 2.7 Kayıcı mesnet küresi. a. Kesit ve b. Plan.

2.1.4. KAPLAMA ELEMANLARI

2.1.4.1. Korozyona Karşı Koruma

Uzay sistem çubukları özel boyalarla yağ ve pastan arındırılır. Daha sonra boruların iç yüzeyi fırın astar ile, dış yüzeyi ise Avrupa polyester toz fırın boya kullanılarak boyanır ve fırınlanır. Bu iş için yağ ve pas banyoları kullanılır.

Somunlar ve ilave aksesuar küçük parçalar sıcak daldırma galvaniz işleminden sonra DIN50976'ya uygun minimum kaplama kalınlığını sağlamak için santrifüj işlemine tabi tutulur. Sıcak daldırma galvaniz en küçük boşluklara nüfuz ettiği için çok uzun yıllar koruma sağlar; bu süreler 10-20 yıl gibi bir zaman sürecini kapsamaktadır. Daha sonra galvaniz üzerine yapılacak ilave koruma malzemelerinin tatbiki ile bu süreler önemli ölçüde arttırılmaktadır.



Şekil 2.8 Kimyasal banyolar.

Aşık, kolon, mesnet ve benzeri büyük parçaların sıcak daldırma ile galvanizlenmesi bazı hallerde mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda sıcak daldırma galvaniz yerine, püskürtme sprey galvaniz yapılır. Bu parçalarda toz boya yerine standartlara uygun yaş boya da kullanılabilir.

2.1.4.2. Toz Boya Kullanılması

Çubuk elemanları, küreler ile somunlar galvanizlendikten sonra yüksek evsaflı plastik toz boya ile boyanmaktadır. Bu kaplama işlemi sırasında, karboksil ihtiva eden polyester tozu, ilave katkı maddesi konmadan elektrostatik alan içinde

galvanizli borulara ve somunlara püskürtülür. Bu toz boya 200 °C'lik fırında pişirilerek sertleştirilir. Bu işlem sonunda bütün yüzeyleri tamamen kaplayan düzgün, parlak ve 80 mikron kalınlığında bir film tabakası oluşur.

Bütün renkler uygulanabilir. Çeşitli tonlarda mat, yarı mat, yarı parlak ve tam parlak yüzeyli tonlar sağlanabilir. Somunlar da diğer elemanlar gibi kaplanabilir. Yalnız bu elemanlar yüksek gerilmelere maruz kaldıkları için galvaniz banyosundan sonra ve toz boya yapılmadan önce sıcak astar banyosuna batırılır ve daha sonra boyanırlar.



Şekil 2.9 Toz boya kabini.

Elektrostatik toz boya, darbelere dayanıklı olduğundan alışılmış yaş boyalara veya şantiyede yapılan boyalara nazaran çok daha uzun ömürlüdür. Bu boya –35 °C ile +280 °C arasındaki ısılara dayanıklı olup ultraviyole ışınlarına karşı da mukavemetlidir. Korozyona karşı çok dayanıklıdır. Üzerinde kabarcıklar, pütürler ve lekeler oluşmaz.

Toz boya yerine yaş boya kullanıldığında, kuru film kalınlığı 30-40 mikron olacak şekilde bir veya birkaç kat olarak tatbik edilir.

2.1.5. ÇATI ÖRTÜLERİ

2.1.5.1. Plastik Çatı Örtüleri ve Uygulama Prensipleri

Hidrojen, oksijen ve azot olmak üzere karbonun organik bileşenlerinden mineral, petrol, ahşap gibi doğal maddelerin ısı-basınç ve kimyasal etkilerle polimerizasyon ve kondansasyon şeklinde molekül ve amorf yapılarının değişimi ve yeni bağlar yaratılması sonucu doğada bulunmayan türler olarak meydana gelmiş makromoleküler, organik esaslı maddelere plastik denir (ERİNÇ,1978).

Plastik malzemeleri ısı karşısındaki davranışlarına göre termoplasikler (ısıl plastik) ve termosetler (ısıl dengeli) olarak iki grupta toplayabiliriz.

Termoplastikler, doğrusal bağlı molekül yapılarında değişme olmaksızın, belli bir ısı derecesinden sonra yumuşama göstererek, soğuduktan sonra bulundukları şekli koruyan ve de tekrar ısı ile değişme özelliğine sahip plastik türleridir. PVC (Polivinil klorür), PC (Polikarbonat), PMMA (Polimetilmetakrilat) ve teflon bu tür plastiklerdir.

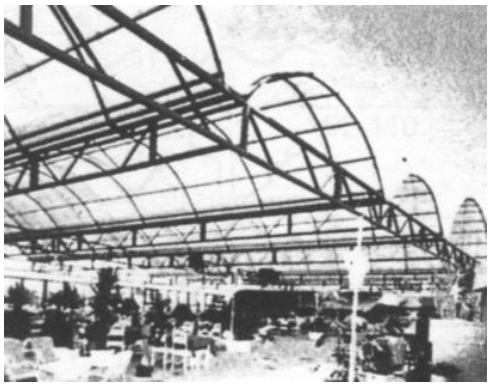
Termosetler, genellikle çapraz bağlı molekül yapılarında meydana gelen polimerleşme sonucu, yumuşama sırasında ilk formlarını koruyarak belli bir ısı derecesinden sonra erimeksizin karbonlaşmaya uğrayan ve ısı karşısında değişkenlik göstermeyen plastik türleridir. CTP (Camelyaf takviyeli plastik) malzemelerde kullanılan poliester türü plastikler bu grup plastiklerdendir.

Termoplastiklerin düşük ısıda yanma ve erimeleri yanında düzgün bir kesilme göstermeleri, termosetlerin ise yüksek ısı karşısında karbonlaşma ve kesildiği zaman döküntü meydana getirmeleri bu iki türü birbirinden ayıran en önemli özellikleridir.

Plastik malzemelerin genel özelliği, amorf iç yapı ve ısıya karşı düşük dayanım göstermeleridir. Birçok plastik türünün erime noktaları yoktur ve ergime büyük bir yavaşlıkla katı halden yüksek akışkanlı (viskos) sıvı hale geçiş şeklindedir. Bu nedenle plastiklerin bu özelliğinden yararlanılarak kalıplaşması, çekilmesi, şişirilmesi ve sıkıştırılması mümkün olmuştur.

Plastiklerin diğer bir önemli özelliği de uzun sürede görülen mekanik dayanımların kısa süredekine oranla çok daha çabuk düşme göstermeleridir. Ancak plastikler atmosfer ve dış etkenlere karşı yüksek dayanım gösteren ve doğada yok olmayan malzemelerdir. Teflon, PVC, melamin ve epoksi gibi plastik türleri çeşitli kimyasal etkilerle yüksek dayanım gösterir. Bunun yanında korozif ortamlarda plastiklerin şişmesi ve ağırlıklarının artması sonucu mekanik özelliklerinde düşme tespit edilmiştir. Bu nedenle korozyon plastiklerin sadece yüzeyini değil tümünü etkiler diyebiliriz.

Plastik malzemelerin mekanik özelliklerinden, gerilme-deformasyon eğrisi diğer yapı malzemelerine oranla çok farklı bir şekil gösterir. Malzemede elastik deformasyon ve akma sınırını geçtikten sonra mukavemet düşmesi görülmekte ve bu değer yavaş yavaş bir maksimum değere ulaştıktan sonra kopma meydana gelmektedir.



Şekil 2.10 Paralel düzlem çelik makasların PVC çatı örtüsü ile örtülmesi.

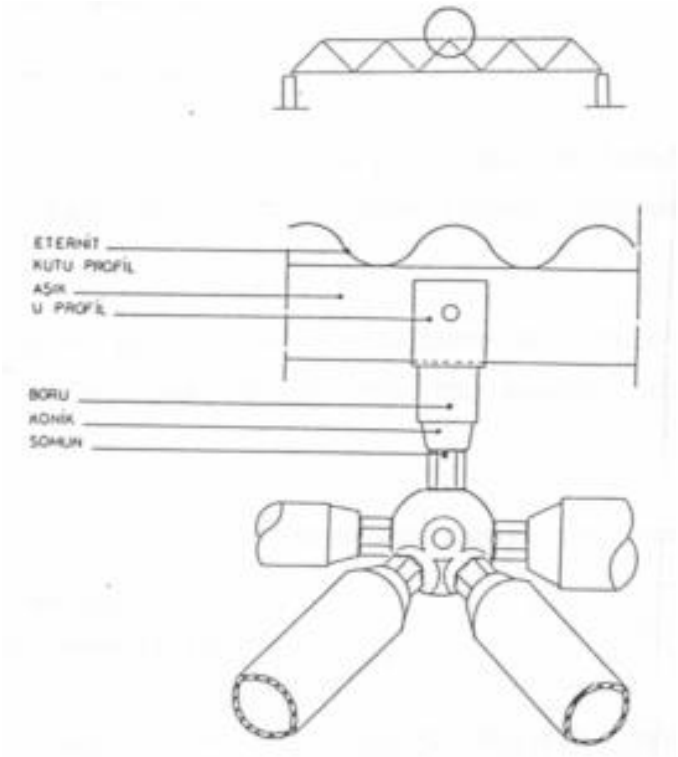
PVC (Polivinil klorür) Esaslı

Işık geçirgen çatı örtü malzemesi olarak kullanılan PVC, polivinil klorür polimerlerinin sıkıştırılması ya da basınç altında ısıtılmasıyla ince film tabakaları haline getirilmesi sonucunda oluşan termoplastik bir malzemedir (TOYDEMİR, 1990).

	Genişlik (cm)	Uzunluk(cm)	Kalınlık(mm)
Galvaniz Ondüle	114	200-250 300	 1.5
Eternit Ondüle	92-110	150-200 250-320	 1.6
Trapez Ondüle	93	200-250 300	 1.6
Ondülin	89	200	1.5

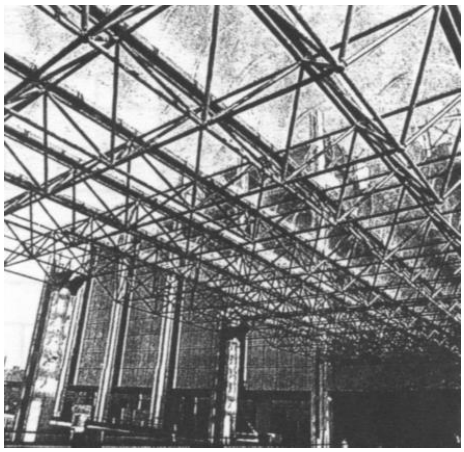
Şekil 2.11 PVC malzemelerde birkaç tür kesit örneği.

Işık geçirgenliği polikarbonat ve akriliklere göre düşük olan PVC' ler düz ve trapezoidal kesitli olarak üretilmektedir. PVC malzemenin sırlama yöntemi ile ısıya karşı dayanımları ve mekanik dayanımları artırılabilmektedir. Polivinil klorürlerin çarpmaya karşı dayanımları, cama ve akriliğe oranla daha iyi, polikarbonata oranla daha kötü özellik göstermektedir.



Şekil 2.12 PVC oluklu çatı panelleri ile uzay kafes birleşim detayı.

PC (Polikarbonat) Levhalar

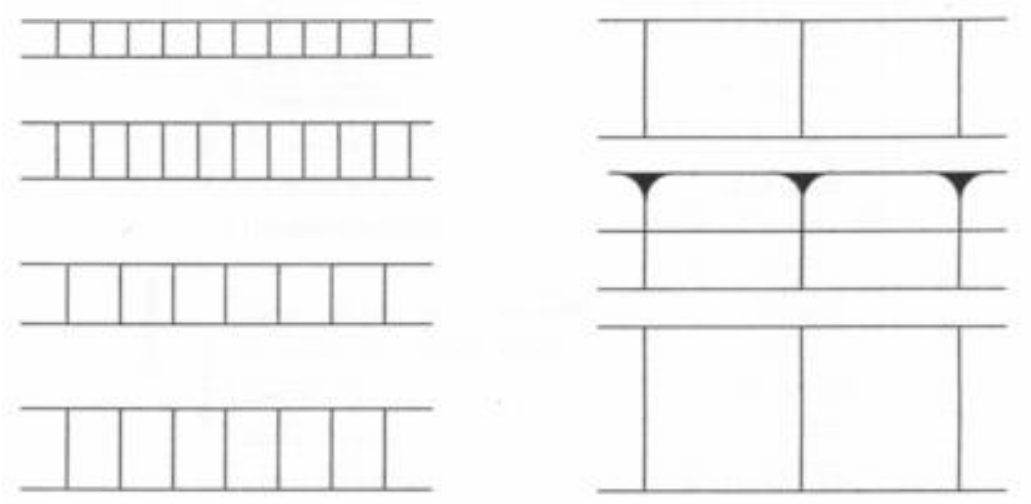


Şekil 2.13 PC ile örtülmüş uzay kafes sistem.

Işık geçirimli çatı örtü malzemesi olarak kullanılan çapraz bağlı molekül yapısına sahip polikarbonat reçinesi esaslı malzemelerdir. PC örtülerin darbeye dayanımları cama göre 200, akrilik levhalara göre 8 kat fazladır. Çift cama eşdeğer ısı geçirgenliğine sahiptirler. Malzeme yüksek ısıda erir, fakat alev almaz, yangının yayılmasını önler. Malzemenin işleme kolaylığı, bükülebilme ve basit el aletleri ile kesilebilme, delinebilme özelliklerinden ve hafif olmasından dolayı montajı kolaydır. Renk ve kalınlığa bağlı olarak, %90' a varan ışık geçirgenliğine sahip olması ışık istenen çatılarda ideal bir çözüm olarak sunulabilir.

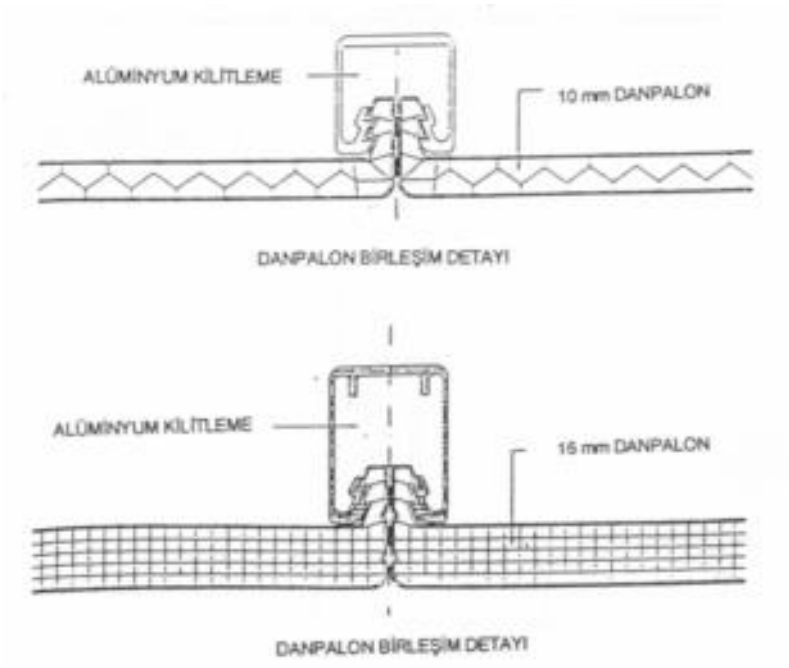
Camla uygulanması mümkün olmayan estetik ve dairesel formlar yaratılabilir. Profiller, polikarbonat esaslı profillerle bağlanabildiği gibi, alüminyum, çelik veya ahşap profillerle de rahatlıkla kullanılabilmektedir. Şeffaf, bronz, opak, mavi ve yeşil gibi özel renklerde uygulanabilir.

Çift cidarlı ve solid olarak iki ana grupta toplanabilir. Kalınlıkları 4 mm.'den 30 mm.'ye kadardır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 PC malzeme örnek kesitler.

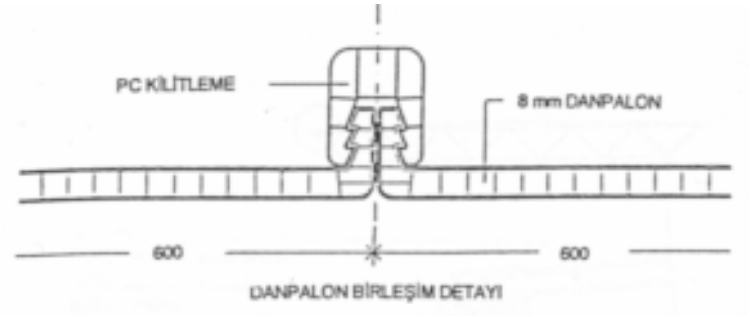
Uygulama esnasında, ultraviyole korunumlu yüzey, plakalar üzerinde belirtilen dışa bakması gereken yüzeyin dışta olmasına ve plakaların bünyesindeki kanal çizgilerinin düşey görünür şekilde olmalarına dikkat edilmelidir.



Şekil 2.15 PC örtü malzemeleri ile Alüminyum kilitleme ve montaj profillerinin bağlantı detayı.

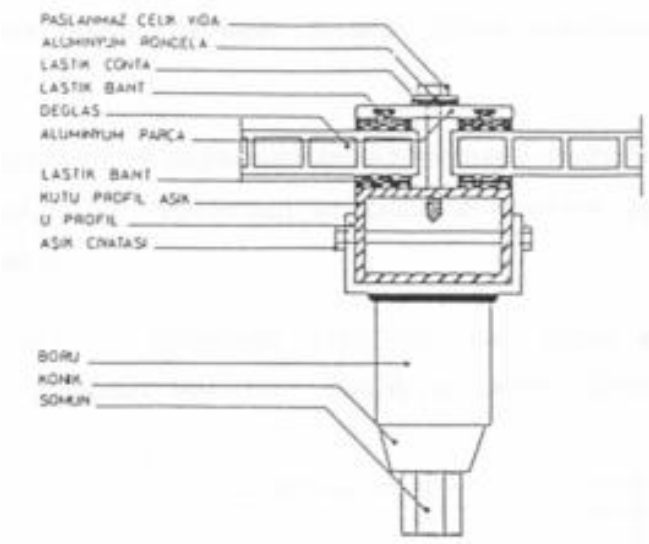
Plakaların büyüklüğüne bağlı olarak ısı farkları nedeniyle 1 m. uzunlukta 4 mm. genleşeceği öngörülmeli ve montaj esnasında bu genleşme payları bırakılmalıdır. Delme, delme yoluyla vida ve cıvatalı tesbit zorunlu olmadıkça yapılmamalıdır. Bu şekilde uygulandığı takdirde genleşmeye engel olmamak için

bağlantı vidasının çapının iki katı çapında delik açılmalı ve vida genleşmeyi engelleyecek biçimde çok sıkılmamalıdır. Ayrıca vida yuvasına su girmesini engellemek için özel geniş fitilli pullar ve silikon kullanılmalıdır.



Şekil 2.16 PC örtü malzemeleri ile PC kilitleme ve montaj profillerinin bağlantı detayı.

Polikarbonat levhalar çatı ışıklıkları (skylight), giriş saçakları, binalar arası geçiş tünelleri, yarı açık yürüme yolları, kapalı ve açılır yüzme havuzu çatıları, güneşlenme odaları, seralar, otopark ve otobüs durakları , spor salonu çatısı, iç bölme panoları bünyesinde, dekoratif amaçlı, doğrama bünyesinde cam yerine kullanılırlar.

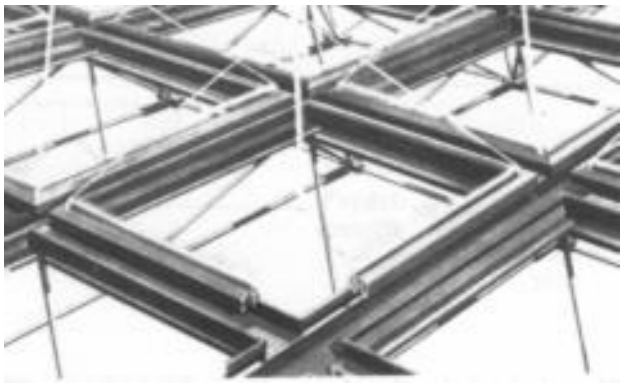


Şekil 2.17 PC örtü malzemeleri ile uzay kafes birleşimi.

Temel formları; tonoz, kubbe, piramit, kırma çatı, tek eğimli çatı (min %10 eğim) ve birleşik formlar olarak sıralanabilir.

Akrilikler- Polimetil methakrilat (PMMA)

Akrilik reçinesinin sıkıştırılması ile elde edilen yüksek ışık geçirgenliğine sahip termoplastik malzemelerdir.Akrilik levhalar naturel şeffaf veya opak beyaz renkte ve pek çok doku çeşidinde üretilebilmektedir. Normal çatılarda tek katlı, ısı yalıtımı istenen çatılarda iki katlı ve üç katlı (duvarlı) üretilirler.



Şekil 2.18 Alüminyum tabanlı akrilik ışıklık.

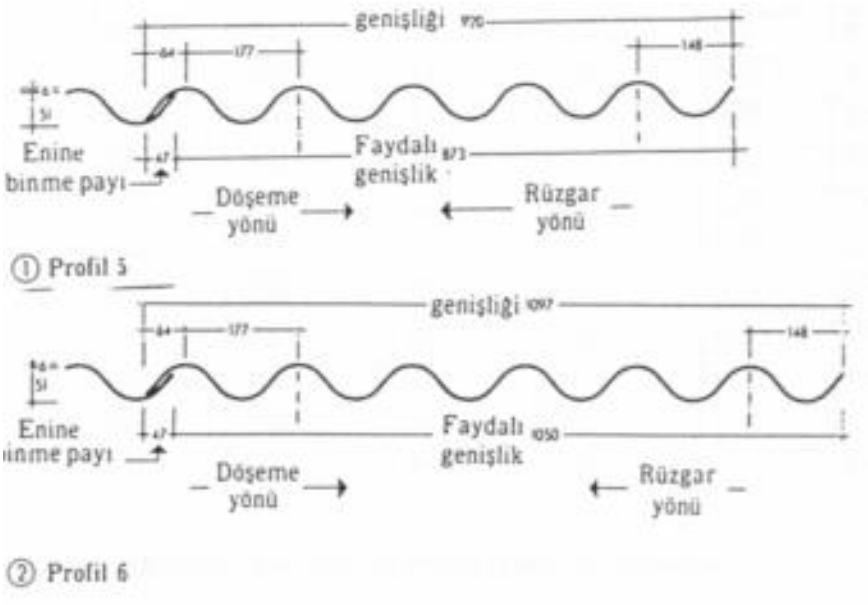
Akrilik levhalar sürtünme sonucu statik elektrik yüklenerek havadaki tozları çekerler. Bunu önlemek için her iki yüzü antistatik verniklerle kaplanmalıdır (SİREL,H.,1992).

Darbeye karşı yüksek dayanımları olmasına ve zor kırılmalarına karşın, kırıldıkları takdirde kesici parçalara ayrılırlar. Bu nedenle büyük açıklıkların örtülmesinde akrilikler kullanılırken bu hususa dikkat edilmelidir.

Cam Elyaf Takviyeli Plastikler

Cam elyafı ile takviye edilerek fiziksel mukavemet değeri artırılmış, doymamış polyesterden oluşan bir kompozit malzemedir (AVŞAR,1993).

İç ve dış etkenlere dayanıklı, kimyasal maddelerden etkilenmeyen, kırılma ve çatlama riskinin olmadığı, darbeler dayanıklı, esnek ve hafif olması nedeni ile montajı kolay bir kaplama türüdür. Ağır alt çatı konstrüksiyonları gerektirmediğinden çatı maliyetlerini asgari seviyede tutar.



Şekil 2.19 CTP oluklu levhaların enkesit görünüşleri.

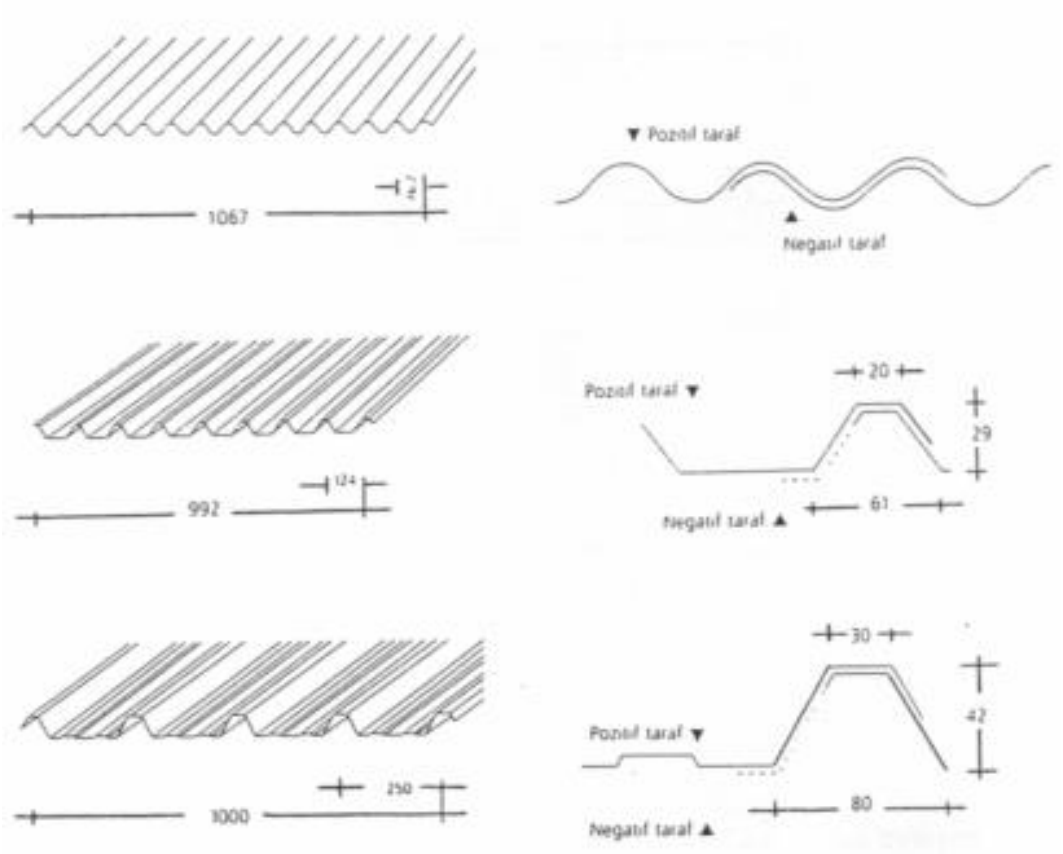
Uygulamada tek başına kullanılabildiği gibi alüminyum, onduline, galvanizli ve boyalı saç ile poliüretanlı çift kat sandviç sistem çatı örtülerinde de uygulanabilmektedir. Yüzey yaşlanmasına engel olmak için levhanın üst yüzeyine kaplanan özel film sayesinde uzun yıllar yüzeyde yıpranma ve renk değişikliği olmaz.

2.1.5.2. Metal Çatı Örtü Malzemeleri

Alüminyum

Parlak metal olan alüminyum, hafif metallerin en değerlisidir. Özgül ağırlığı, 2.7 gr/cm^3 olup kolayca levha duruma getirilebilmekte, ince tel halinde çekilebilmektedir (ERİÇ,1994).

Atmosfer koşullarında levha yüzeyinde çok ince bir oksit tabakası oluşur. Bu tabaka paslanmayı, yüzeyin toz tutmasını önler ve korozyona karşı direnç kazandırır.



Şekil 2.20 Metal profil çeşitleri.

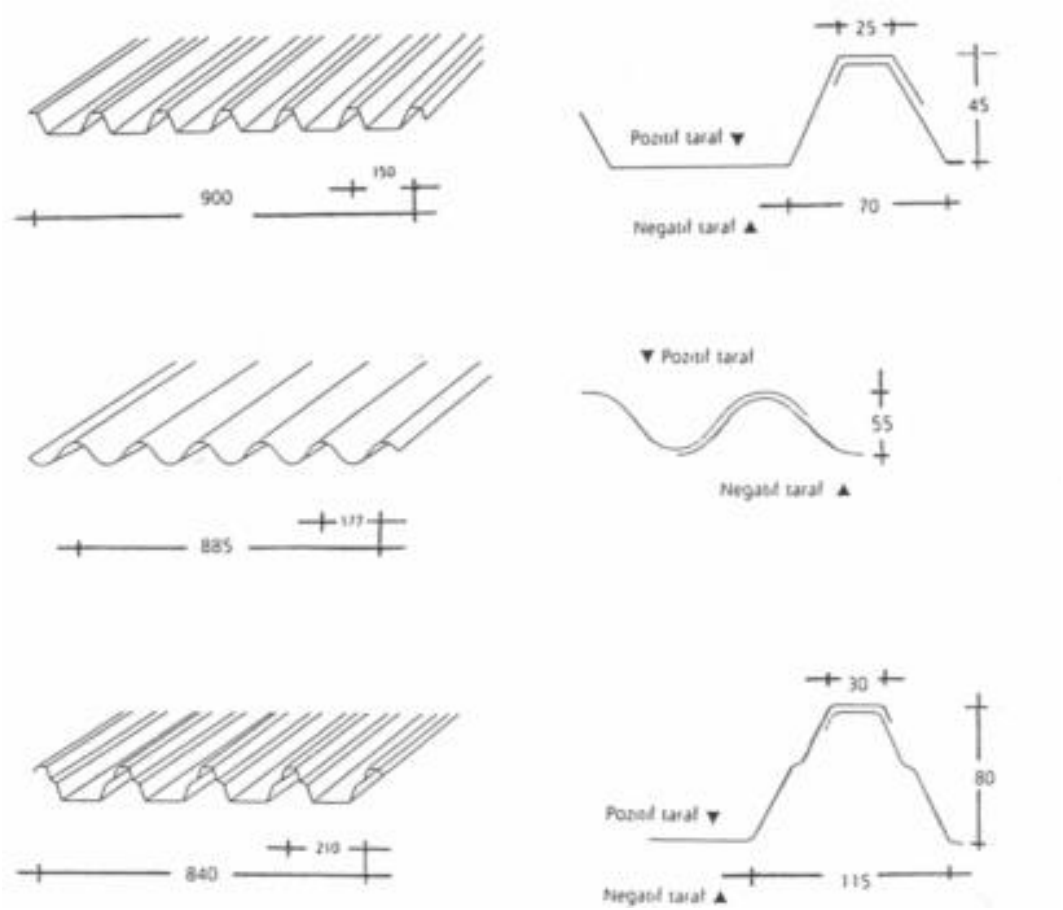
0.70 mm. kalınlığındaki bir levhanın ağırlığı 2.56 kg/m^2'dir. Bu nedenle levhanın istiflenmesi, nakliyesi ve montajı kolaydır. Hafifliği taşıyıcı sisteme gelen birim yükü azaltır ve inşaat maliyetini düşürür.Alüminyum hafif olmasına karşın normal inşaat çeliğine yakın mekanik mukavemet gösterir.

Alüminyum yüzeyi mat halde güneş ışınlarının %80'ini, parlak halde ise %95'ini yansıtabilme kabiliyetine sahiptir. Yüksek ısı iletkenliğine sahiptir. Alüminyum tutuşmayan bir malzeme olmasına karşılık diğer metallere oranla düşük bir erime sıcaklığına sahiptir.

Çelik

Alüminyuma göre daha ucuz daha mukavemetli olması nedeniyle çelik tercih edilebilir. Fakat çeliğin korozyona uğraması sakıncası vardır (WENZEL, 1978). Bu nedenle korozyona uğramayan başka bir metalle kaplanması gerekmektedir.

Galvaniz veya bünyesinde yüksek değerde çinko bulunan bileşiklerle örtmek çeliğin korozyona karşı dayanımını güçlendirmektedir (İZGİ,1975).



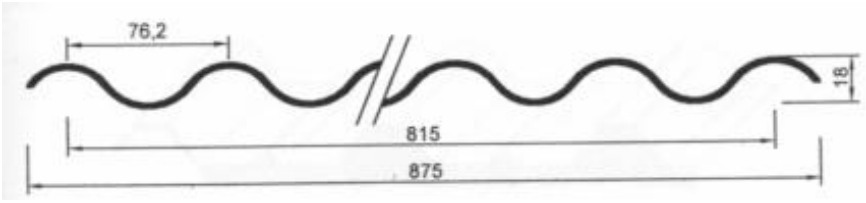
Şekil 2.21 Metal profil çeşitleri.

Çelik elemanlar birbirine kaynakla bağlandığında kaynak noktalarında galvaniz veya örtücü boyalar bozulur. Kaynaklama işleminden sonra bu noktalar ihmal edilmemeli ve üzeri antipas boya ile örtülmelidir.

Alüminyum ve çelik çatı örtüsü olarak oluklu, trapez ve sandviç panel gibi değişik formlarda kullanılır.

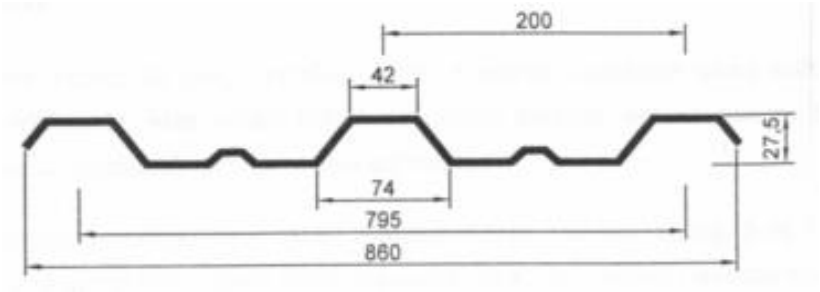
Oluklu Levhalar

Ortalama levha kalınlığı 0.30 mm. ile 1.25 mm., levha uzunluğu 1000 mm. ile 9500 mm., levha faydalı alan genişliği 815 mm.'dir.



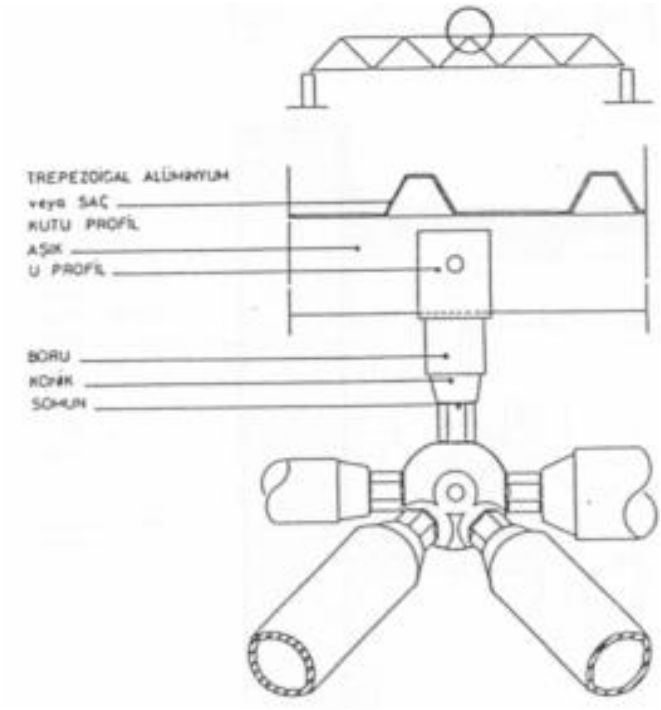
Şekil 2.22 Galvaniz oluklu levha.

Trapez Levhalar



Şekil 2.23 Galvaniz trapez levha.

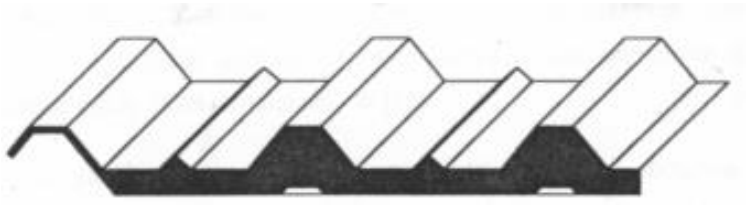
Alüminyum ve çelik levhalara boyuna trapezoidal kanal formu verilmekle levhaya yük taşıma ve açıklık geçme yeteneği kazandırılmakta, böylece alt kaplamaya gerek olmadan, hafif bir taşıyıcı aşık veya ızgaraya monte edilen kaplama sistemi oluşturulmaktadır.



Şekil 2.24 Trapezoidal çatı panelleri ile uzay kafes birleşim detayı.

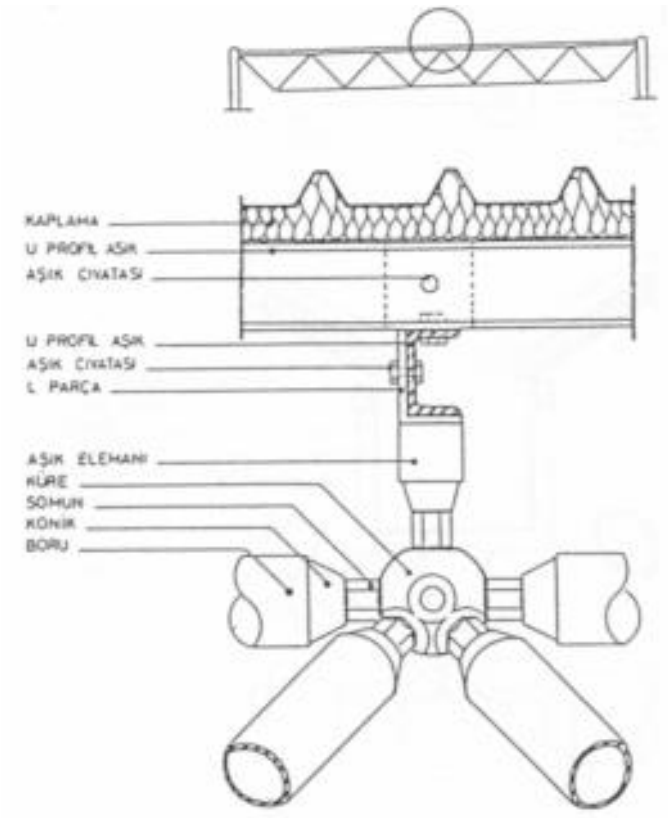
Ortalama levha kalınlığı 0.30 mm. ile 1.25 mm., levha uzunluğu 1000 mm. ile 12000 mm., levha faydalı alan genişliği 795 mm.'dir.

Sandviç Paneller



Şekil 2.25 Sandviç Panel kesiti.

İki kat metal (alüminyum, boyalı galvanizli saç veya %55 alüminyum-çinko kaplamalı saç) arasında enjekte edilmiş poliüretan dolgulu kompozit çatı örtüleri metal satıhların trapezlendirilmesi ile muhtemel yüzeysel burulmalara mukavim panellerdir.



Şekil 2.26 Poliüretan izolasyonlu sandviç çatı panelleri ile uzay kafes sistem birleşim detayı.

Çinko Levhalar

Çinko levhaların özellikleri; kalınlıkları 0.5 ile 0.95 mm. arasında değişir. Çatı kaplamalarında en çok 0.66 mm. ve 0.82 mm. kalınlıktaki çinkolar kullanılır. Çinkolar piyasada 0.8 x 2.0 m. veya 1.0 x 2.0 m. boyutunda tabakalar halinde satılır. Sıcak sudan, ıslak buhardan, SO_2 ihtiva eden endüstri havasından, tuz eriğiklerinden, bazlardan, asitlerden hasara uğrar.

Kurşun

Mavimsi esmer renkte, 11.3 yoğunluğunda, yumuşakça ve bükülgen, 327.3 °C'de eriyen bir maddedir. Kurşunun atmosfer etkilerinden dolayı okside olması yüzeyinde aşınmalara neden olur. Kolay şekil verilebildiğinden değişik çatılarda kullanılabilir.

Bakır Levhalar

Yüzdürme metodu ile zenginleştirilen cevher, fırınlarda kavrularak demir sülfür ile birlikte ergitilmekte ve elde edilen sülfür ve oksidin karşılıklı etkileri sonucu bakır, redüksiyona uğratılarak ham bakır elde edilmektedir. Bakır levhalar estetik ve dayanıklıdır. Kalınlıkları 0.5 ile 1.3 mm., ağırlıkları 5 ile 13 kg. arası değişir. Genelde 1.0 x 2.0 m. boyutlu levhalar halinde satılırlar. Bakırın kırmızı rengi kısa zamanda paslanarak yeşile döner ve çok güzel bir renk alır.

2.1.5.3. Cam Çatı Örtü Malzemeleri

Camlar yüksek ısıda bile yüksek bir ağdalığa (viskozite) sahip olup normal ısıda kristalleşmeden katılaşan, katı cisimlerin mekanik özellikleri yanında sıvı cisimlerin özelliklerini de gösteren inorganik esaslı bir silikat sistemidir. Camın ana maddesi saydamlık özelliğini sağlayan, amorf bünye içinde erimiş ve dağılmış durumda bulunan SiO_2 (silisyum dioksit)'tir (ERİNÇ,1978).

Camlar amorf iç yapılı, özellikle mekanik, kimyasal, atmosfer etkilerine ve ısı değişkenliklerine yüksek dayanımlı, ışığı düzgün kırma özelliğine sahip, güneş

radyasyonuna geçirimli saydam yapı malzemeleridir. Cam örtülerin darbeye dayanıksız olması, ısıyı koruyamaması ve temizlik gerektirmesi gibi olumsuz yönleri de vardır.

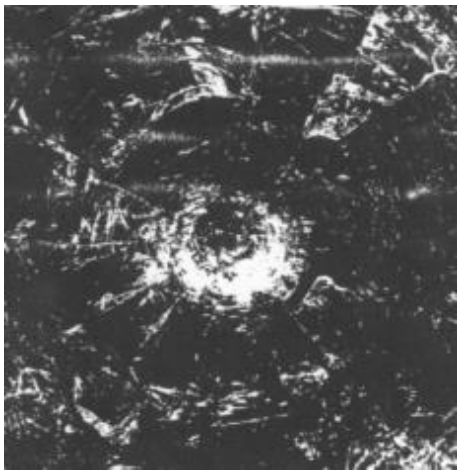
Çatı örtü malzemesi olarak kullanılan cam yapı malzemeleri; düz camlar ve emniyet camları olarak iki başlıkta incelenebilir.

Düz Camlar

Düşey ve yatay çekme tekniğiyle elde edilen ve yüzeyine hiçbir mekanik işlem uygulanmayan cam türüdür (TOYDEMİR, 1990). Adi cam olarak da bilinirler.

Emniyet Camları

Emniyet camları genel anlamda basınç, darbe ve ısıl kırılma risklerine karşı ısıl işlemli camlardır. Kırılmanın en az düzeyde olması ya da kırılma sonucu parçalanıp dökülmemesi ve camın kırılması halinde insana zarar vermesinin önlenmesi çatı örtüsü sisteminde öncelikle düşünülmesi gereken noktadır.



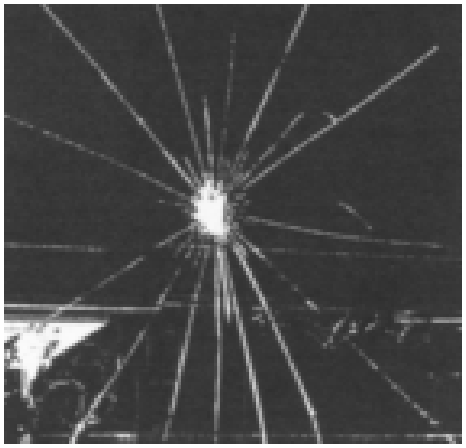
Şekil 2.27 Temperlenmiş yapıda emniyet camları (şişecam ürün kataloğu).

Özel ısıl işlemler, darbe, basınç ve ısıl gerilmelere karşı direnci arttırır. Temperli camlar, kırılma halinde küçük ve yuvarlak parçalara ayrılarak yaralanmaların önlenmesinde etkili olan bir üründür. Temperleme işlemi camın diğer özelliklerini değiştirmeksizin, darbe ve basınca karşı cam direncini yaklaşık 4-5 kat

arttırır. Kullanım amaçlarına göre renkli, renksiz, yansıtıcı, desenli, buzlu ve emaye baskılı camlar olabilir.

Kısmi temperlenmiş camlar ise, kırıldığı zaman büyük parçalara ayrıldığı için emniyet camı olarak değerlendirilmemesine karşın, camın direncini iki kat arttırır. Bu camların standart kalınlıkları 3mm. ile 6 mm. arasındadır.

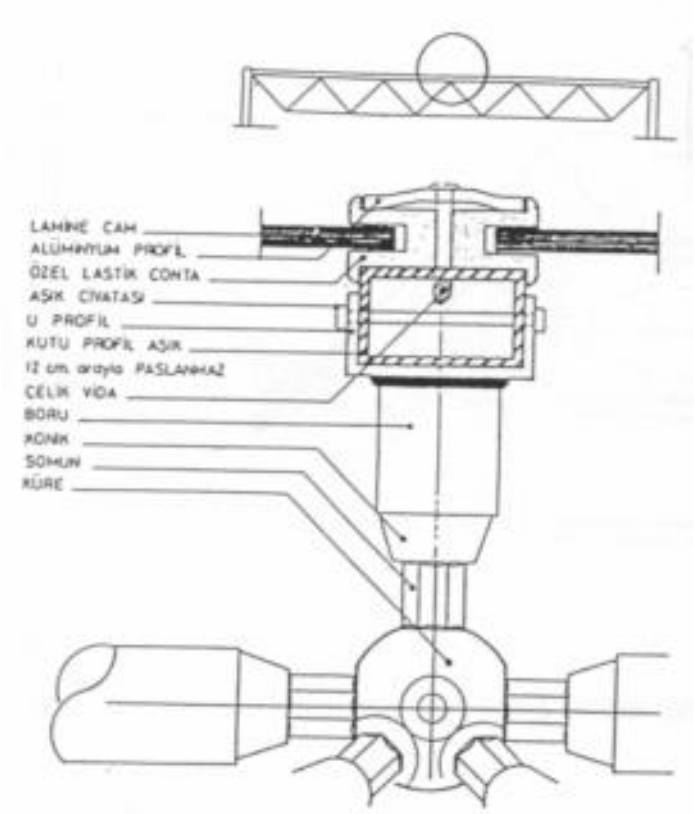
Temperleme işleminden sonra camların üzerinde herhangi bir kesim, kenar ve yüzey işlemi yapılmaz. Bu nedenle kesim ölçüleri temperleme işleminden önce belirlenmelidir.



Şekil 2.28 Lamine güvenlik camı (şişecam ürün kataloğu).

Lamine cam, özel şeffaf bağlayıcı tabakalar yardımıyla 2 veya daha fazla cam plakanın ısı ve basınç altında kaynaştırılması ile üretilir. Kırılma sonrasındaki cam saçılmaları ve cisimlerin geçişine karşı direnci nedeniyle hem insan sağlığı hem de güvenlik için tercih edilir bir üründür (Şekil 2.28).

Telli camlar, yapımı sırasında krom ve nikel ile alaşım yapmış tellerden oluşan metal ağın bünyesi içerisine yerleştirilmesi ile elde edilen camlardır. Bu tür camlarda güvenlik metal ağın sıklığına bağlıdır (TOYDEMİR, 1990).



Şekil 2.29 Lamine cam levhalar ile uzay kafes birleşim detayı.

2.1.5.4. Mimari Tekstil Çatı Örtü Malzemeleri

Cam elyafı ve silikon alaşımından üretilmiş, ışık geçirgen malzemesiyle tasarım ve uygulamalarda kalıcı organik formlar geliştirmeye olanak sağlar. Sert doğa koşullarından etkilenmeyen, hafif konstrüksiyon gerektiren, esnek ve kalıcı yapısı ile büyük açıklıkların küçük kesitlerle geçilmesini sağlarlar.

Mimari tekstil ürünleri izotrop ve dokusal membranlar olmak üzere iki grupta incelemek olanaklıdır.



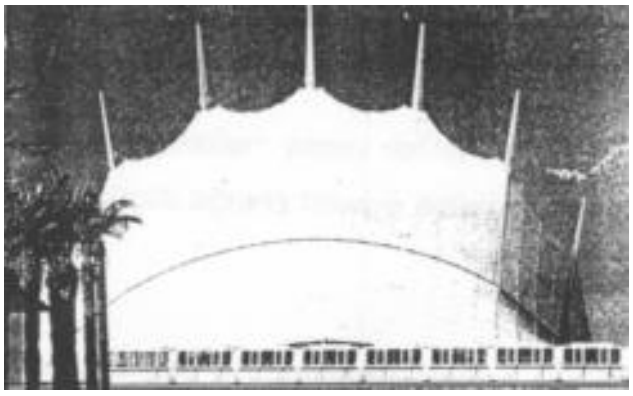
Şekil 2.30 Mimari tekstil örtüsünün kullanıldığı bir sergi binası.

İzotrop membranlar,

Yapay foliler, kafes foliler ve metal membranlardan oluşmaktadır.

Yapay foliler, polyester, polietilen ve polivinilklorid gibi maddelerden oluşturulmaktadır. Çekme mukavemetleri 3-20 kg/mm^2 olup 50 m. açıklığa kadar kullanılmaktadır. Şeffaf ve renkli olarak üretilebilen bu membranlarda bağlantı noktaları oluşturulurken kaynak ve yapıştırma gibi yöntemler uygulanmaktadır.

Kafes folilerin hammaddeleri yapay folilerin aynıdır. Bu membranların bünyeleri, teller ve küçük ağlarla takviye edilerek yırtılmaya karşı dirençleri arttırılmaktadır.



Şekil 2.31 PVC esaslı mimari tekstil örtüsünün kullanıldığı bir sergi binası.

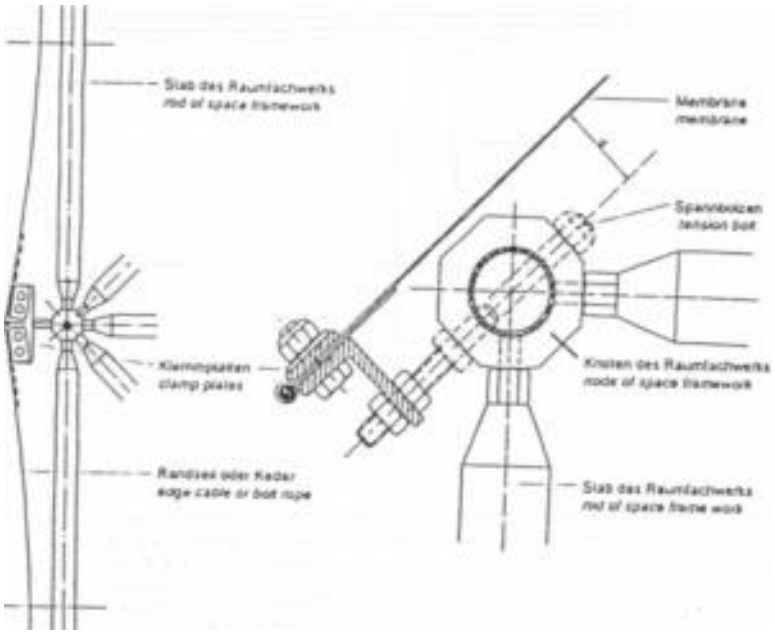
Metal membranların içinde en dayanıklı olanları, çelik ve alüminyumlardır. Çekme mukavemetleri 90 kg/mm^2'ye kadar değişen bu membranların bağlantı noktalarında, kaynak yapıştırma ve vidalama yöntemleri uygulanmaktadır.

Dokusal Membranlar,

Doğal ve yapay liflerden oluşturulan dokusal membranlar, esnek olduklarından, gerilmeleri kolaylıkla dengeleyebilmektedir. Doğal, yapay ve camsı dokular olmak üzere üç türde üretilmektedir.

Doğal dokular, pamuklu liflerden üretilmekte, bu dokular nemli ortamlarda buruşmakta ve kuru ortamlarda genişlemektedir. Ağırlıkları 0.150-1.000 kg., mukavemetleri ise 500-5000 kg/m^2'dir. Kalınlıklarına ve hava koşullarına göre dayanıklılıkları 1-5 yıl arasında değişmektedir.

Yapay dokular, polivinil, polyester, poliakril grubu yapay liflerden üretilmektedir. Sağlam olmaları nedeniyle en çok dokunan membranlardır. Çekme mukavemetleri ve ağırlıkları doğal dokularla aynıdır.



Şekil.2.32: Mimari tekstil çatı örtüsünün uzay kafes sistem üzerinde uygulanışı.

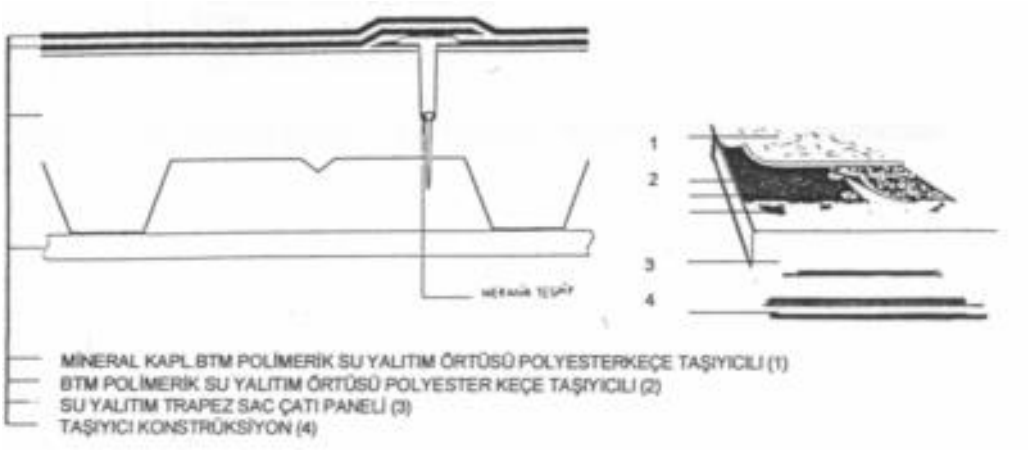
Cam dokular, mineral liflerden üretilmektedir. Çok az kırılma ve gerilme gösterdiklerinden metal membranlara benzerler. Bu dokular ultraviyole ışınlarından zarar görmemelerine karşın su buharından büyük ölçüde etkilenmektedir. Genişlemelerinin az olması biçimsel yer değiştirmeleri önler.

Pamuklu liflerden oluşturulan doğal dokularda su geçirimsizliğinin sağlanması için genellikle asetik asit emdirilir; fakat bu işlem hava ve su buharını geçirir.

Camsı ve yapay lifli dokuların su geçirimsizlikleri, dokuların iç yüzeylerinin plastikle kaplanmasıyla veya plastik banyolarına batırılmaları sonucu sağlanır. Bu banyolar poliüretan, PVC, yapay kauçuk, polyester, parafin ve bitüm gibi su geçirimsiz maddeleri içerir. Bu kaplamaya ek olarak ultraviyole ışınlarına karşı buharla alüminyum kaplanır (BAYÜLGEN, 1988).

2.1.5.5. Bitüm Esaslı Çatı Örtü Malzemeleri

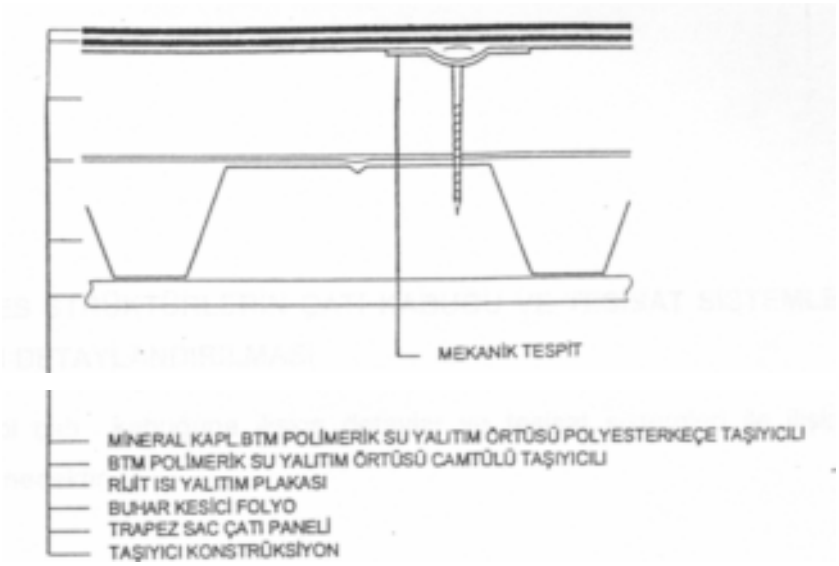
Ham petrolün rafineride damıtılması sonucu elde edilen bitüm, ısıtılınca akışkan hale geçen katı kıvamlı bir petrokimya ürünüdür. Bitüm, su geçirimsizliği özelliği nedeniyle kullanılan, bilinen en eski yapı malzemesidir. Bitümlü örtüleri taşıyıcı, kaplama bitümü ve yüzey kaplaması olarak üç şekilde uygulanmaktadır.



Şekil 2.33 Bitümlü örtülerin uygulanış şekilleri.

Alüminyum Folyo Kaplı Plastomerik Bitümlü

Üzerindeki folyo sayesinde ultraviyole ışınlarından etkilenmez, dilatasyonlarda veya yapılarda olabilecek çatlaklarda su yalıtım özelliğini korur, esnektir. Sıcağa dayanıklıdır ve her türlü yüzeye çok iyi yapışır. Kubbe ve tonozlu çatılarda, ikinci kat olarak uygulanır.



Şekil 2.34 Bitümlü örtü uygulama detayı.

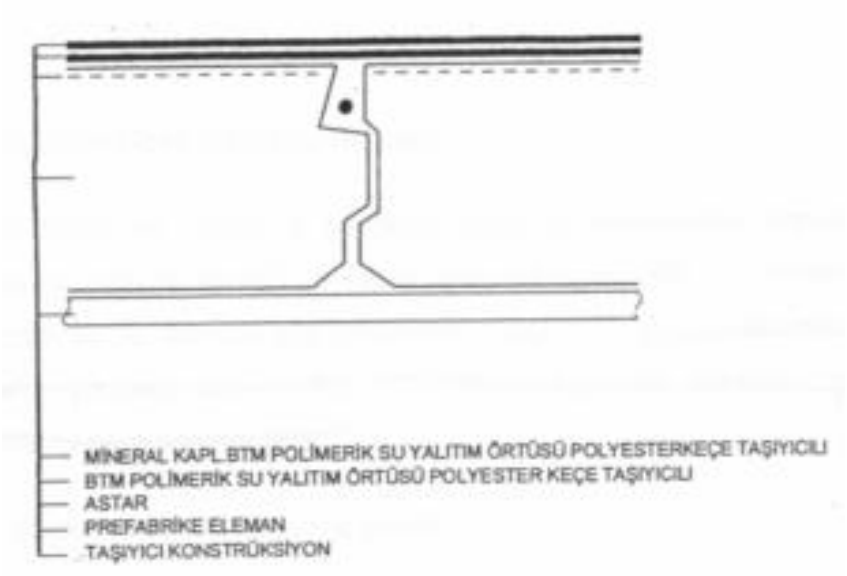
Arduvaz Kaplı Elastomerik Bitümlü

Arduvaz minerali ultraviyole ışınlarından etkilenmez, başka bir koruma yüzeyi gerektirmez. Değişik renk alternatifleri ile dekoratif bir örtüdür. Dilatasyonlarda veya yapılarda olabilecek çatlaklarda yalıtım özelliğini korur, esnektir. Her türlü yüzeye kolaylıkla yapışır. Gezilemeyen teras çatılarda, eğimli çatılarda, kubbe ve tonoz çatılarda, ısı farklılıklarının fazla olduğu soğuk iklim şartlarında ikinci kat olarak uygulanır.

Arduvaz Kaplı Plastomerik Bitümlü

Arduvaz minerali ultraviyole ışınlarından etkilenmez, başka bir koruma yüzeyi gerektirmez. Dilatasyonlarda veya yapılarda olabilecek çatlaklarda yalıtım özelliğini korur, esnektir. Değişik renk alternatifleri ile dekoratif bir örtüdür. Her

türlü yüzeye kolaylıkla yapışır. Gezilemeyen teras çatılarda, eğimli çatılarda, kubbe ve tonoz çatılarda, ikinci kat olarak uygulanır.



Şekil 2.35 Bitümlü örtülerin prefabrike elemanlar üstüne uygulanması.

Polietilen Kaplı Polimerik Bitümlü

Dilatasyonlarda veya yapılarda olabilecek çatlaklarda yalıtım özelliğini korur, esnektir.Soğukta çatlamaz, sıcakta erimez, ısıya dayanıklıdır. Her türlü yüzeye kolaylıkla yapışır. Teras çatılarda, eğimli çatılarda kullanılır.

Polietilen Kaplı Elastomerik Bitümlü

Dilatasyonlarda veya yapılarda olabilecek çatlaklarda yalıtım özelliğini korur, esnektir.Soğukta çatlamaz, sıcakta erimez, ısıya dayanıklıdır. Her türlü yüzeye kolaylıkla yapışır. Esneme kabiliyetinin çok yüksek olması nedeniyle her türlü konstrüksiyon çatılar için idealdir. Özellikle soğuk iklimlerde dayanımı yüksektir. Prefabrik elemanlı çatılarda, teras çatılarda ve eğimli çatılarda kullanılır.

2.2. UZAY KAFES SİSTEMİN GEOMETRİSİ

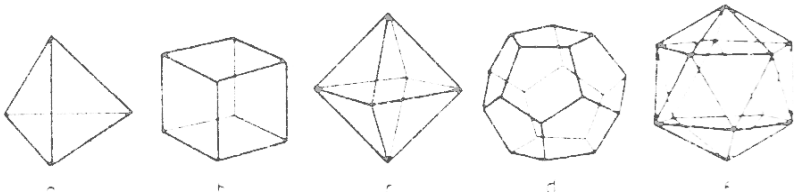
2.2.1.GELİŞİM SÜRECİ

Her nesnel öğenin bir biçimi vardır. Geometrik açıdan biçimler köşe, kenar ve yüzeyler topluluğudur. Köşe, kenar ve yüzeyler üç boyutlu, iki boyutlu ve tek boyutlu öğelerin kesişmeleri olarak tanımlanabilir. Bu kesişmeler boyutları kapalı (sınırlı) ve açık (sınırsız) bölgelere ayırır. Yüzeysel kapalı bölgeler, poligonlar (çokgenler) ve eğrisel yüzeyli biçimlerdir. Uzaysal kapalı bölgeler, polihedronlar (çokyüzlüler), prizmalar ve eğrisel yüzeyli biçimlerdir.

Hem düzlemin hem de uzayın belirli bir dizgeselliği vardır. Bu dizgeselliğin yasaları üç boyutlu, iki boyutlu ve tek boyutlu modüler birimlerin kümelenme permütasyonu ile sağlanabilir. Bir düzlem üzerinde eşit aralık ve açılarla yinelenen doğrular belirli noktalarda kesişerek ardışık yinelenen modüler poligonlar oluşturur. Eşlenik oluşum, iki boyutlu kapalı bölgelerde olduğu gibi üç boyutlu kapalı bölgelerde de vardır.

2.2.1.1.Temel Polihedronlar

Uzay kafes sistemin incelenmesi işlemine, modüler birimlerin paketlenme olasılıklarının araştırılmasıyla başlanabilir. Modüler küreler birbirine eşdeğer konumda teğet olmak koşulu ile boşluk içerisinde ancak beş türlü küme oluşturabilmektedir. Bunlar dört küre, altı küre, sekiz küre, oniki küre ve yirmi kürenin teğet konumdaki kümeleridir. Bu kümelerdeki küre odaklarını birleştiren doğru parçalarının oluşturduğu kapalı bölgeler, "*temel çokyüzlüler*" ya da "*platonik polihedronlar"* olarak bilinmektedir. Bunlar, dört teğet küre tetrahedron (dörtyüzlü), altı teğet küre heksahedron (altıyüzlü), sekiz teğet küre oktahedron (sekizyüzlü), oniki teğet küre ikosahedron (onikiyüzlü) ve yirmi teğet küre dodekahedron (yirmiyüzlü) şeklinde sıralanmaktadır.

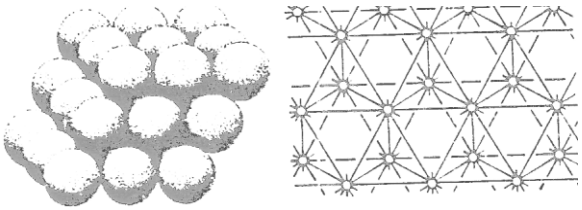


Şekil 2.36 Temel polihedronlar.

Eşkenar üçgen, kare ya da düzgün beşgen yüzeylerden oluşan her bir temel polihedronun tepe ve kenar birleşimleri kendi içlerinde eşdeğer durumdadır. Buna göre eşkenar üçgen yüzeyler, her bir tepe noktasında üçer üçer birleşerek tetrahedronu, dörder dörder birleşerek oktahedronu, beşer beşer birleşerek ikosahedronu oluşturur. Kare yüzeyler kapalı bölgenin her bir tepesinde üçer üçer birleşerek kübü (heksahedron) oluşturur. Düzgün beşgen yüzeyler her bir tepe noktasında üçer üçer birleşerek dodekahedronu oluşturur.

2.2.1.2. Uzay Paketlenmeleri

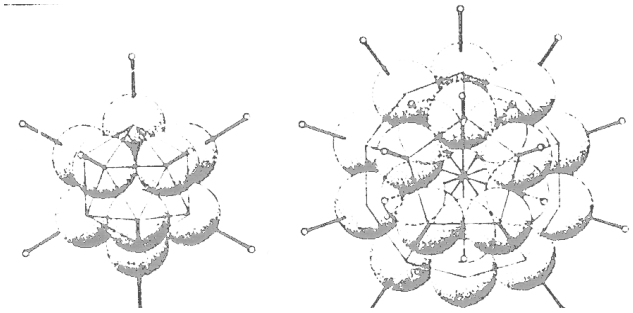
Üç boyut doğrusal, yüzeysel ve uzaysal modüler birimler aracılığı ile belirli ilkeler doğrultusunda koordine edilebilirler. Koordinasyonun ortaya çıkarılabilmesi için yine beş temel polihedrondan yararlanılabilir. Boşluk içerisindeki doğrusal örgütlenmeler, yüzeysel ve uzaysal koordinasyonu da koordine etmektedir. Üç doğrulu ve dört doğrulu koordinasyonlar tetrahedron, heksahedron ve oktahedronun kenar doğrultularını ve bu doğrular arasında kalan yüzey ve uzay parçalarını ve bunlara ilişkin köşegenlerin eşit aralıklı dizgeselliğini sağlamaktadır.



Şekil 2.37 Tetrahedron-oktahedron paketlenmesi.

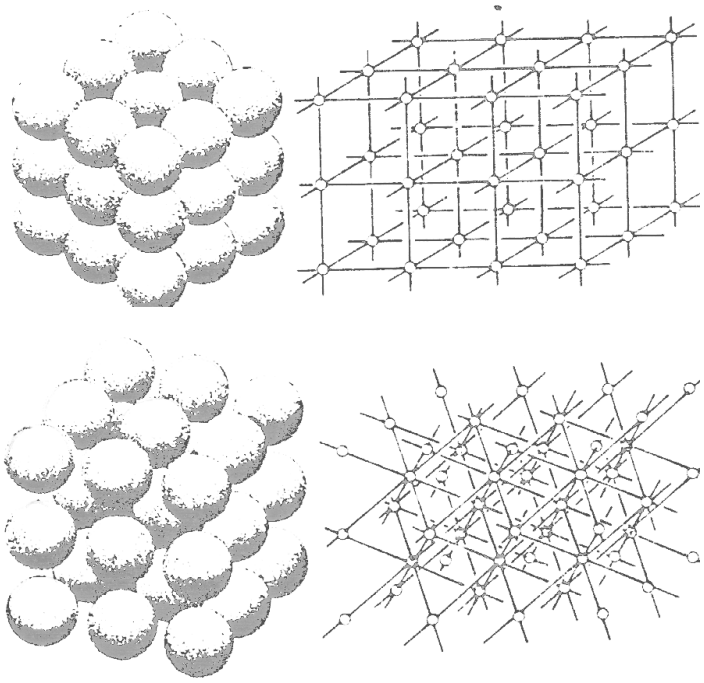
Altı doğrultulu ve on doğrultulu koordinat dizgeleri dodekahedron ve ikosahedronun kenar doğrultularını ve bu doğrultular arasında kalan yüzey ve uzay parçalarını ve bunlara ilişkin köşegenlerin düzenini koordine eder. Bu tür

koordinasyonlarda kesişmeler sonucu oluşan ardışık bölgeler arasında $(1+\sqrt{5})/2$ oranı (altın oran) bulunmaktadır.



Şekil 2.38 Dodekahedron ve ikosahedron paketlenmesi.

Üç doğrultulu koordinasyonda ortaya çıkan kübik boşlukların yüzey köşegenleri bir başka altı doğrultulu dizge oluşturur. Bu dizge öteki polihedron dizgelerinden değişik olarak tek tür boşluk yerine tetrahedron ve oktahedron olmak üzere iki tür polihedronu birlikte paketler.



Şekil 2.39 Kübik paketlenmeler.

2.2.2. UYGULAMA BİÇİMLERİ

Uzaysal taşıyıcılar üç boyuta yönelmiş çelik çubuklarla meydana getirilmiş ızgaralı bir dokuya sahip yapıları aracılığı ile tekil kuvvetlerin etkisini bütün bir sisteme yayma ilkesine göre çalışırlar. Uzay sistem, homojen bir yük dağılımı ilkesine sahiptir. Oldukça karmaşık statik hesapların bugün elektronik hesaplayıcılarla yapılabilmesi, standardizasyon ve prefabrikasyon alanlarındaki gelişmeler bu tür strüktürlerin uygulanmasının yayılmasını hızlandırmaktadır.

Uzay taşıyıcıları temel formları yönünden üç grupta incelenebilir;

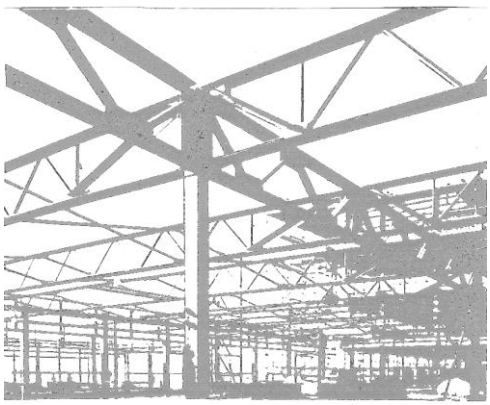
- Düzlem uzay kafes strüktürler,
- Tek eğrilikli (tonozsal) uzay kafes strüktürler,
- Çift eğrilikli (kubbesel) uzay kafes strüktürler.

2.2.2.1. Düzlem Uzay Kafes Strüktürler

Düz yüzeysel uzay taşıyıcıları tek veya aralarında belirli bir açıklık bulunan birden fazla ızgaradan oluşmakta ve buna göre “tek tabakalı” ve “çift tabakalı” olarak adlandırılmaktadır.

Tek tabakalı (başlıklı) uzay kafes strüktürler, düz bir yüzeyde, dik, dar ve geniş açılarla kesişen taşıyıcı elemanlardan oluşan uzay taşıyıcıların en ilkel şeklidir. Ancak katlanmış yüzeyler veya şedli çatılar şeklinde kullanıldıklarında tek katlı sistemlerde kuvvetlerin düzlemde yayılmasından dolayı üç yönlü bir sistemden bahsedilemez.

Tek başlıklı sistemler, genelde eğilme momenti alırlar. 15 m. açıklığa kadar ekonomiktirler.



Şekil 2.40 Tek başlıklı uzay kafes strüktür.

Çift tabakalı (başlıklı) uzay kafes strüktürler, aynı alana sahip olması gerekmeyen, çubukların oluşturduğu iki düzlemin, aralarında belirli bir açıklık kalacak şekilde düğüm noktalarından çubuklarla bağlanması ile elde edilmiş sistemlerdir. Gerçek anlamda uzaysal çalışma gösteren bu strüktürler, katlardaki taşıyıcı elemanların yönleri bakımından iki doğrultulu ve üç doğrultulu sistemler olarak ikiye ayrılırlar. Bu sistemlerde eksenel kuvvetler oluşmaktadır. 100 m.' nin üzerindeki açıklıklarda bile kullanılmaktadır.

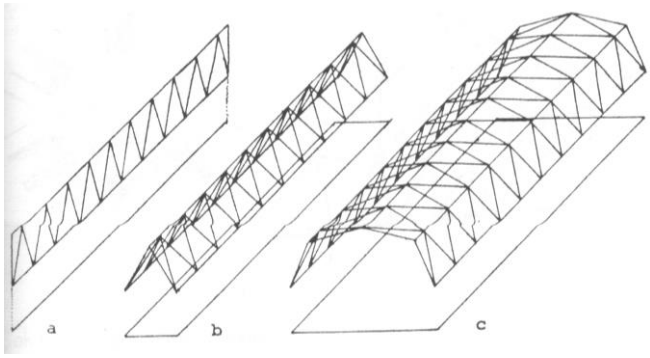


Şekil 2.41 İki doğrultulu uzay kafes strüktür.

İki doğrultulu sistemler, birbirini kesen iki doğrultuda elemanlardan oluşmakta ve aralarında kare tabanlı piramitler meydana gelmektedir.

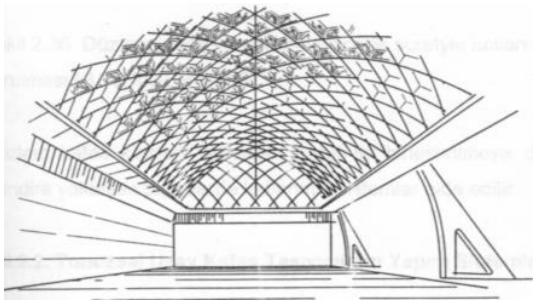
Üç doğrultulu sistemlerde ise, düzgün dörtyüzlü ve düzgün sekizyüzlü formları ile belirlenen modülasyona uygun olarak düzenlenmiş uzay paketlenmeleri esastır.

2.2.2.2. Tek Eğrilikli (Tonozsal) Uzay Kafes Strüktürler



Şekil 2.42 Tek eğrilikli uzay kafes sistemin oluşma süreci.

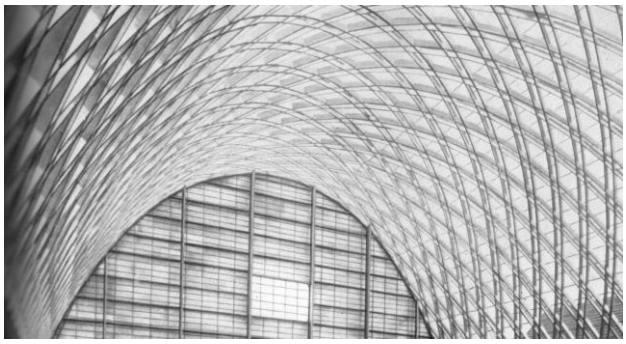
Çelik tonozlar, çubuklardan meydana gelen boşluklu bünyeye sahip bir kabuğu andırırlar. Genel olarak silindirik tonozlarla "mansard", "fenerli" veya "şedli" tonozlarda 30 m. 'ye kadar olan açıklıklarda basit çubuklar veya boru profiller, daha büyük açıklıklarda ise birleşik çubuklar ve profiller kullanılmaktadır.



Şekil 2.43 Tek eğrilikli uzay kafes strüktür (SİEGEL, 1960).

Tek yönde eğrilikli tek başlıklı tonozlar rijitleştirici kirişler kullanılarak 40 m.' ye kadar, çift başlıklı tonozlar ise 120 m.'nin üzerindeki açıklıkları kolaylıkla geçebilmektedir.

Tonozsal taşıyıcıların uygulama biçimleri incelendiğinde konstrüktif yapıları bakımından çok çeşitlilik göstermektedirler.



Şekil 2.44 Lamella sistemin ilk örneği: Almanya'da hangar binası.

Lamella sistemi, baklava dilimi şeklinde örgü yüzeyine sahip olan çok sayıda yassı levhadan meydana gelmiştir. Silindir, parabol, küre, torus veya hiperbolik paraboloid biçiminde uygulanabilir. Düz yüzeyli çatı konstrüksiyonunun stabilitesi, kirişlerin aralarında eşkenar dörtgenler meydana getirmek üzere dilimler şeklinde bulonlanmaları suretiyle sağlanır. Düğüm noktaları detayları vida ve saç levhalardan meydana gelir. Kalifiye işçi gerektirmez ve şantiyede kolayca uygulanır.



Şekil 2.45 Üç üçgen çubuk sistemi.

Üç Üçgen Çubuk sistemi, eşit uzunluktaki çubuklar, çapraz diyagonaller ve düğüm noktalarından meydana gelir ve SDC sistemine benzer. Konstrüksiyon hafiftir; kabuk, kar ve rüzgar yüklerine de dayanıklıdır. İlk uygulaması 1935 yılında Prof. Toroja tarafından yapılan Frantin Rcaktas binasında olmuştur.



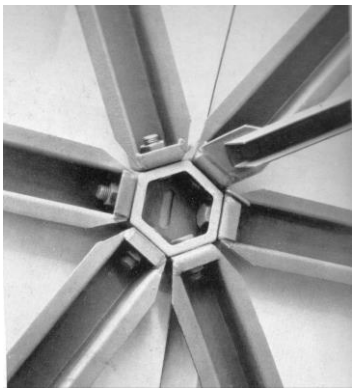
Şekil 2.46 Blumfield sistemi.

Blumfield sistemi, İngiltere'de aralarına beton doldurularak uygulanan "hafif kabuk" tonozların yanı sıra "çelik kafes kabuk" adı verilen bu çelik tonoz türü geliştirilmiştir. Bu sistemde çelik borular ve hafif profiller yardımıyla yük tüm kabuğa yayılır. Kare biçiminde dilimlerden meydana gelen sistemi çekme gerilmesine karşı çapraz konumlandırılmış diyagonaller korur.



Şekil 2.47 hafif kabuk.





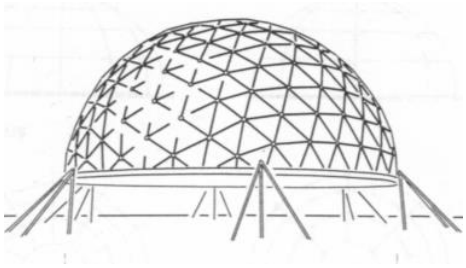
Şekil 2.48 Wuppermann sistemi ve detayı.

Wuppermann sistemi, eşit boyda altı adet prefabrike çelik çubukların her düğüm noktasında civatalanmaları suretiyle birleştirilmesiyle elde edilir. Bu sistem, Almanya' da genelde hangar, istasyon ve garaj yapılarında uygulanmıştır. Prefabrike oluşu ve uygulama kolaylığı bu sistemi rakipsiz kılmıştır.



Şekil 2.49 Tonozsal uzay kafes strüktür.

2.2.2.3. Çift Eğrilikli (Kubbesel) Uzay Kafes Strüktürler



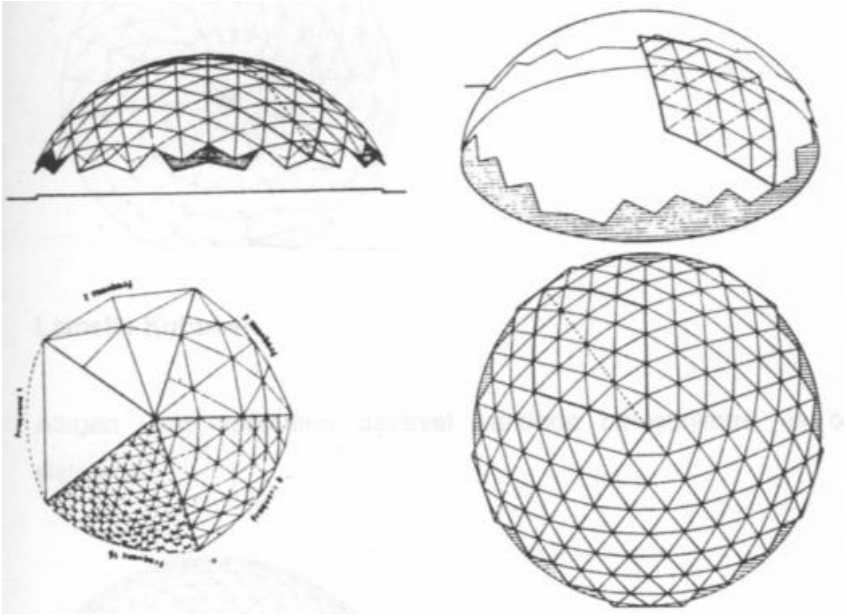
Şekil 2.50 Kubbesel uzay kafes strüktür (SIEGEL, 1960).

Çelik kubbeler, kubbeyi oluşturan dönel yüzey üzerinde bulunan taşıyıcı parçalardan veya düğüm noktaları bu yüzey üzerinde bulunan düzgün doğrusal elemanlardan meydana gelmektedir. Kuvvetlerin tüm mekana yayılmasına olanak sağlayan kubbesel taşıyıcılar, konstrüktif yapıları yönünden çeşitli gruplara ayrılırlar. Bunlar;

- Lattice,
- Schwedler,
- Lamella,
- Kiewitt,
- Ribbed,

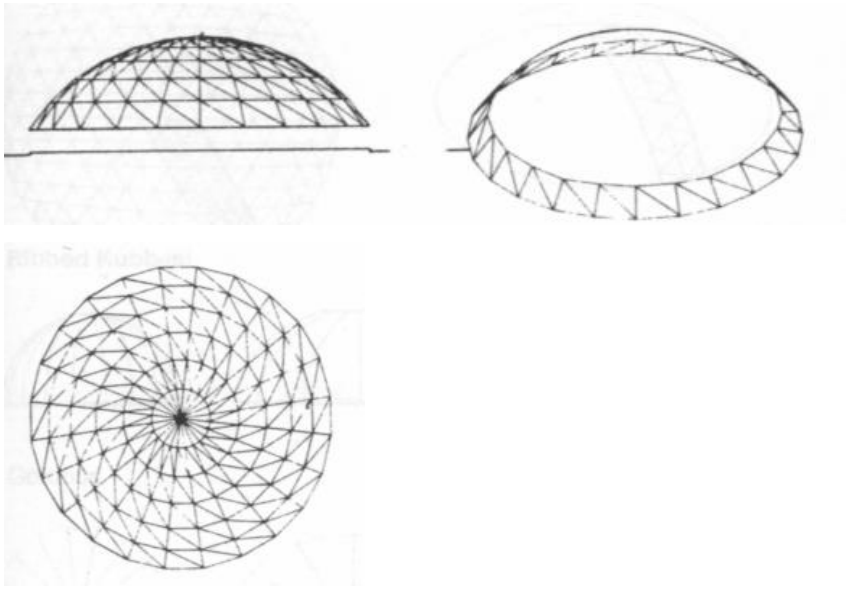
- Zimmermann,
- Çerçeve,
- Jeodezik,
- Network,
- Tek tabakalı, iki-üç doğrultulu,
- Çift tabakalı, iki-üç doğrultulu,

kubbeler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu kubbelerden bir kısmı, düğüm noktaları tek bir yüzey üzerinde bulunacak şekilde tek tabakalı, bir kısmı ise düğüm noktaları, merkezleri, ortak dönel iki yüzey üzerinde bulunacak şekilde iki tabakalıdır. Gerçek uzay sistem olarak kabul edilebilecek olan kubbeler, tek ve çift tabakalı, iki ve üç doğrultulu kubbelerle jeodezik kubbelerdir.



Şekil 2.51 Jeodezik Kubbelerin plan ve görünüşleri.

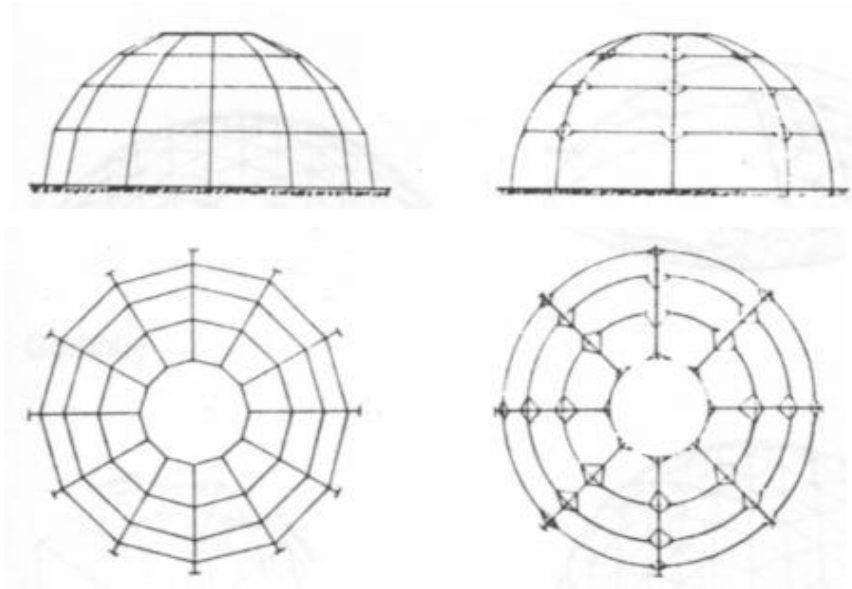
Buckminister Fuller'in geliştirdiği *jeodezik kubbeler*, küre yüzeyinin "frekans" diye tanımlanan modüllere bölünmesiyle elde edilen formlara bağlı olarak meydana gelmiştir. Küre yüzeyinin altıgenlere bölünmesi suretiyle kurulan tek katlı sistemlerde, mafsallı çubuk birleşmelerinin doğurduğu stabilite güçlüğüne karşı Fuller iki katlı sistemleri gerçekleştirmiştir.



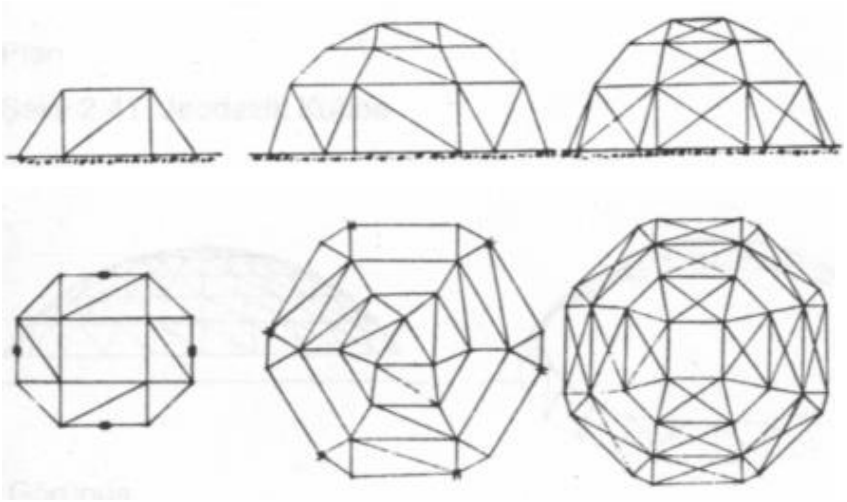
Şekil 2.52 Schwedler Kubbelerin plan ve görünüşleri.

Bir diğer kubbe türü olan Schwedler kubbesi kırıklı nervürler, kırıklı halkalar, rijitleştirici diyagonaller ve çubuklar arasındaki yüzeysel elemanlardan oluşmaktadır. Kırılmalar düğüm noktalarındadır. Yüzeysel elemanlar kuvvetleri çubuklara, çubuklar da düğüm noktalarına aktarırlar.

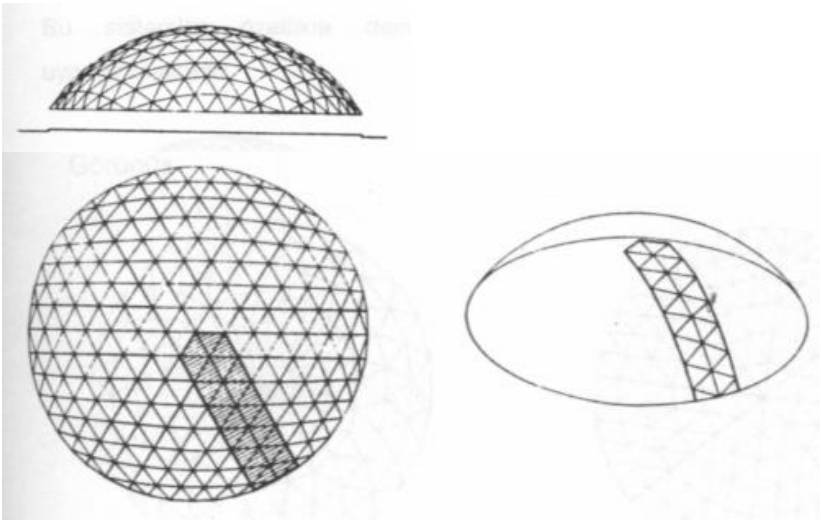
İki yönde eğrilikli tek başlıklı kubbeler 50 m.' ye kadar, çift başlıklı kubbeler ise 200 m.' ye kadar açıklıkları geçebilmektedir.



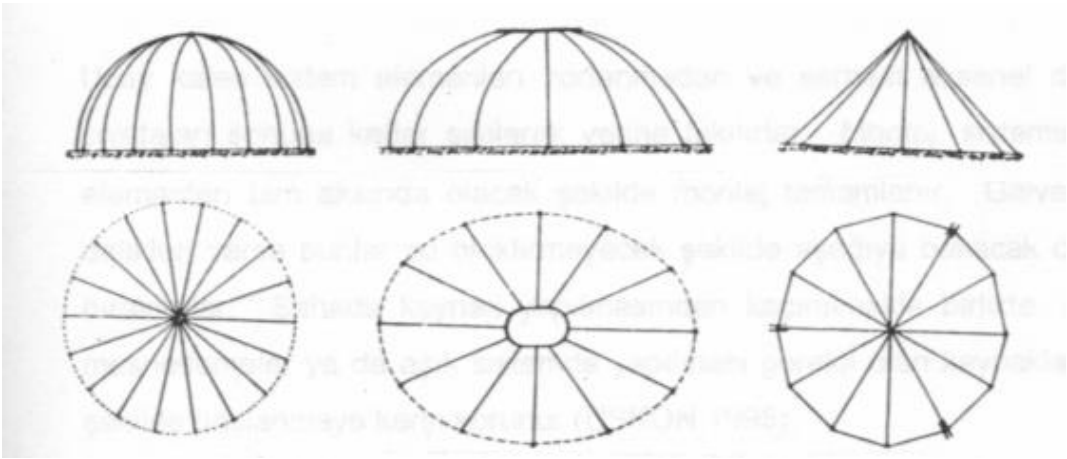
Şekil 2.53 Çerçeve Kubbelerin plan ve görünüşleri.



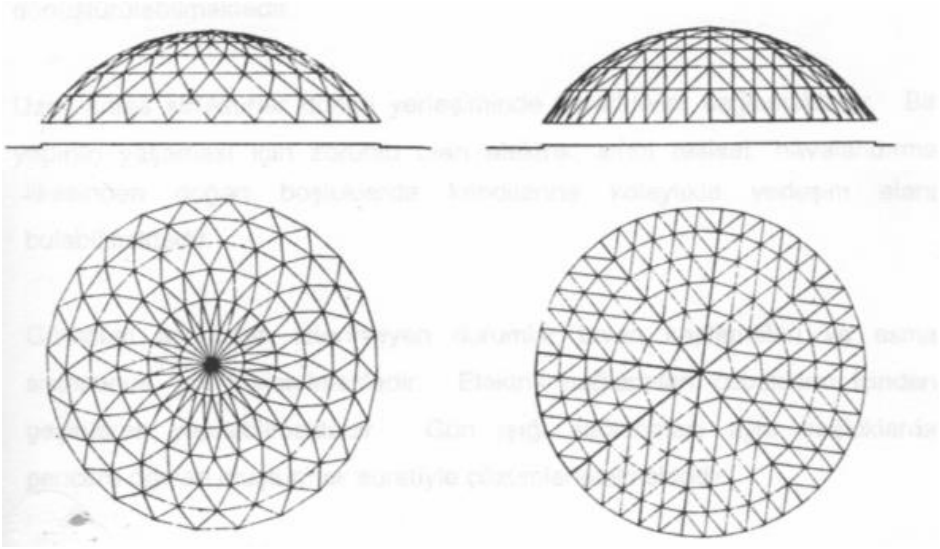
Şekil 2.54 Zimmermann Kubbelerin plan ve görünüşleri



Şekil 2.55 Lamella Kubbelerin plan ve görünüşleri.



Şekil 2.56 Ribbed Kubbelerin plan ve görünüşleri.



Şekil 2.57 Lattice Kubbelerin plan ve görünüşleri.

BÖLÜM : 3
UZAY KAFES SİSTEMDE UYGULAMA AŞAMALARI

3.1. HESAP METODU VE PROJELENDİRME

Uzay kafes sistemin yüksek dereceden hiperstatik olması nedeniyle hiçbir basitleştirici kabul yapılmadan sistem bilgisayar yardımı ile çözülür. Kullanılan program matris-deplasman yöntemine dayanır. Analiz çıkışlarından düğüm noktalarının x, y, z deplasmanları, çubuk kuvvetleri, seçilen boru kesitleri, mesnet reaksiyonları ve çubuklardaki gerilmeler alınabilir. Yükler düğüm noktalarındaki küreler vasıtasıyla borulara aktarılır. Bu durumda borular yalnızca eksenel çekme ya da basınç kuvveti alır. Aksi belirtilmedikçe uzay sistem borularında boru eksenine dik doğrultuda moment doğuracak yükleme yapılmaz. Bağlantı elemanları TS648 ve TS3357'ye göre elastik teori kullanılarak dizayn edilir.

Hesaplara uygun olarak montaj planları ve imalat resimleri tamamen bilgisayar destekli hazırlanır. Uzat sistemin bağlantılı bulunduğu duvar, kolon, döşeme ve bitişik yapılar ile ilgili detaylar da çıkartılır. Mesnetleme ve ankraj detayları verilir.

Statik hesaplarda, uzay kafes sistemin öz ağırlığı, aşık, kaplama, hareketli yük, aydınlatma, havalandırma, temizlik, kedi yolları, asma tavanlar, tesisat yükleri, noktasal tekil yükler, kar yükü, rüzgar yükü, deprem ve sıcaklık etkisi gibi kriterler gözönüne alınır.

Projelendirmede yurtiçi işlerinde Türk Standartları, yurtdışı işlerinde aksi belirtilmedikçe Alman DIN normları ya da talebe göre başta Amerikan ASTM, İngiliz BS şartnamesi olmak üzere belli başlı uluslararası standartlar esas alınır.

3.2. İMALAT

Malzemeler otomatik malzeme yükleme konveyörleri ile açık stok sahasından alınarak otomatik kurutma, otomatik kumlama ve otomatik boyama makinelerinden geçirilir. Daha sonra malzemenin tipine göre plaka kesim makinelerine veya profil, boru kesme ve delme otomatik makinelerine aktarılır.



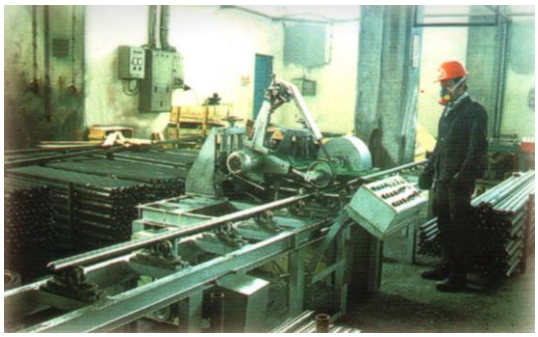
Şekil 3.1 Konveyör ve fırın.

Otomatik konveyörlerle sürülen malzemeler, kesme, delme ya da kaynak makinelerine gönderilerek, iş hazırlamanın teknik çizimlerden çıkarmış olduğu ve bilgisayar ağı üzerinden makineye gönderdiği programa göre istenen uzunluk ve açıda kesilir, istenen çapta delinir ve kaynak otomasyonu ile de standart bir kalite elde edilmiş olur.

İmalatın her safhasında hammaddeden başlayarak sevkiyata kadar tüm ürünler kalite kontrolden geçirilir.

3.3. KOROZYONA KARŞI KORUMA

Küre ve mesnetler, ortalama 25 mikron kalınlıkta elektro-galvaniz kaplanır. Civatalar, titanyum bağlayıcı içinde depolanmış alüminyum ve çinko parçacıklarından oluşan ve yüksek korozyon direnci sağlayan *delta-tone* ile kaplanır. Bu kaplama daldırma yöntemiyle uygulanır ve 180 ˚C civarındaki sıcaklıkta fırınlanır. Ortalama kaplama kalınlığı 10 mikrondur.



Şekil 3.2 Mekanik temizleme.

Borular ve aşıklar, gerekli yüzey temizlikleri yapıldıktan sonra ortalama 60 mikron kalınlıkta epoxy-polyester ya da polyester esaslı toz boya ile boyanır. İsteğe bağlı olarak boru ve aşıklar boyadan önce sıcak daldırma galvaniz yöntemi ile içten ve dıştan ortalama 80 mikron kalınlıkta galvanizle kaplanabilir.



Şekil 3.3 Paketleme.

3.4. NAKLİYE

Uzay kafes sistem elemanları taşıma esnasında dağılmayacak, çizilme ve zedelenmelere maruz kalmayacak şekilde paketlenip, modüler özel ambalajlarda montaj sahasına nakledilirler. Bu şekilde montaj sırasında geniş stok alanı gerektirmeyen, yükleme ve boşaltmada kolaylık sağlayan, hava şartlarından etkilenmeyen güvenli bir taşıma sağlanır. Burada tip nolarına göre tasniflenen elemanlar montaja hazır hale getirilirler.

3.5. TESTLER

Tahribatlı deneylerde, elemanların kopma değeri, eleman için öngörülen kullanma yükü değerinin iki katından az olamaz. Fabrikada imalatı tamamlanmış her eleman, kullanma yükünün 1.25'i ile tahribatsız deneye tabi tutulur. Bu deneylerle boru, kaynak, konik ve cıvata ile uzay sistem elemanı bir bütün olarak test edilmiş olur ve bütün elemanlara sertifika verilir. Talebe bağlı olarak bu tür deneyler üniversite laboratuvarlarında yapılabildiği gibi, sahada da montajı tamamlanmış sisteme gerçek yükleme deneyi yapılabilir.

3.6. MONTAJ ve MONTAJ YÖNTEMLERİ

Montaja başlamadan montaj şefi, uzay kafes sistemin kurulacağı yeri, mesnetleri, mevcut şartları, aksları kontrol eder ve şantiye sorumlusundan teslim alır. Montaja ancak uygun koşullar sağlandıktan sonra başlar. Montaj işlemi montaj planına uygun olarak ve sorumlu mimar ya da mühendisin nezaretinde yürütülür. Bütün uzay kafes sistem elemanları zorlanmadan ve serbest eksenel durumda civataları sonuna kadar sıkılarak yerlerine takılırlar. Montaj sırasında, montaj şefinin talimatlarına uygun olarak sistemin geçici mesnetlenmesi, sisteme gerekli ters sehimin verilmesi ve yapının genel güvenliği sağlanarak her bir cıvata tam sıkılarak ve bütün uzay sistem elemanları tam aksında olacak şekilde montaj tamamlanır. Galvanizleme delikleri varsa bunlar su biriktirmeyecek şekilde aşağı bakacak durumda bırakılırlar. Sahada kaynak yapılmasından kaçınılmakla birlikte, özellikle mesnetlemeler ya da aşık sisteminde yapılması gerekli olan kaynaklar uygun şekilde paslanmaya karşı korunur.

En çok kullanılan montaj yöntemleri:

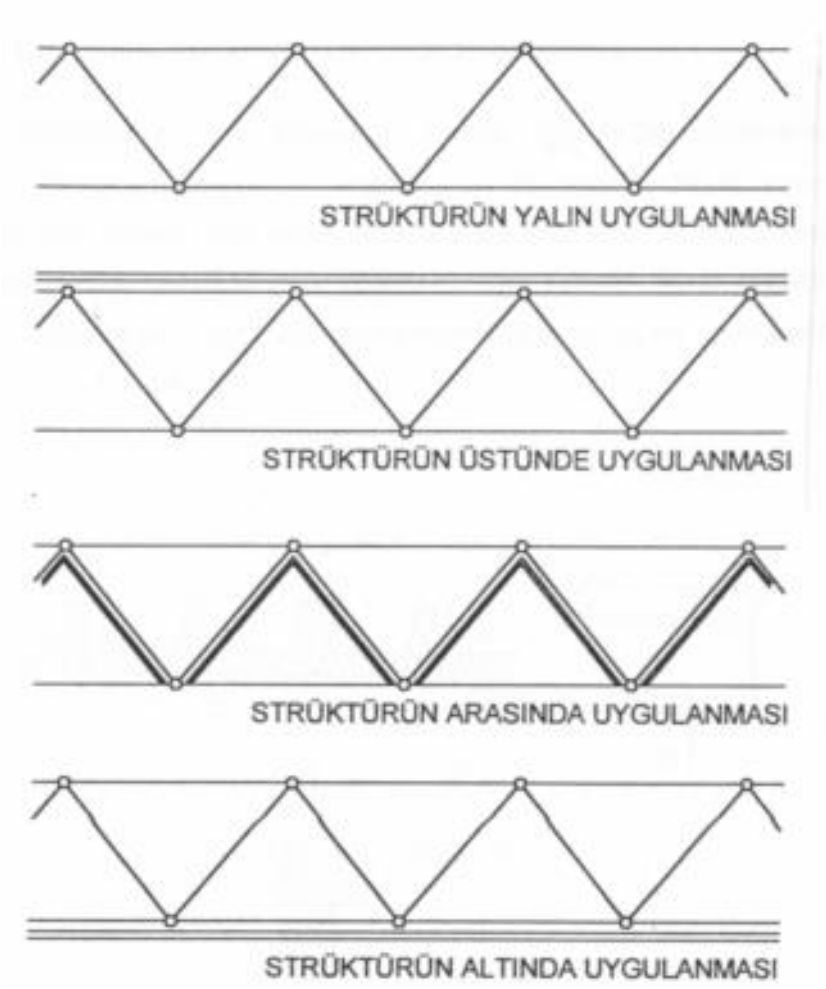
- Sistemin yerde kurulup komple kaldırılması,
- İstenilen yükseklikte doğrudan tekli ya da üçlü elemanların montajı,
- İlk iki yöntemin birlikte kullanılması,
- Sistemin montaj seviyesinde kurulup raylar üzerinde kaydırılarak son pozisyonda sabitlenmesi.

3.7. ÇATI ÖRTÜSÜ VE UYGULANMA DETAYLARI

3.7.1.ÇATI ÖRTÜSÜNÜN UZAY KAFES SİSTEM İLE İLİŞKİSİ

Tasarlanan strüktür ve mekanın çevrenin olumsuz etkilerinden korunması için, strüktürün yalıtım sağlayan bir örtü ile kaplanması gereklidir. Strüktür hiçbir kaplama malzemesi olmaksızın yalın olarak da kullanılabilir. Çatı örtüsünün kullanımına göre strüktür çeşitli şekillerde tanımlanabilir:

- strüktürün yalın olarak uygulanması,
- çatı örtüsünün strüktürün üzerinde uygulanması,
- çatı örtüsünün strüktürün arasında uygulanması,
- çatı örtüsünün strüktürün altında uygulanması.



Şekil 3.4 Çatı Örtüsünün Strüktür ile İlişkisi.



Şekil 3.5 Strüktürün yalın kullanımı.

Strüktürün Yalın Olarak Uygulanması,

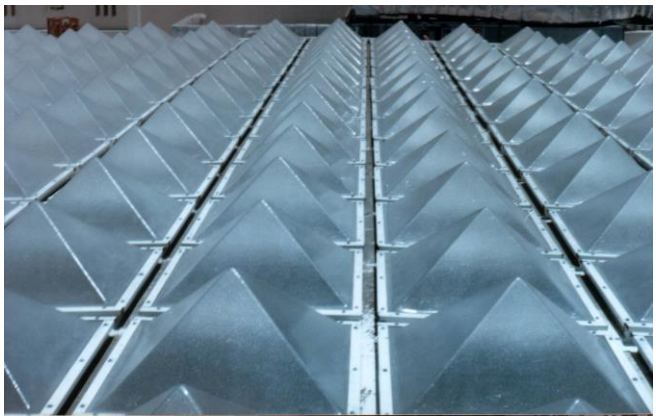
Strüktürün çatı örtüsü tasarlamadan yalın olarak kullanıldığı uygulamalardır. Strüktürün elemanlarının korozyona karşı olan dayanımı, strüktürün çevrenin olumsuz şartlarından etkilenmesini engeller. Görsel açıdan zengin mekan kurgusu amaçlanan yapılarda, açık alan düzenlenmelerinde ve iç mekanda da dekorasyon ve tesisat elemanları ile birlikte dizayn edilmek suretiyle uygulanırlar.

Çatı Örtüsünün Strüktürün Üzerinde Uygulanması,

Yalıtım sağlayan bir çatı örtüsünün altında strüktürün uygulanması ile, taşıyıcı sistemin dış etkilerden korunmasını sağlayan uygulamalardır. Çatı yüzeyinde sürekliliğin sağlanması ile de çatı sularının iletiminde avantaj sağlar.

Çatı örtüsü uzay kafes strüktüre ara elemanlar ile bağlanmaktadır. Bu ara elemanlar, noktasal veya sürekli bir aşık sistemi olabilmektedir. Ayrıca düzlem uzay kafes sistemlerde çatı yüzeyine eğim vermek amacıyla da kullanılır. Strüktür dışarıdan okunamamaktadır.

Çatı örtüsü modüler plakalar şeklinde veya sürekli olarak tasarlanmaktadır. Düzlem uzay kafes sistemlerde sürekli çatı örtüleri kullanılırken, tek ya da çift eğrilikli uzay sistemlerde modüler plakalar uygulanmaktadır.



Şekil 3.6 Piramidal çatı örtüsü**.**

Çatı örtüsü tek katmanlı veya çok katmanlı olarak tasarlanabilmektedir. Düzlem uzay sistemlerde bu uygulanabilirken, eğrisel strüktürlerde tek katmanlı örtüler modüler plakalar şeklinde ya da membran olarak tasarlanmaktadır.



Şekil 3.7 Membran çatı örtüsü.

Çatı Örtüsünün Strüktürün Arasında Uygulanması,

Çatı örtüsünün strüktürün arasında, dikme veya diyagonallere monte edildiği uygulamalardır. Strüktürün dışarıdan okunabilmesi, zengin bir görünüm sağlar.

Çatı yüzeyinin sürekliliği olmadığı için yağmur sularının iletimi zor olmaktadır. Çatı örtüsünün strüktürün arasında olması nedeniyle montaj ve bakım zor olmaktadır.



Şekil 3.8 Strüktürün arasında uygulanan çatı örtüsü.

Çatı örtüsü tek katmanlı esnek membran olarak seçilir ve yaygın olarak düzlem uzay kafes sistemlerde uygulanırlar.

Çatı Örtüsünün Strüktürün Altında Uygulanması,

Çatı örtüsünün strüktürün alt başlıklarına monte edildiği uygulamalardır. Çatı örtüsü, sürekli aşık sistemi ya da noktasal ara elemanlar ile strüktüre bağlanmaktadır. Çatı örtüsünün sürekliliğinin sağlanamaması ile çatı sularının toplanması zor olmaktadır.



Şekil 3.9 Çatı örtüsünün strüktürün altında uygulanması.

Strüktür kaplamanın üstünde olduğu için dışarıdan okunmaktadır, ancak dış etkilere karşı dayanıksızdır. İç mekanda kaplamanın strüktürün altında olması nedeniyle, asma tavan uygulamalarına olanak vermemektedir.

Çatı örtüsü, tek katmanlı uygulamalarda esnek bağlantı imkanı sağlayan modüler elemanlardan oluşmaktadır. Modüler plaklardan oluşan çatı yüzeyi, çatı örtüsünün değiştirilmesine olanak vermektedir. Çatı örtüsünün tek katmanlı uygulanması saydam ve yarı saydam kaplamalarla gün ışığı almak için avantaj sağlarken, ısı ve ses yalıtımı açısından sorun yaratmaktadır.

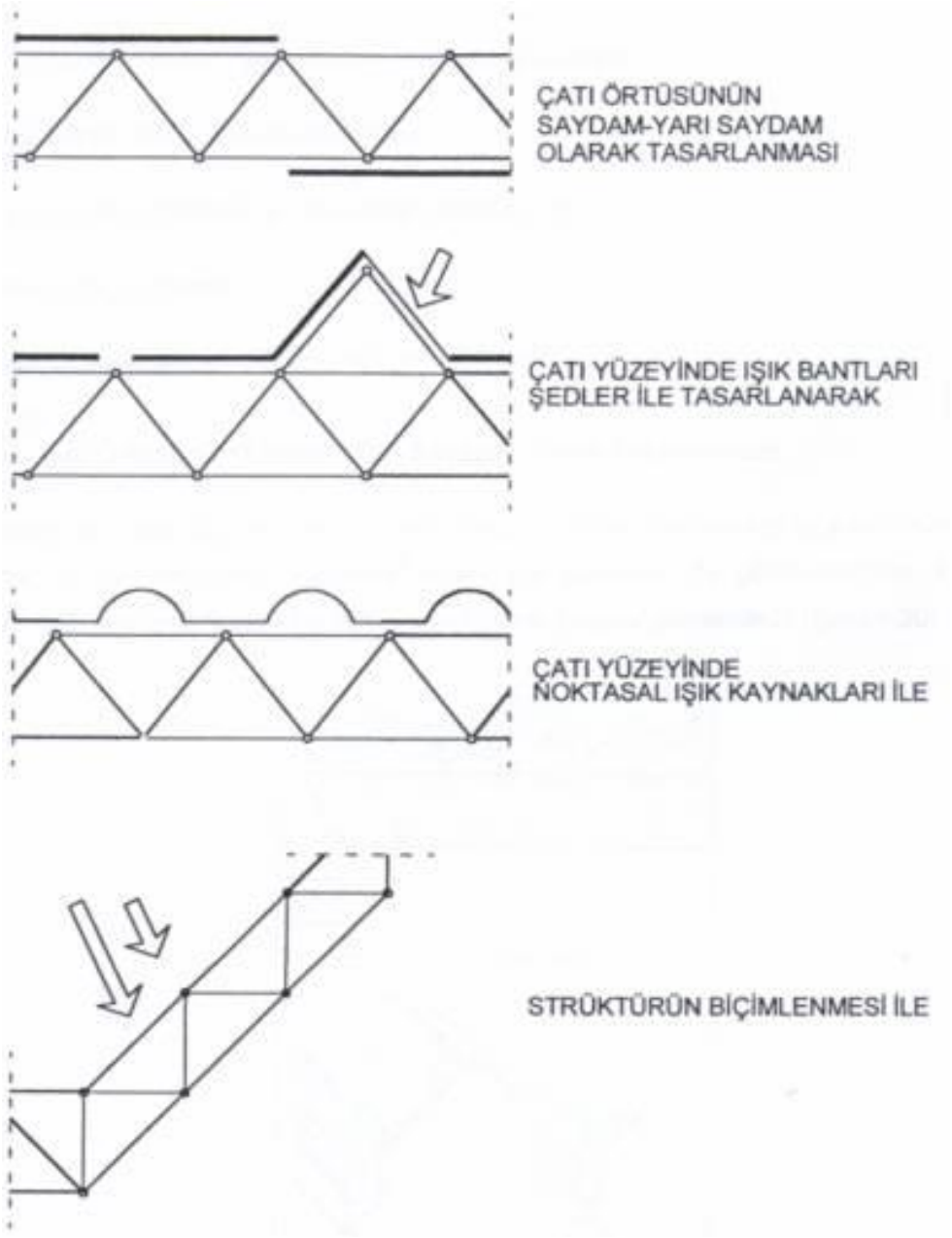
Kaplamanın değiştirilebilme kolaylığına karşılık strüktürün altında olması nedeniyle montaj zorluğu vardır. Kaplamanın strüktürün biçimini alması, elastik çatı örtüsü,esnek çatı bağlantısı ve modüler kaplama elemanları dolayısıyla kolay olmaktadır.

3.7.2. ÇATI YÜZEYİNDEN GÜNIŞIĞI SAĞLANMASI

Cephede yer alan doğramalar, büyük açıklıklı yapılarda aydınlatma için çoğu kez yetersiz kalmaktadır. Gerek enerji tasarrufu gerekse binayı kullanacak olanlar üzerindeki mekansal etkisi nedeniyle büyük açıklıklı uzay kafes sistemli yapılarda, doğal aydınlatma tercih edilmiş ve bu yönde detaylar üretilmiştir.

Çatı yüzeyinden gün ışığı sağlanması,

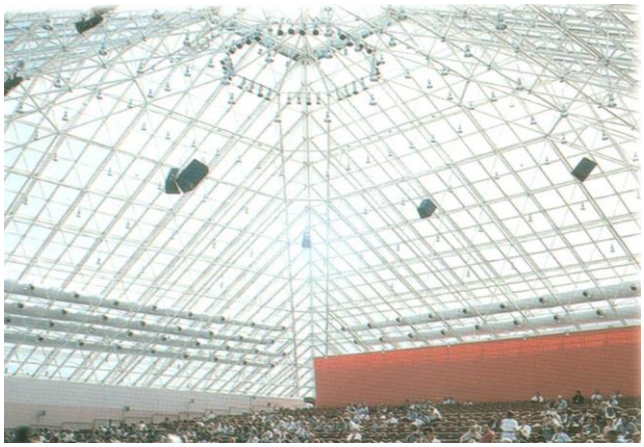
- çatı örtüsünün saydam ve yarı saydam olarak tasarlanması,
- çatı yüzeyinde şedler veya ışık bantları kullanılması,
- çatı yüzeyinde noktasal ışık kaynakları,
- strüktürün biçimlenmesi, ile mümkün olmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Çatı yüzeyinden gün ışığı sağlanması.

Çatı Örtüsünün Saydam Ve Yarı Saydam Olarak Tasarlanması,

Çatı örtüsünün ışık geçiren, saydam-yarı saydam olarak tasarlandığı uygulamalardır. Strüktür ile çatı örtüsünün bağlantısı esnek ara elemanlar ile çözümlenmiştir.



Şekil 3.11 Çatı örtüsünün saydam-yarı saydam olarak tasarlanması.

Çatı Yüzeyinde Şedler Veya Işık Bantları Kullanılması,

Sert kontrastlar vermeyen, göz kamaştırmayan doğal bir aydınlatma istenmekte ise, güneş ışınlarını direkt olarak almayacak şekilde şedler veya ışık bantları tasarlanmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.12 Çatı yüzeyinde ışık bantlarının kullanılması.

Çatı eğimine paralel ışıklık düzlemlerinde çatı örtüsü ve ışıklık arakesitinde su ve ısı yalıtım detaylarının iyi çözülmesi gerekmektedir. Plakların ve özellikle olukların çabuk kirlenmesi bu sistemin en önemli problemidir.

Çatı Yüzeyinde Noktasal Işık Kaynakları,

Çatı yüzeyinde bırakılan sabit veya mekanik kontrollü noktasal ışıklarla da gün ışığı sağlanabilmektedir. Düzlem uzay kafes strüktürlerde sık olarak uygulanan noktasal ışıklıklardan aynı zamanda noktasal havalandırma için de faydalanmak mümkün olmaktadır. Gerektiğinde ışık kontrolü için kapakçıklarla birlikte tasarlanmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.13 Çatı yüzeyinde noktasal ışıklıklar kullanılması.

Kirlenen saydam yüzeylerin temizlenebilmesi, yatay dere bakımı, doğrama bakımı ve çatı yüzeyine çıkışlar için açılabilir ışıklıklar kolaylık sağlamaktadır. Çatı yüzeyinde sürekliliği bozduğu için bu tür uygulamalarda çatı sularının toplanması ve iletilmesi sakınca doğurur.



Şekil 3.14 Çatı yüzeyinde noktasal ışıklıklar kullanılması.

Strüktürün Biçimlenmesi ile Gün Işığı Sağlanması,

Strüktürün kendi içinde seviye farkları yaratılarak gün ışığının sağlandığı uygulamalardır. Yapının kullanımına bağlı olarak veya tamamen mimari tercihler sonucu, strüktürün bazı bölümlerinin diğerlerinden yüksek tutulması gerektiğinde kendiliğinden bir tür fenerli çatı oluşmaktadır.



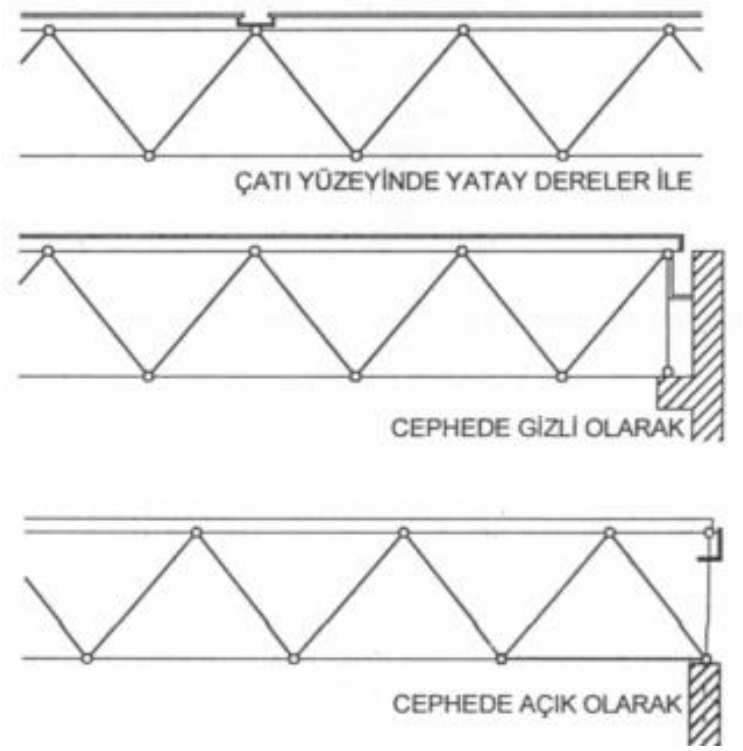
Şekil 3.15 Gün ışığına göre strüktürün biçimlendirilmesi.

Yağmur sularının toplanması, farklı çatı yüzeyleri söz konusu olduğu için zor olmaktadır. Farklı kotlardaki yüzeylerin yağmur suyunu toplamak için çatı yüzeyinde yatay dereler yapmak gerekmektedir. Bu derelerin detay ve bakım problemleri sistemi olumsuz etkilemektedir.

3.7.3. ÇATI SULARININ TOPLANMASI VE DERE DETAYLARI

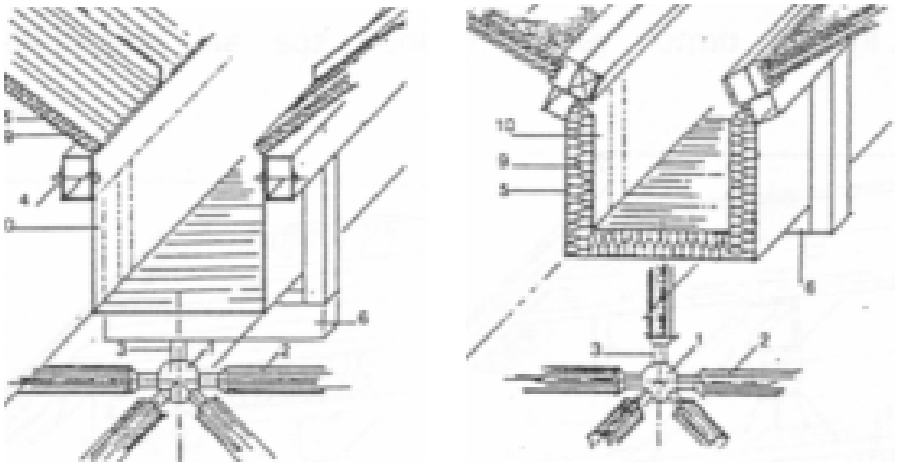
Çatı yüzeyinde sular, yatayda dereler düşeyde kolonlarla zemine iletilir. Dereler, cephede ya gizli dere ya da açık olarak uygulanabilmektedir. Yüzeyi geniş olan çatılarda ise cephedeki derelere ek olarak yatayda da dereler uygulanabilmektedir. Dereler çatı yüzeyine artı bir yük getirdiği için, cephede mesnetlenmek suretiyle uygulanması sistem için daha uygun bir çözümdür. Ayrıca cephede uygulanan dereler montaj ve tamirat kolaylığı da sağlar.

Çatı sularının düşey iletimi, strüktürün mesnetlendiği kolonların içinden çörtenler veya açıktan geçen düşey borular ile sağlanmaktadır (Şekil 3.20).



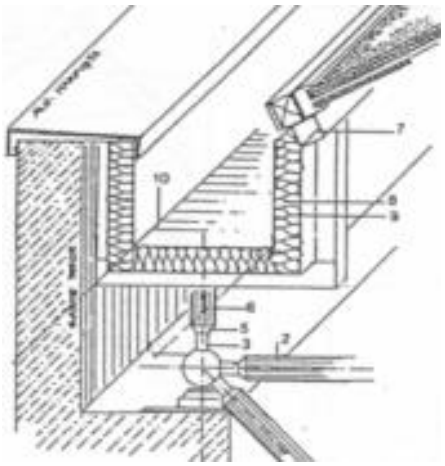
Şekil 3.16 Çatı yüzeyinden yağmur sularının toplanması.

Düzlem uzay kafes sistemlerde yüzey sularının derelerde toplanması, aşık boylarının yükseltilmesiyle meydana gelen çatı eğimiyle sağlanmaktadır. Eğrisel yüzeyli uzay kafes sistemlerde ise, yüzey suları kolaylıkla derelere iletilmektedir.



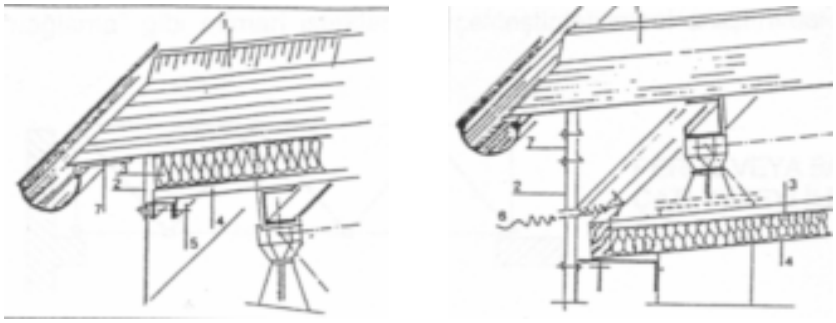
Şekil 3.17 Çatı Suyunun Yüzeyde Gizli Dere İle Toplanması:

1-Küre, 2-Çubuklar, 3-Ara Bağlayıcı, 4-Bulon, 5-Buhar Kesici, 6-Aşık Elemanı, 7-Saydam Çatı Örtüsü, 8-Kutu Profil, 9-Isı Yalıtımı, 10-Dere İçi Kaplaması.



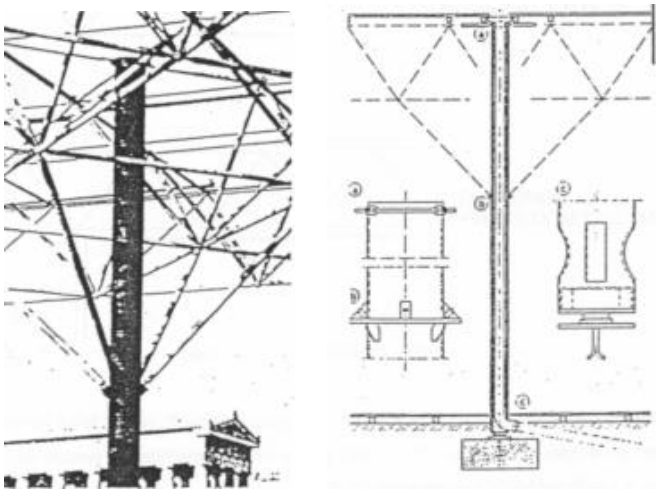
Şekil 3.18 Çatı Suyunun Cephede Gizli Dere İle Alınması.

1-Küre, 2-Çubuklar, 3-Ara Bağlayıcı, 4-Pim, 5-Konik Yüzey, 6-Ara Eleman,
7- Kutu Profil, 8- Isı Yalıtımı, 9-Buhar Kesici, 10-Dere İçi Kaplaması.



Şekil 3.19 Çatı Suyunun Cephede Dere İle Alınması.

1-Alüminyum trapez Çatı Örtüsü, 2-Alüminyum Kapatma Plakası, 3-Isı Yalıtımı,
4-İç Kaplama, 5-Köşebentler, 6-Havalandırma Delikleri, 7-Dereyi Taşıyan Saç Plaka.



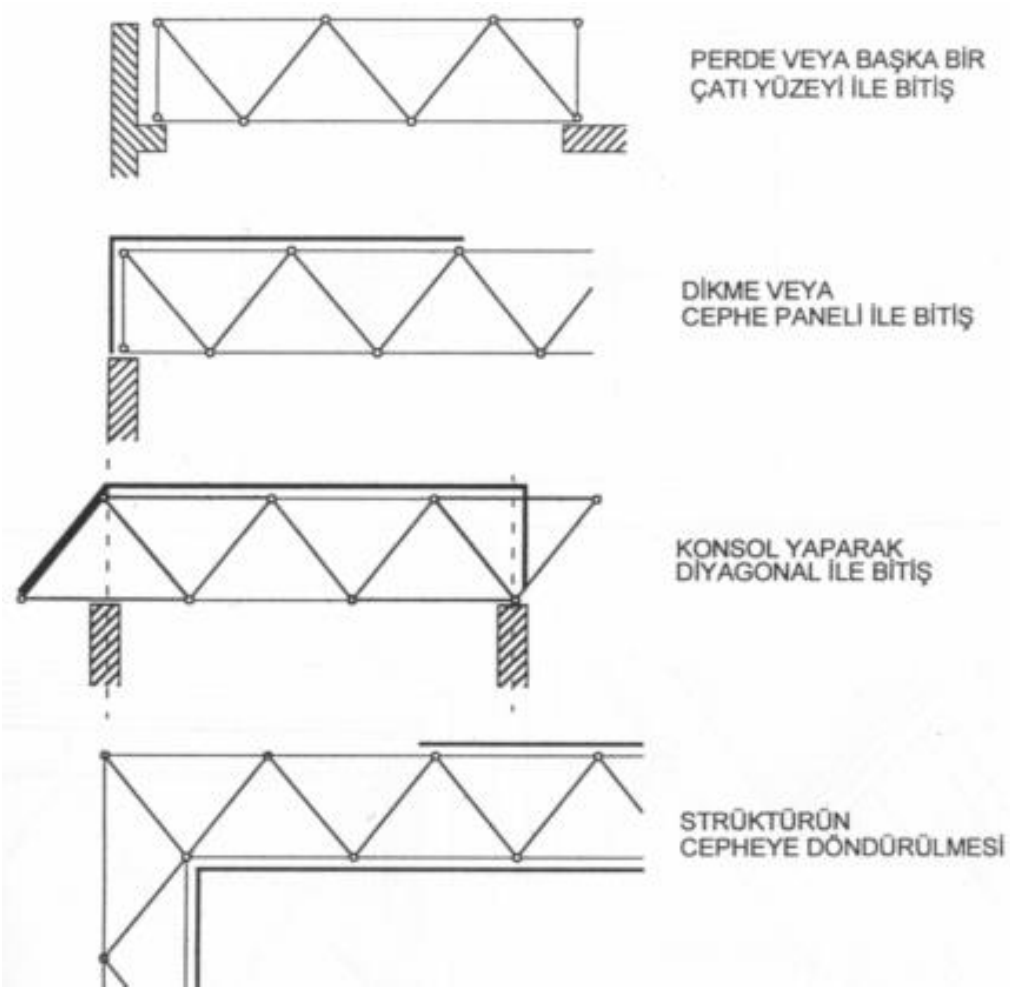
Şekil 3.20 Çatı Suyunun Kolon İçinden Düşeyde İletilmesi.

3.7.4. ÇATI YÜZEYİNİN BİTİŞ DETAYLARI

Çatı yüzeyinde bitiş veya bir malzemeden diğer bir malzemeye geçiş özellikleri, mimari ve detaylandırma için önem taşımaktadır.

Uzay kafes sistemlerde çatı yüzeyinin bitişi,

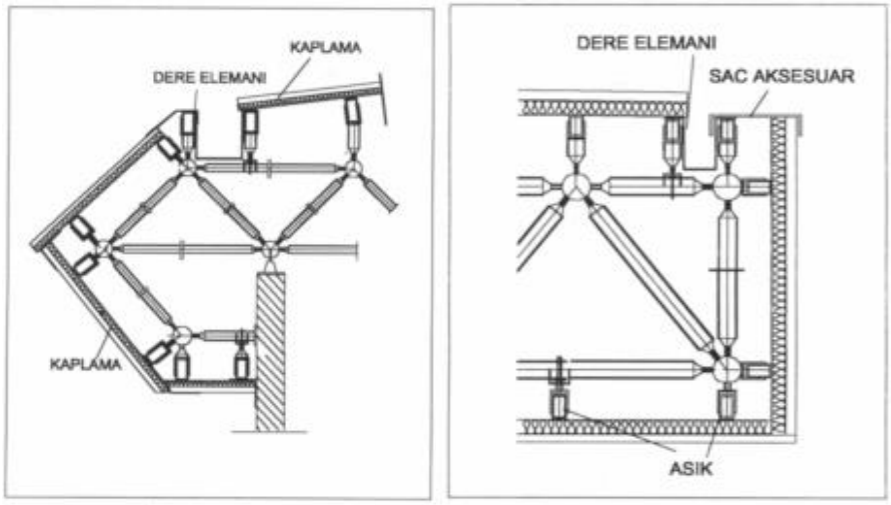
- düşeyde perde veya yatayda farklı bir çatı yüzeyi,
- dikme ve cephe panelleri,
- konsol yapılarak diyagonaller,
- strüktürün cepheye döndürülmesi, ile sağlanmaktadır.



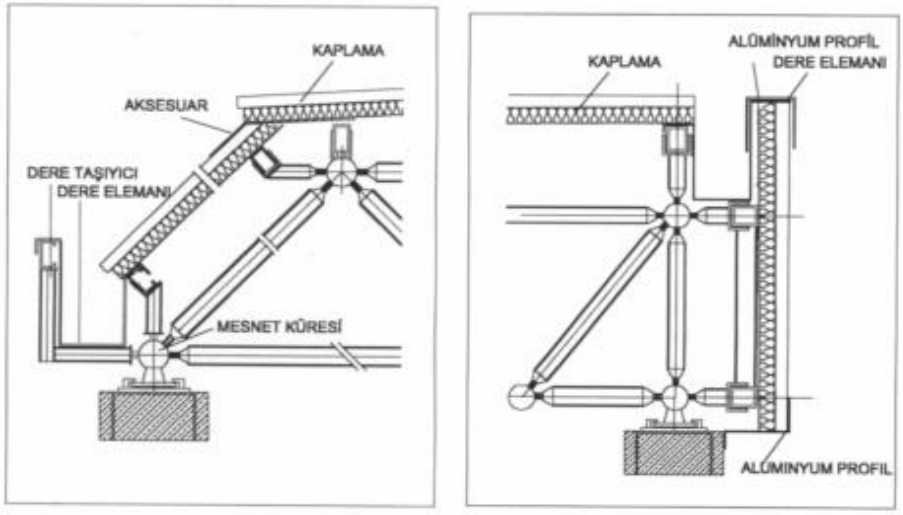
Şekil 3.21 Uzay Kafes Sistemde Çatı Yüzeyinin Bitiş Türleri.

Çatı yüzeyinin bitişi; çatıyı oluşturan uzay kafes strüktürün konsol yaparak diyagonaller ile bitirilmesi (Şekil 3.22), strüktürün dikme ve cephe panelleri ile bitirilmesi (Şekil 3.23), strüktürün perde ve başka bir çatı yüzeyi ile bitirilmesi (Şekil 3.24) ve strüktürün cepheye döndürülerek bitirilmesi (Şekil 3.25) şeklinde incelenecektir.

Çatı yüzeyinin bitişi tasarlanırken örtü sistemine ilişkin dere çözümlerini de birlikte getirmiştir.

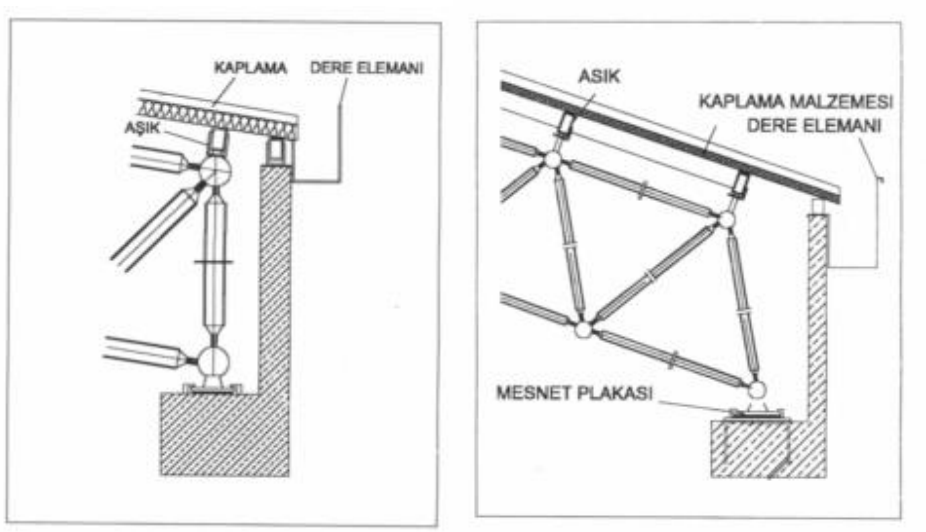


Şekil 3.22 Çatı Yüzeyinin Konsol Yaparak Diyagonal İle Bitişi.

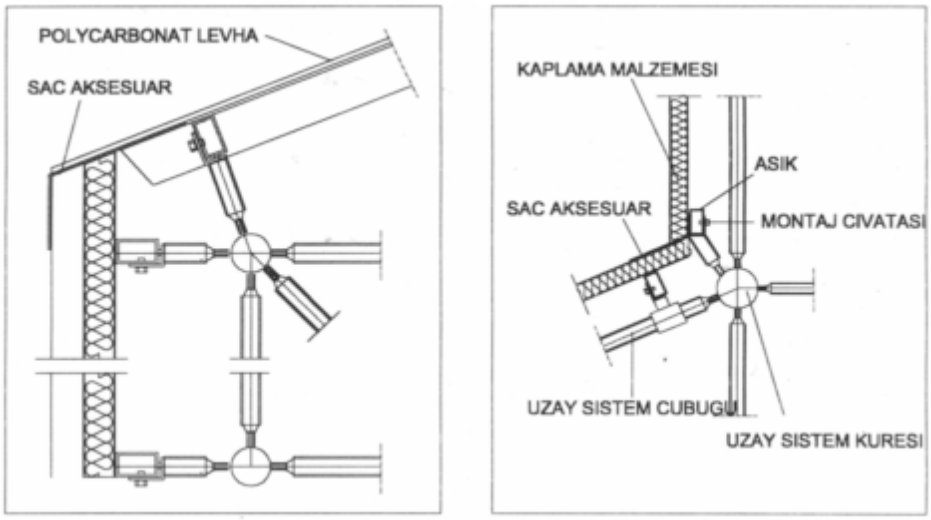


Şekil 3.23 Çatı Yüzeyinin Dikme Ve Cephe Panelleri İle Bitişi.

Yüzeyin dikme ve cephe panelleri ile bitirilmesi durumunda, çatı örtüsünün bina dış sınırı ile beraber bitmesi nedeniyle saçak yapılamaması sonucu, kar ve yağmur suyu etkilerinden dış kabuğu yeterince koruyamamaktadır.



Şekil 3.24 Çatı Yüzeyinin Cephe Paneli Ve Perde İle Bitişi.

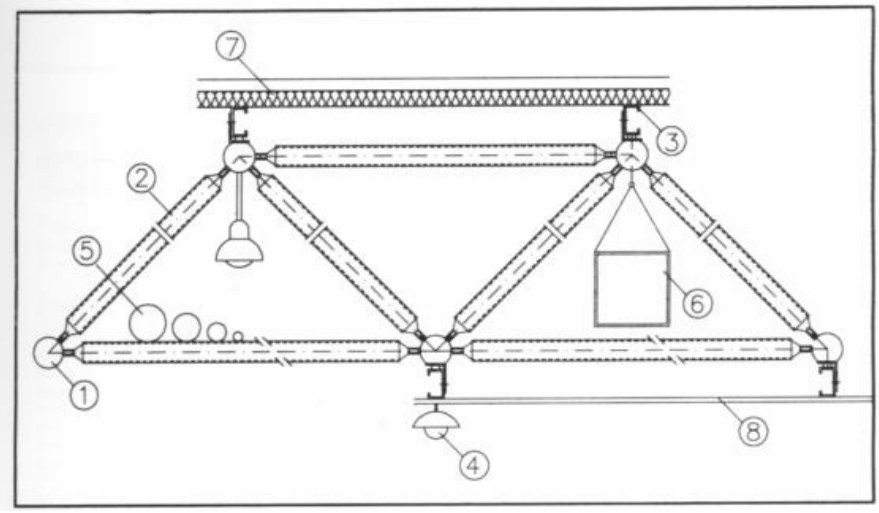


Şekil 3.25 Çatı Yüzeyinin Cepheye Döndürülmesi İle Bitişi.

3.7.5. TESİSAT SİSTEMLERİ İLE UZAY SİSTEMLERİN İLİŞKİSİNİN DETAYLANDIRILMASI

Uzay kafes sistemler, donatı yerleşiminde de sistemin yapısından kaynaklanan boşluklar nedeniyle uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Yapının yaşaması için gerekli olan elektrik, sıhhi tesisat, havalandırma kanalları, klima, iklimlendirme sistemleri alt ve üst başlıklar arasından geçen kanallar vasıtası ile iletilmektedir.

Bina içindeki tesisat; kablolu, kanallı ve borulu olmak üzere üç şekilde olabilir. Kablolu iletim sistem içerisinde her yerden kolaylıkla geçebilmektedir. Kanallı ve borulu iletim için sistem içerisindeki boşluklardan faydalanılmaktadır.



Şekil 3.26 Aydınlatma ve havalandırma detayı:

1-Küre, 2-Çubuk, 3-Aşık, 4-Aydınlatma, 5-Tesisat, 6-Havalandırma, 7-Poliüretan Dolgulu Çatı Kaplaması, 8-Alüminyum Asma Tavan.

Tesisat sistemlerinin kaplamanın altından üzerinden geçtiği durumlarda, tesisat sisteminin dış etkenlere maruz kalması tesisat kesitlerinin artmasına neden olur. Herhangi bir durumda tesisat sistemine müdahale etmek zordur. Tesisat sisteminin kaplamanın altından geçmesi durumunda ise, bakım ve onarım kolaylığı sağlanmaktadır. Tesisat sistemlerinin iç mekanda görünmesinin istenmediği durumlarda, asma tavan uygulanması gerekmektedir.

BÖLÜM : 4
UYGULANMIŞ ÖRNEKLER

Uzay kafes strüktür ile gerek ülkemizde gerekse yurtdışında uygulanmış bir çok örnek vardır. Bu bölümde uzay kafes sistemlerle uygulanmış birkaç yapı tanıtılacaktır.

Bursa Hayvanat Bahçesinde Kuş Kafesi, 1998, Uskon
Antalya Cam Piramit, Sabancı Kongre ve Fuar Merkezi,1996, Uskon
Bursa Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Sahne Çatısı, 1996, Uskon
Ankara Türk Metal Sendikası Spor Salonu, 1994, Altınyaldız
Ankara ASKİ-İvedik Kapalı Spor Salonu, 1997, Uzay Sistem
Jandarma Bölge Komutanlığı Misafirhanesi, 2000, Uzay Sistem
Kuş Kafesi, 1999, Altınyaldız
Ankara Belediye Park Kafeteryası, 1999, Uzay Sistem
Jahra Yüzme Havuzu Blok C, 1998, Altınyaldız
PTT Genel Müdürlüğü Sosyal Tesisi, 1997, Altınyaldız
Torunlar İnşaat, 2000, Altınyaldız
Kuveyt Otobüs Terminali, 1996, Uskon
Kuveyt Spor Salonu, 1995, Uskon
İstanbul Ticaret Merkezi, 1995, Uskon
Antalya Otogarı, 1995, Uskon
Umman Zakher Alışveriş Merkezi, 1995, Uskon
Pamukkale Kuzey-Güney Giriş Kapıları, Altınyaldız
İstanbul Sabah Gazetesi Güneşli Tesisleri, Altınyaldız

Bursa Hayvanat Bahçesinde Kuş Kafesi

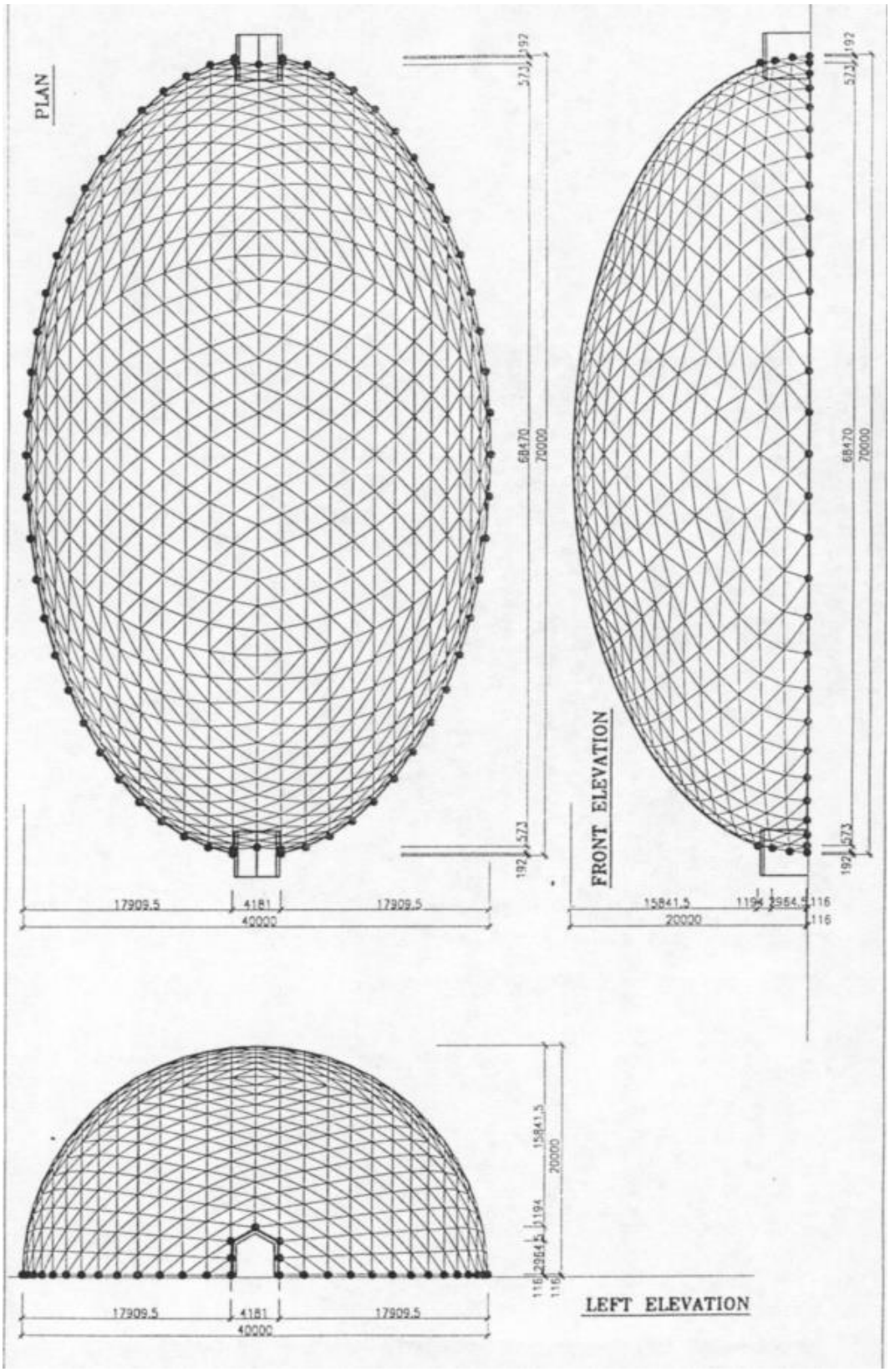
Bursa Hayvanat Bahçesinde uygulanacak olan kuş kafesi doğal bir yöntem olarak yarı yumurta formunda yapılmıştır. Bu tek tabakalı yarı yumurta formundaki uzay kafes sistem 40.0 m. genişliğinde, 70.0 m. uzunluğunda ve 20.0 m. yüksekliğindedir. Sistemde 700 adet düğüm noktası, 2029 adet çubuk vardır.



Şekil 4.1 Kuş Kafesi.

Tek tabakalı uzay kafes sistemin düğüm noktalarının birleşim zorluklarına karşın 30 gün içerisinde uygulanmıştır. Uzay sistem ağı ilk modül ve bunun çevresinde birkaç modülün montajı ile yatay yüklerin etkisinde kalmıştır. Taşıyıcı sistem ağı, birbirine montajı yapılmış modüllerin dış yükler sebebiyle deforme olmaması için, dışarıdan gergi bağlantıları ile taşınmak suretiyle tamamlanmıştır.

Uzay kafes strüktürün tamamlanması neticesinde strüktür üzeri naylon ağ ile örtülmüştür. Uzay kafes sistem 1998 yılında tamamlanmış ve doğal hayata açılmıştır.



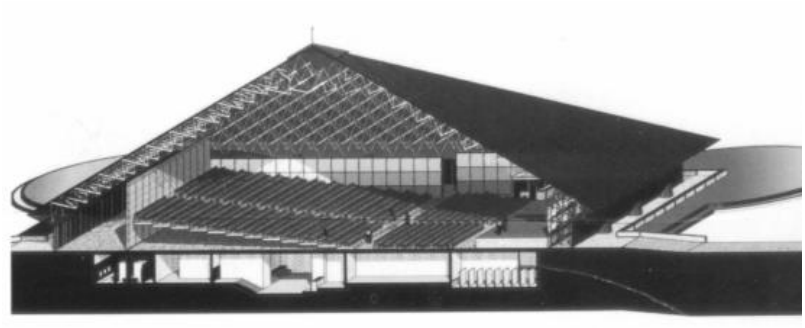
Şekil 4.2 Kuş Kafesi Plan Ve Kesitleri.

Antalya Cam Piramit, Sabancı Kongre ve Fuar Merkezi



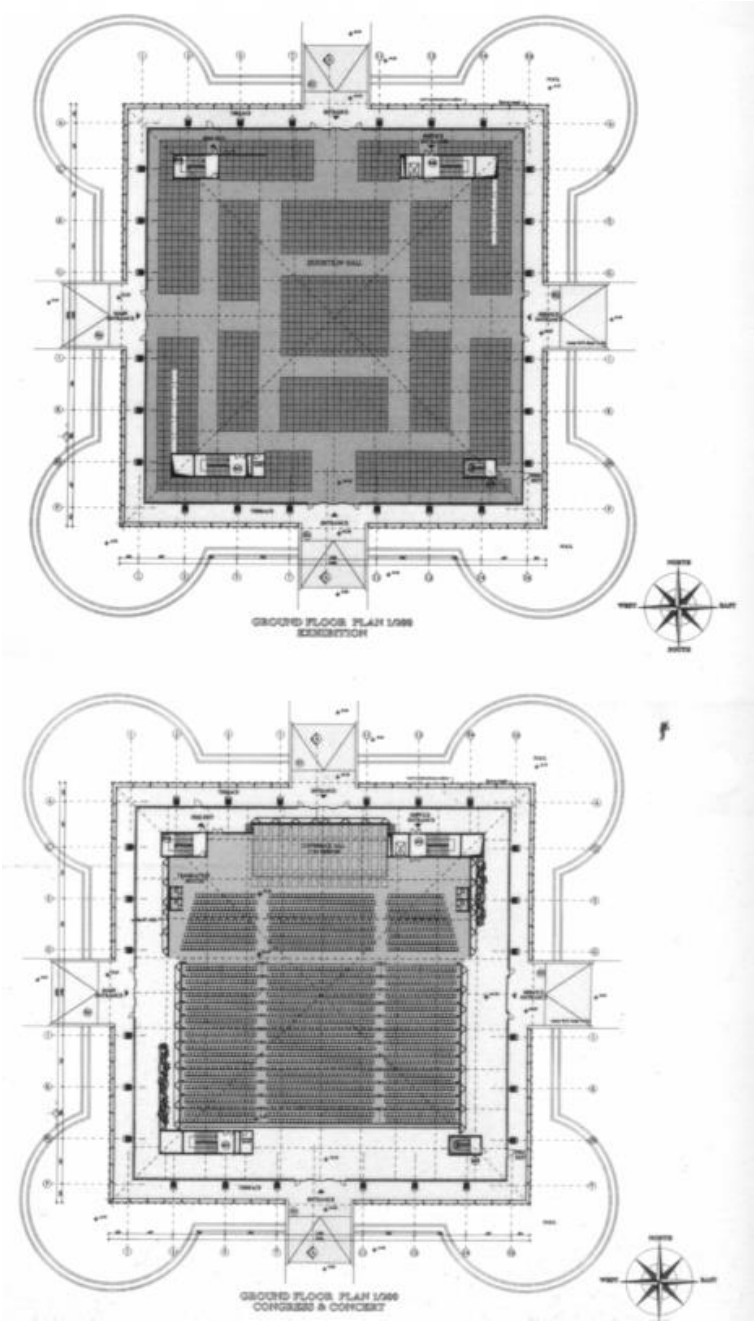
Şekil 4.3 Cam Piramit.

Antalya'da Fuar alanında inşa edilmiş çatı örtüsü ve duvar kaplaması tamamen cam olan piramit şeklindeki bu yapı, gerektiğinde kongre ve sergi salonu olarak kullanılabilen dünyadaki ilk uygulamadır. 1996 yılı başında Uskon Firması tarafından projelendirilmiş aynı yılın temmuz ayında inşaata başlanılmış 1997 yılı eylül ayında kullanıma açılmıştır. 60 x 60 m. boyutunda, içinde kolon bulunmayan esas mekan ihtiyaca göre sergi, kongre ve konser salonu olarak kullanılabilecektir. 2500 kişilik kapasitesi vardır.



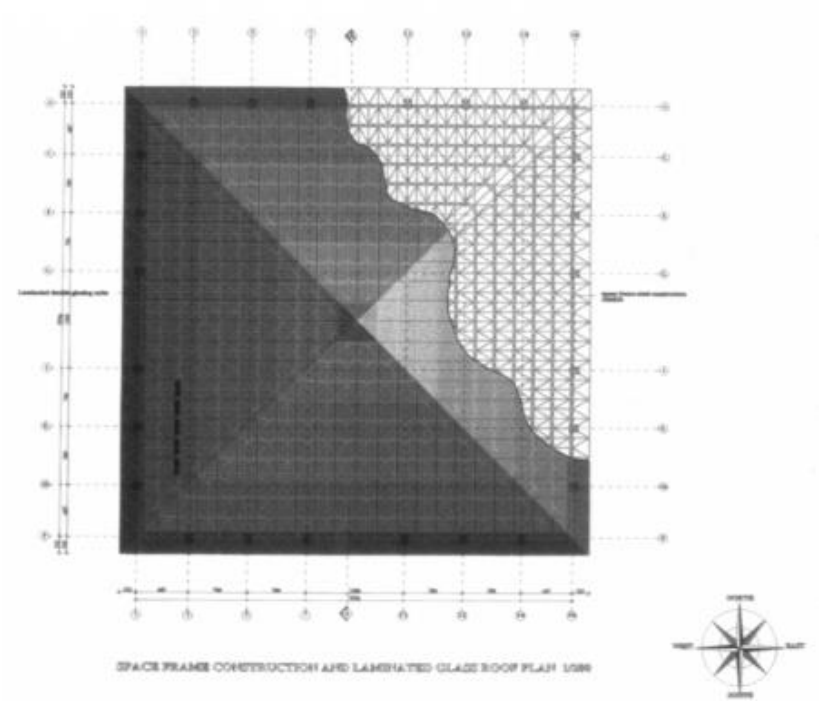
Şekil 4.4 Cam Piramit Strüktür Kesiti.

Yapının çatısını teşkil eden 60 x 60 m. boyutundaki piramit, inşaat kolaylığı ve ekonomikliği dikkate alınarak prefabrike çelik uzay sistem olarak tasarlanmıştır. Bu sistem piramidin çevresinde 24 adet prefabrike kolona mesnetlenmiştir. Uzay sistem modülü 2.60 x 3.00 m.'dir.



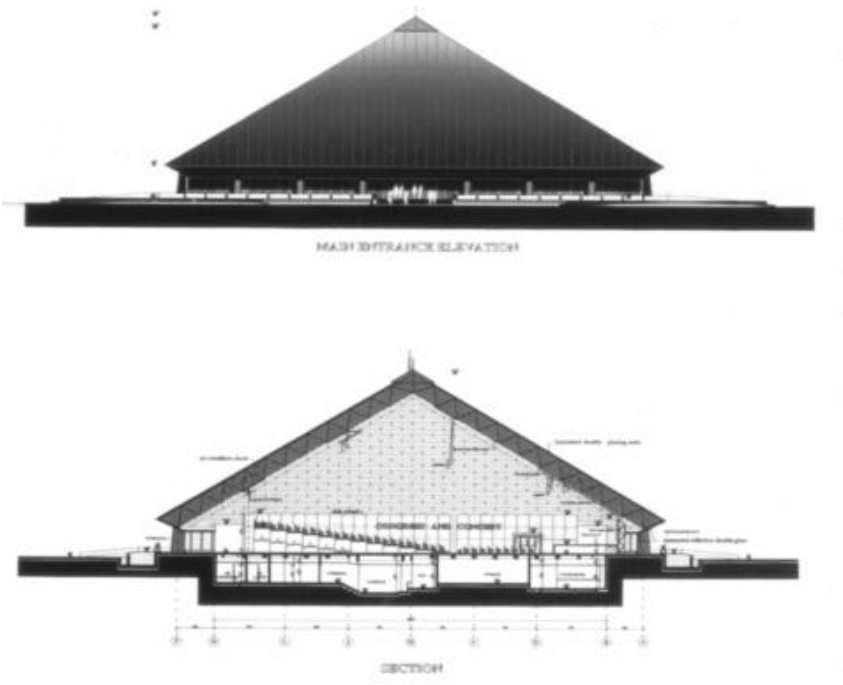
Şekil 4.5 Cam Piramit Kat Planları.

Uzay sistem üzerine 1.30 x 1.50 m.'lik ızgara aşık sistemi çift cam panelleri taşımaktadır. Piramit formundaki çatı ve duvarlar tamamen bu panellerden yapılmıştır. 1.50 x 1.30 boyutundaki, fabrikada hazırlanan çift cam paneller 2 taraflı taşıyıcı silikon sistemi ile dört taraftan aşıklar üzerine sabitlenmiştir. Bu durumda yağmur suları herhangi bir engele rastlamadan akabilmektedir. Ayrıca çatı yüzeylerinde üç yerde dilatasyon teşkil edilmiştir. Bu sayede cam kaplama, çatı taşıyıcı sisteminin genleşme hareketlerine uyum sağlamaktadır.



Şekil 4.6 Cam Piramit Uzay Kafes Planı.

Çift cam paneller; 6mm. temperlenmiş titanyum mavisi cam, 12 mm. ara mesafe ile 4mm. + 4 mm. arasında DuPont Butacite Polyvinyl Butyral film tabakası bulunan lamine camdan oluşmaktadır. Toplam cam kaplama yüzeyi 7000 m^2'dir.



Şekil .7 Cam Piramit Uzay Kafes Kesit Ve Görünüşü.

Yapıda ısı kontrolü mekanik olarak yapılmaktadır. Kullanılan reflektif çift cam sistemi, normal çift cam sistemine göre soğutmada %70, ısıtmada %35 tasarruf sağlamaktadır.

Yapının piramidal biçimi akustiğe katkı sağlamaktadır. Ayrıca akustik çalışmalar yapılarak salonun her noktada istenilen ses seviyesi sağlanmış, klima sisteminin gürültüsü de yok edilmiştir. Dış ortamdan gelen gürültüyü çift cam kaplama izole etmektedir.

Bu proje çelik ve cam ile yaratılan böyle bir mekanın değişik fonksiyonlara nasıl cevap verebildiğini göstermektedir.

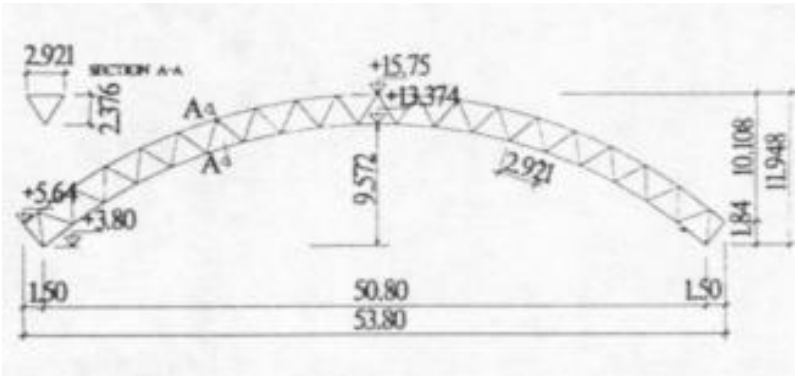
Bursa Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Sahne Çatısı



Şekil 4.8 Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Sahne Çatısı.

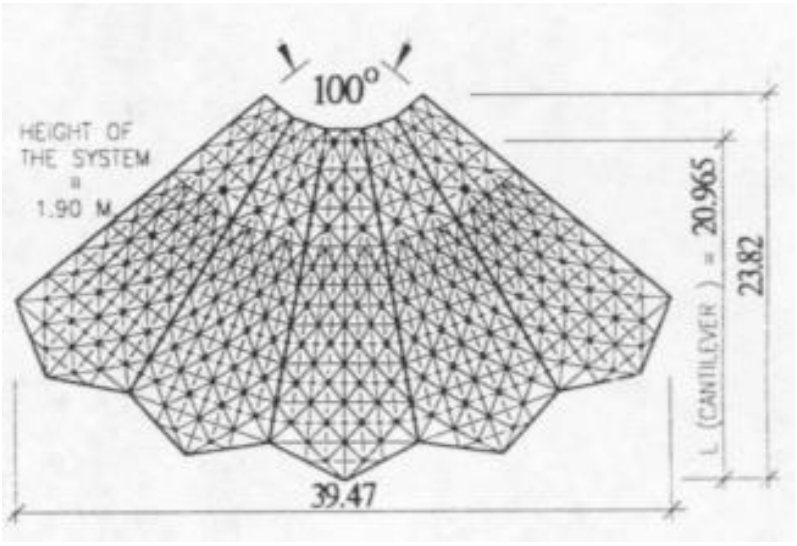
Bursa'da Bursa Kültür ve Sanat Vakfı için yapılan Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Sahne Çatısı 1996 yılında tamamlanmıştır.

Uzay kafes sistem ile örtülen alan 600 m^2'dir. Sistem 24 m. genişliğinde olup bir kiriş şeklinde sahne arkasında yer alan 30 cm. kalınlığında betonarme kolon üzerine bağlanır. Sahne önünde kolon yapılması yerine sahne üstündeki konsolu taşıyan bir kemer tasarlanmıştır. Sistemin üzerinden geçen bu üçgen kesitli kemer iki betonarme payandaya bağlanır. Bu kemerin açıklığı 54 m.'dir.



Şekil 4.9 Taşıyıcı kemer.

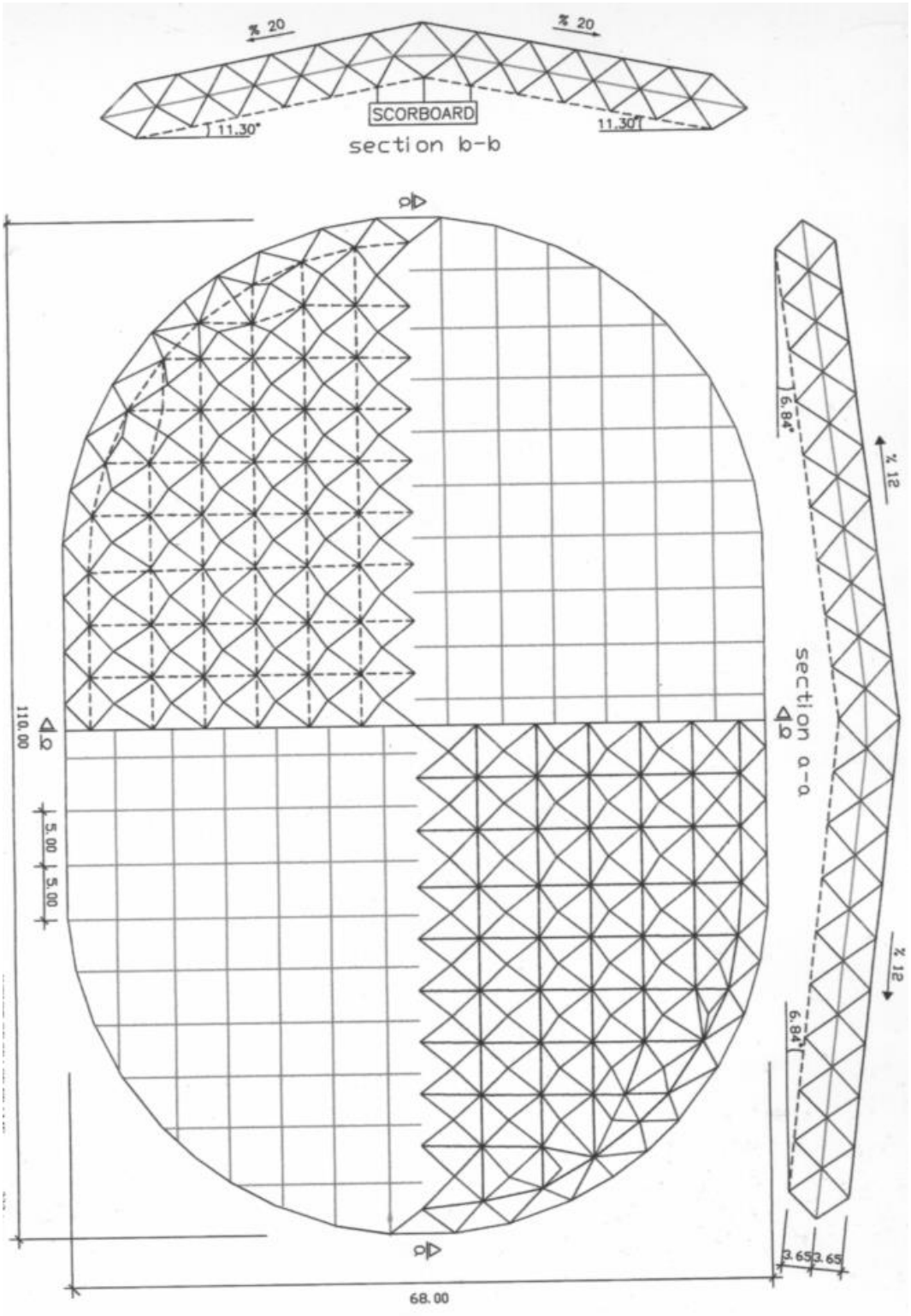
Sahneyi örten ve bir merkezden yelpaze gibi açılan uzay kafes sistem, bu kemere asılmıştır. Projedeki uzay kafes sistemdeki kemerin aksına paralel olan en büyük ölçü 39.47 m. ve buna dik olan ölçü 23.82 m.'dir. Bir uzay modülün yüksekliği 1.90 m.'dir.



Şekil 4.10 Uzay Kafes Sistem Sahne Örtüsü.

Uzay kafes sistem belirli mimari taleplere karşılayacak nitelikte özel kaplama malzemeleriyle kaplanmıştır. Strüktür üzerindeki aşıklara monte edilmek suretiyle sadece sandviç paneller kullanılmıştır.

Ankara, ASKİ -İvedik 5000 Kişilik Kapalı Spor Salonu



Şekil 4.11 Ankara ASKİ -İvedik Kapalı Spor Salonu Plan Ve Kesitler.

1997 yılında Uzay Sistem firması tarafından uygulanan binada örtülen açıklık 110000 x 68000 mm.'dir. Uzay sistem modülü 5000 mm. ve sistemin yüksekliği h: 3650 mm. + 3650 mm.'dir. Uzay sistem ağırlığı 232 ton olan örtüde; aşık ağırlığı 100 ton, scorboard ağırlığı ise 5 tondur.



Şekil 4.12 Ankara-İvedik ASKİ Spor Salonu.

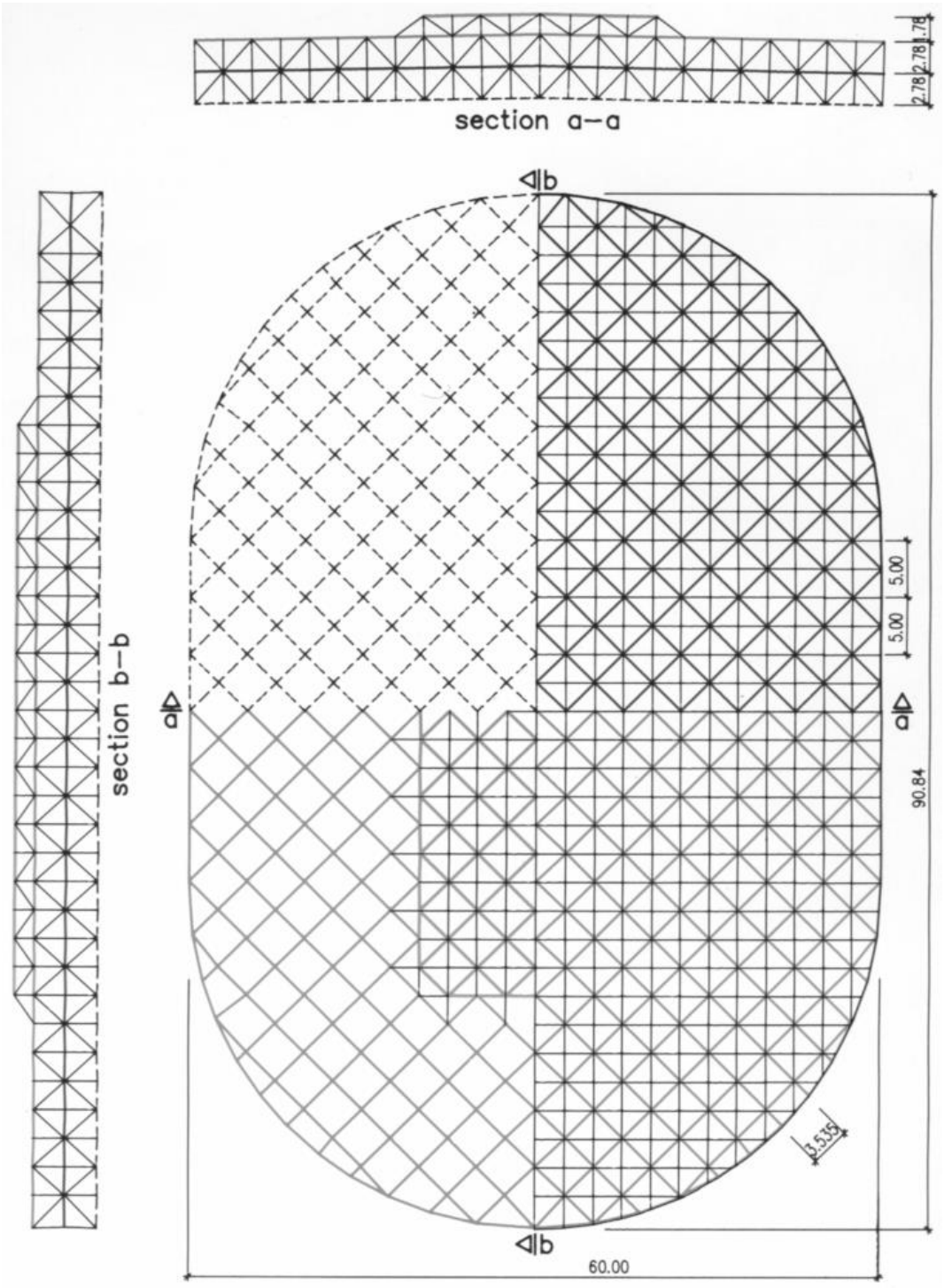


Şekil 4.13 Ankara-İvedik ASKİ Spor Salonunda Uygulanmış Çelik Kafes Sistem.

Ankara Türk Metal Sendikası Spor Salonu



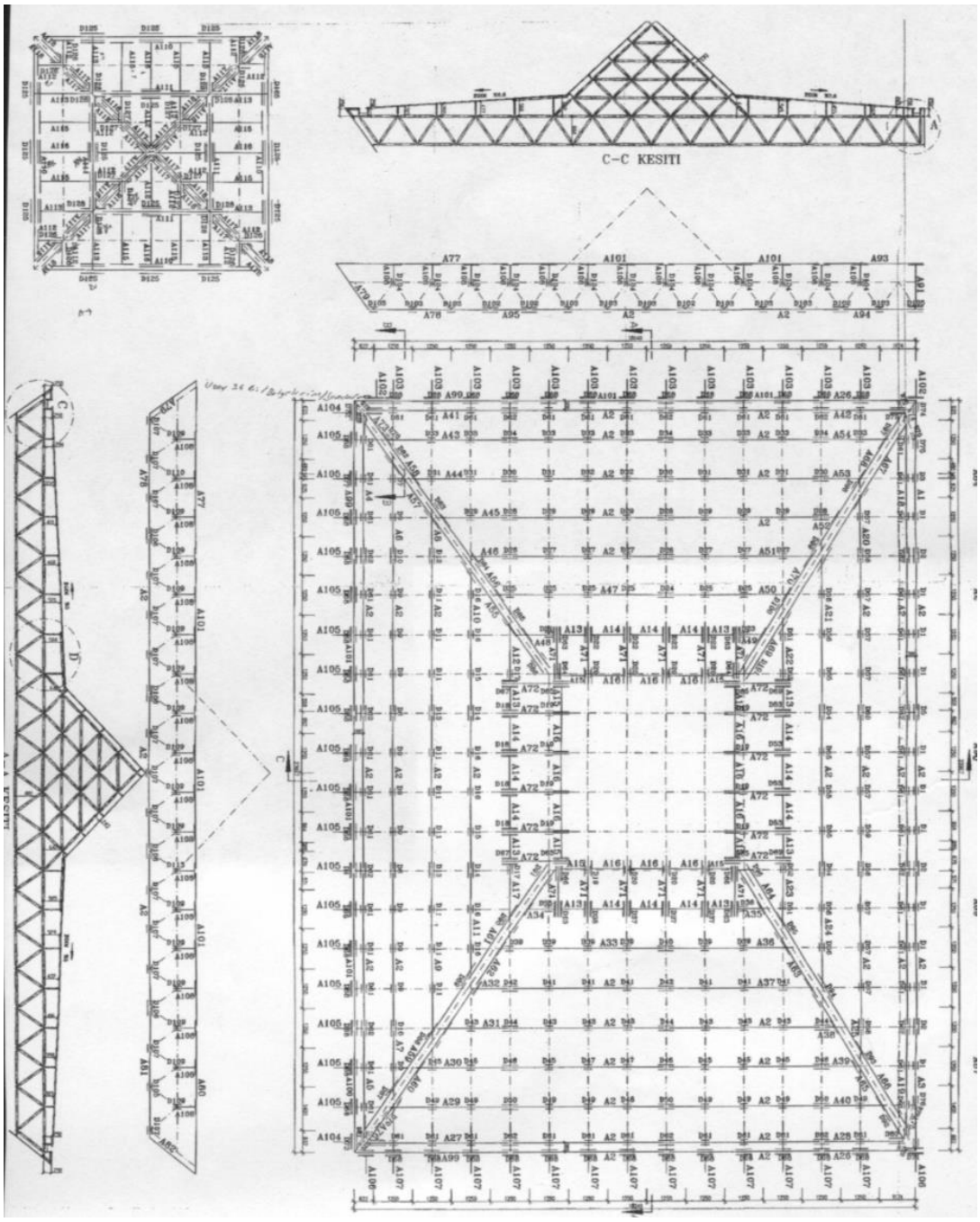
Şekil 4.14 Ankara Metal Sendikası Spor Salonu.



Şekil 4.15 Türk Metal Sendikası Spor Salonu Plan ve Kesitler.

1994 yılında Altınyaldız Firması tarafından uygulanan elips planlı uzay kafes sistemin açıklığı 90840 x 60000 mm.'dir. Sistemde düğüm sayısı 1338, çubuk sayısı 5856 ve uzay kafesin ağırlığı 196 tondur. Uzay sistem modülü 3535 mm. ve sistemin yüksekliği h: 5560 mm. + 1780 mm.'dir. Aşık ağırlığı 40 tondur.

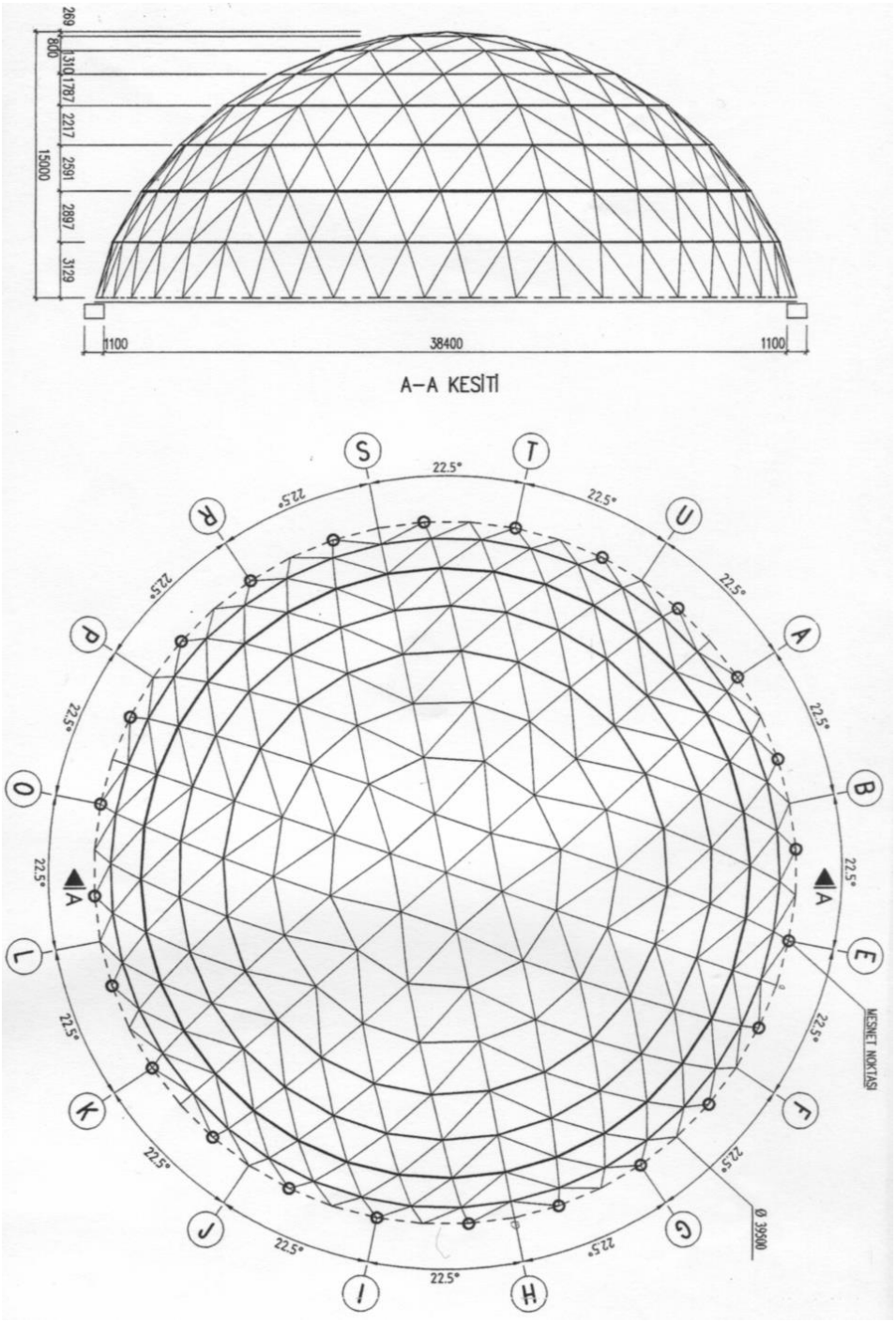
Jandarma Bölge Komutanlığı Misafirhanesi



Şekil 4.16 Jandarma Bölge Komutanlığı Misafirhanesi.

Bina 2000 yılında Uzay Sistem Firması tarafından uygulanmıştır. Orta bölümünde piramit meydana getirecek şekilde uygulanmış eğik uzay kafes sistemle örtülen açıklık ebatı 23967 x 18049 mm.'dir.

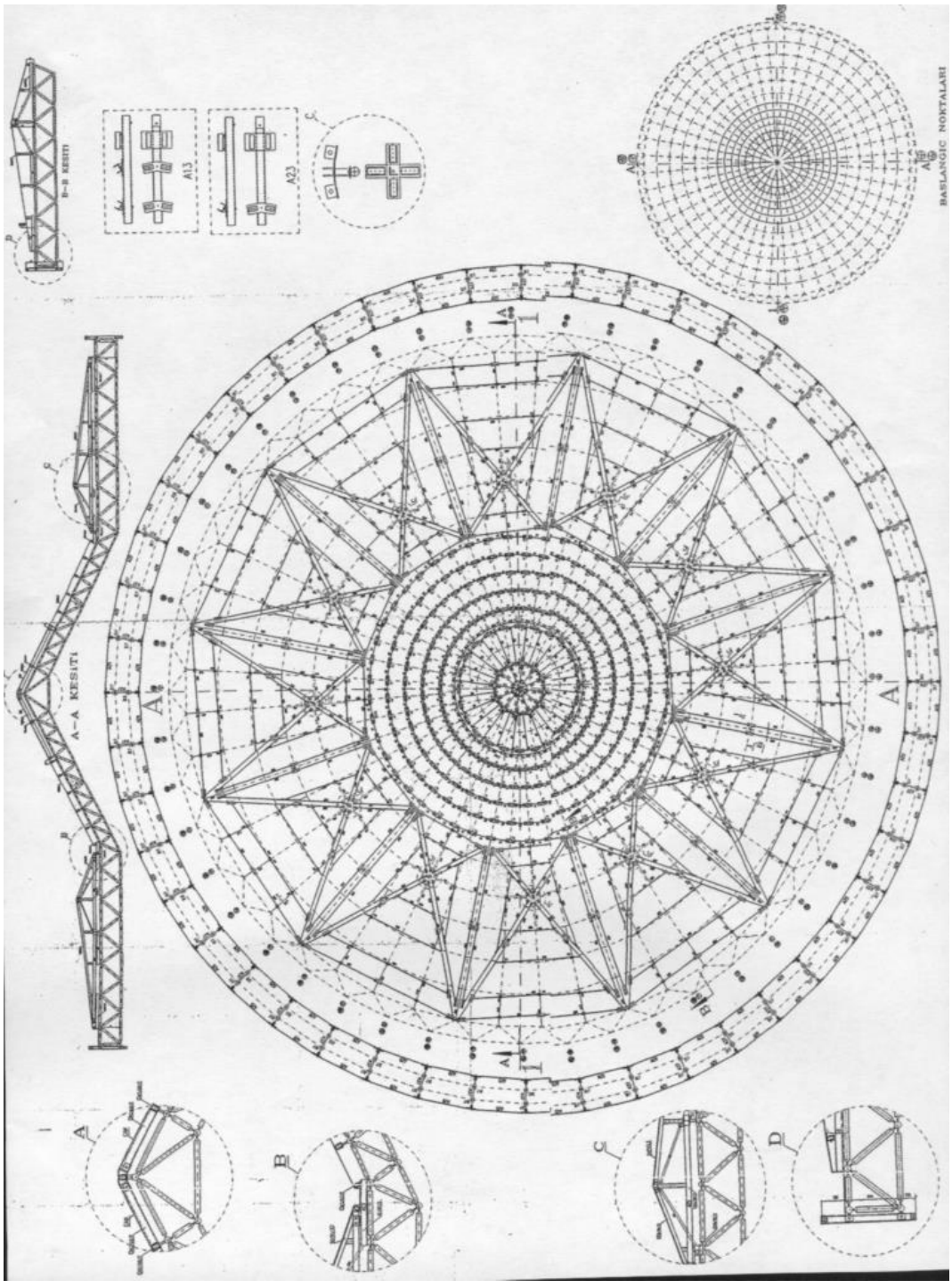
Kuş Kafesi



Şekil 4.17 Kuş Kafesi.

1999 yılında Altınyaldız firması tarafından uygulanan tek tabakalı uzay kafes kubbede düğüm sayısı 313, çubuk sayısı 888 ve uzay kafesin ağırlığı 14,500 kg'dır. Sistemin çapı 38400 mm., yüksekliği ise 15000 mm.'dir.

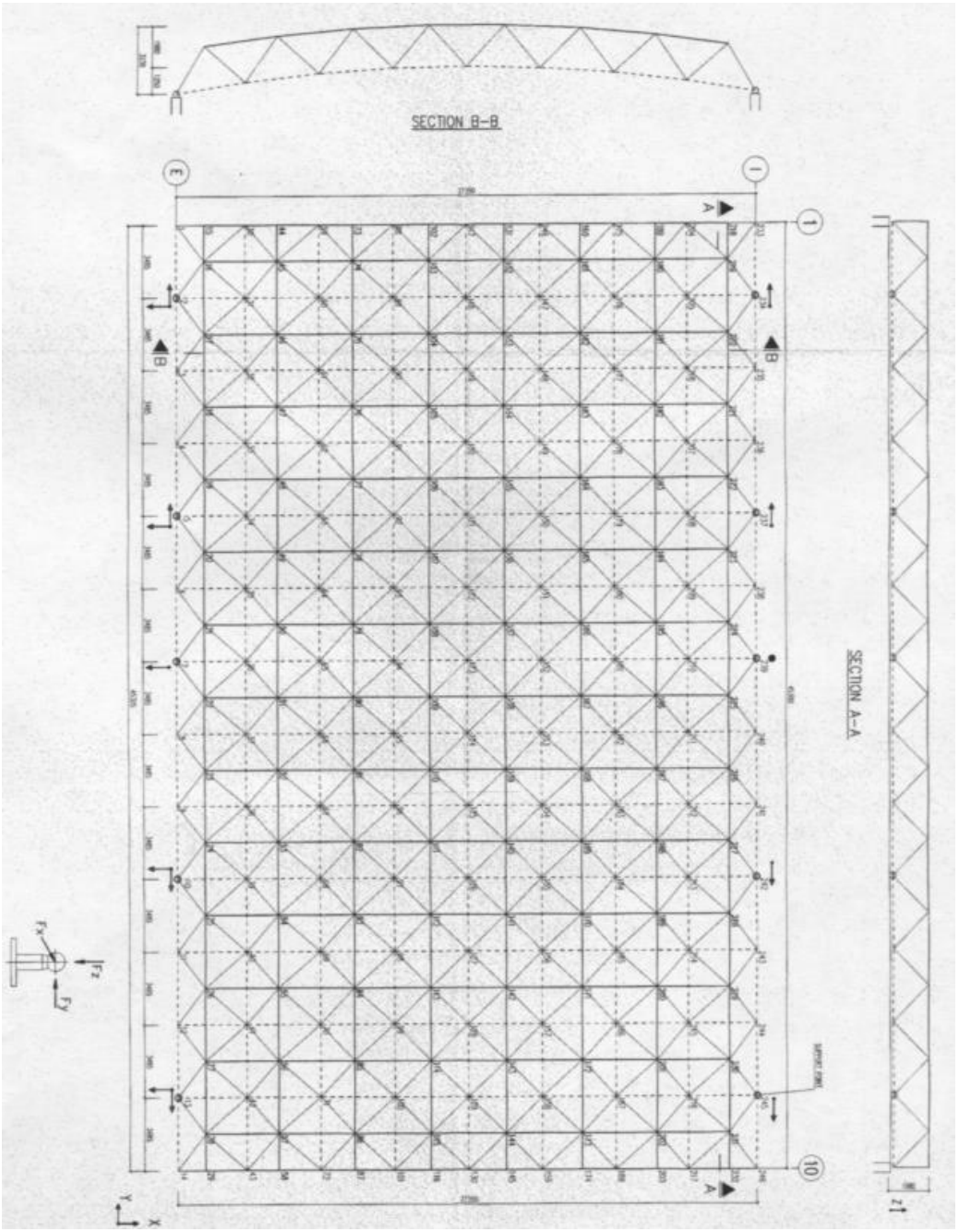
Ankara Belediye Fatih Park Kafeteryası



Şekil 4.18 Ankara Belediyesi Fatih Park Kafeteryası.

Bina 1999 Uzay Sistem Firması tarafından uygulanmıştır.

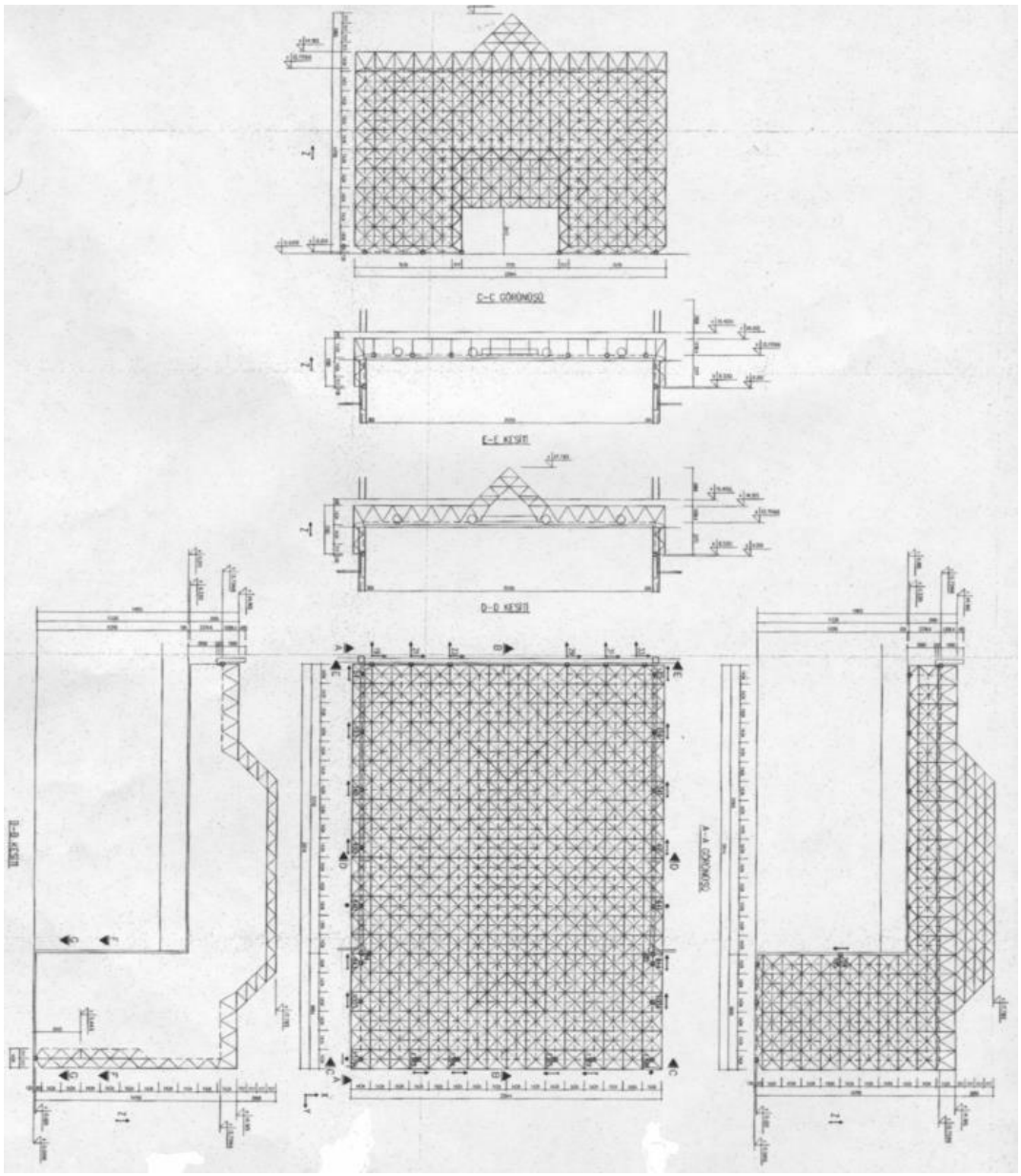
Jahra Yüzme Havuzu



Şekil 4.19 Jahra Yüzme Havuzu.

Bina 1997 yılında Altınyaldız firması tarafından uygulanmıştır. Uygulanan tek yönde eğimli uzay kafes sistemin açıklığı 45300 x 27350 mm.'dir. Uzay sistem modül yüksekliği 1980 mm.'dir. Sistemde düğüm sayısı 246, çubuk sayısı 894 ve uzay kafesin ağırlığı 15,387 kg'dır.

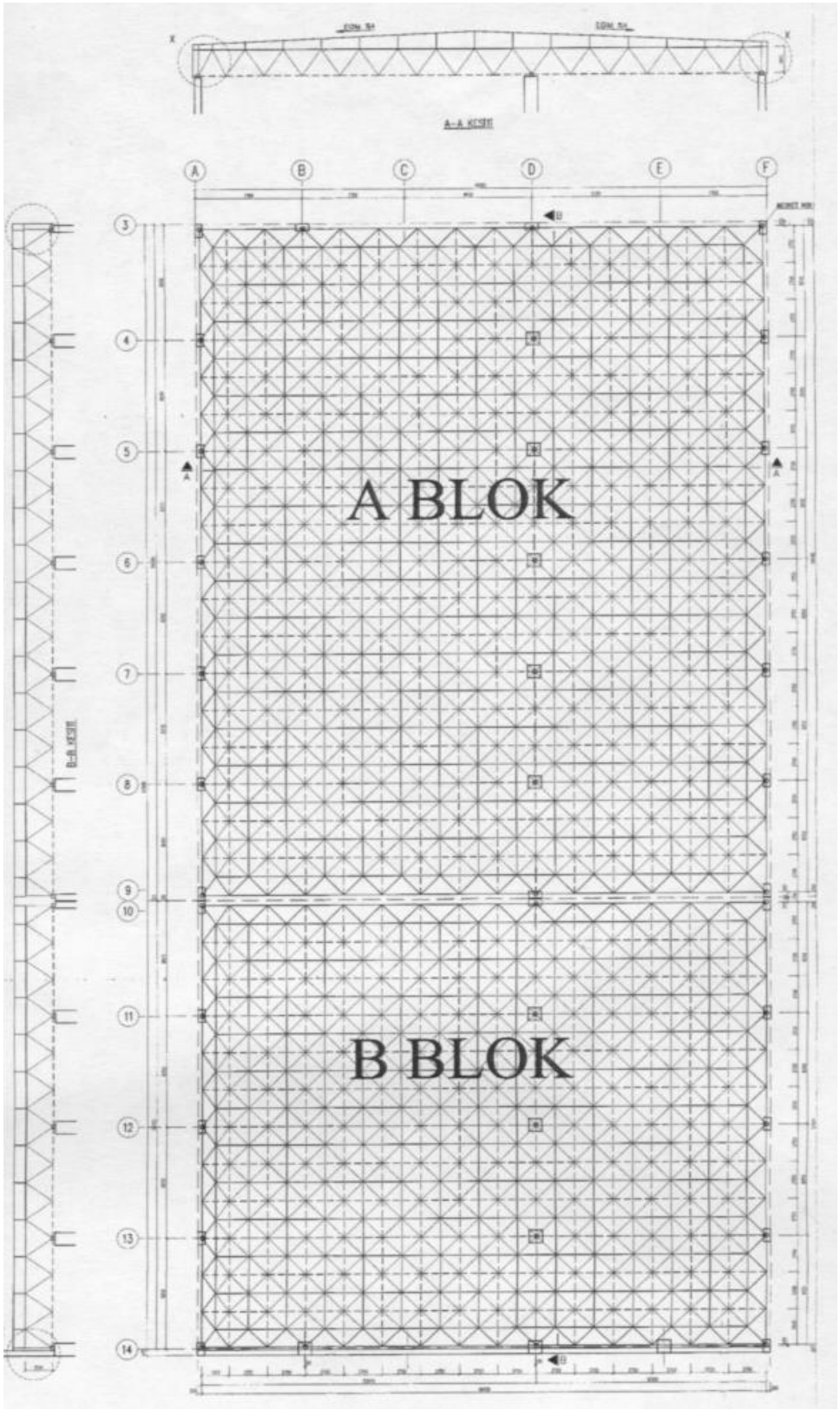
PTT Genel Müdürlüğü Sosyal Tesisi



Şekil 4.20 PTT Genel Müdürlüğü Sosyal Tesisi.

Bina 1997 yılında Altınyaldız firması tarafından uygulanmıştır. Bina yatayda ve düşeyde taşıyıcı olarak uzay kafes sistem olarak uygulanmıştır. Örtü yüzeyi 30114 x 22944 mm.'dir. Birim modüller 717 x 1434 mm. veya 1434 x 1434 mm.'dir. Konstrüksiyonun yüksekliği 17783 mm.'dir. Bu uzay kafes sistemde düğüm sayısı 1552, çubuk sayısı 6113 ve uzay kafesin ağırlığı 27,500 kg'dır.

Torunlar İnşaat



Şekil 4.21 Torunlar İnşaat Hangar Binası.

Torunlar İnşaat için Altınyaldız Firması tarafından 2000 yılında uygulanan bina A ve B blok şeklinde dilatasyonla ayrılmıştır. Toplam örtü yüzeyi 83600 x 41000 mm., uzay sistem modül yüksekliği 1944 mm.'dir. A Blokda uygulan kafes sistemde düğüm sayısı 640, çubuk sayısı 2420 ve sistemin ağırlığı 23,500 kg; B Blokda ise, düğüm sayısı 442, çubuk sayısı 1652 ve sistemin ağırlığı 15,800 kg'dır. Uzay sistemin üstü sandviç panellerle kaplanmıştır.

Kuveyt Otobüs Terminali



Şekil 4.22 Kuveyt Otobüs Terminali.

1996 yılında Kuveyt'te Uskon Firması tarafından uygulanmıştır. Alanı 3257 m^2 olan eğrisel uzay kafes sistemin maksimum açıklığı 23800 mm.'dir. Modül boyu ve modül yüksekliği değişkendir. Sistemin üzeri sandviç panel ve ışıklıklar ile kaplanmıştır.

Kuveyt Spor Salonu

1995 yılında Kuveyt'te Uskon Firması tarafından uygulanmıştır. Alanı 3740 m^2 olan düzlem uzay kafes sistemin maksimum açıklığı 63000 mm.'dir. Modül boyu 4000 mm., modül yüksekliği 3000 mm.'dir. Sistemin üzeri sandviç panel ve ışıklıklar ile kaplanmıştır.



Şekil 4.23 Kuveyt Spor Klübü-Yüzme Havuzu Kompleksi.

İstanbul Dünya Ticaret Merkezi



Şekil 4.24 İstanbul Dünya Ticaret Merkezi.

Uskon Firması tarafından uygulanmıştır. Alanı 9500 m^2 olan düzlem uzay kafes sistemin tamamlanma yılı 1995'tir. Modül boyu 2981 mm., modül açısı α: 48° ve yüksekliği 2341 mm.'dir. Sistemin üzeri membran ile kaplanmıştır.

Antalya Otogarı



Şekil 4.25 Antalya Otogarı.

1995 yılında Uskon tarafından uygulanmıştır. Alanı 8490 m^2 olan düzlem uzay kafes sistemin maksimum açıklığı 25000 mm.'dir. Modül yüksekliği 2121 mm. ve modül boyu değişkendir. Sistemin üzeri tek kat boyalı saç ile kaplanmıştır.

Umman-Zakher Alışveriş Merkezi



Şekil 4.26 Zakhar Alışveriş Merkezi.

1995 yılında Uskon Firması tarafından uygulanmıştır. Alanı 5200 m^2 olan düzlem uzay kafes sistemin maksimum açıklığı 32240 mm.'dir. Modül boyu ve modül yüksekliği değişkendir. Sistemin üzeri sandviç panel ve ışıklıklar ile kaplı saçaklar kaplamasızdır.

Pamukkale Kuzey Güney Giriş Kapıları



Şekil 4.27 Pamukkale Kuzey Güney Giriş Kapıları.

Altınyaldız Firması tarafından uygulanmış yapı üç tabakalı üçgen modüllü uzay sistem olarak tertip edilmiştir. Uzay sistem modül boyu 3.00 m. modül yüksekliği 2 x 1.225: 2.45 m.'dir. Uzay sistemin tamamı bronz renkli üçgen piramit şeklinde polikarbonat levhalarla kaplanmıştır. Orta kısımda 12 x 12 x 12 m. boyutlarında eşkenar üçgen boşluk mevcuttur.

İstanbul, Sabah Gazetesi Güneşli Tesisleri

Sabah Gazetesi tesisleri ön ve arka cephesi ile çatısı uzay sistem şeklinde dizayn edilmiş olup cephe komple şeffaf kaplamadır. Çatıda ara bölümler, binanın tabii aydınlatılması için şeffaf panellerle donatılmıştır. Altınyaldız Firması tarafından projelendirilmiş sistemin komple inşaat alanı takriben 2500 m^2'dir



Şekil 4.28 Sabah Gazetesi Güneşli Tesisleri.

.

Uzay Kafes Sistemle Uygulanmış Diğer Örnekler



Şekil 4.29 Kuveyt, Katolik Klisesi Yürüyüş Yolu, Usten.



Şekil 4.30 Kuşadası, Fantasıa Oteli, Usten.



Şekil 4.31 Ankara, Altınpark, Uzaykon.



Şekil 4.32 Ankara- Söğütözü, Yimpaş Alışveriş Merkezi, Uzaysan.



Şekil 4.33 Adana Havalimanı, Uzaykon.



Şekil 4.34 İstanbul, Okmeydanı Cemal Kamacı Spor Kompleksi, Uzay Sistem.



Şekil 4.35 İstanbul, Yedpa Ticaret Merkezi, Uzay Sistem.

BÖLÜM : 5
GENEL DEĞERLENDİRME

Günümüz ve geleceğin strüktürleri daha hafif, daha dayanıklı ve daha esnek olma sürecindedir. Bu nedenle yapılarda kendi ağırlığına dayalı taşıma gücünün yerini giderek yapı bütünlüğünün sağladığı örgütsel güç almaktadır. Bu durumda, sınırlı olanaklara sahip geleneksel yapım sistemlerinin yerine uzay örgütlerinin temel ilke olarak benimsenmesi gerekir.

Geçmişin iki boyutlu yapılarından üç boyutlu yapım sistemlerine geçiş mimari için bir devrim olmuştur. Uzay sistemler, bu açıdan bakıldığında avantajlarıyla devrimin bir parçası olma niteliğine sahiptir.19. yüzyıldan beri yurtdışında uygulanmalarına karşın ülkemizde yeni yeni gelişen bir sistem niteliğindedir. Ülkemizde uzay kafes sistemi üreten kuruluşların geçmişi 20 yıl öncesine dayanmaktadır. Yine de bu kısa zaman diliminde, uzay kafes sistemler ile pek çok uygulama yapılmıştır.

Uzay kafes sistemler, temelde altı çubuktan meydana gelen tetrahedron(4yüzlü) modüllerden oluşmaktadır. Modüler organizasyonun temel yasalarına uygun olarak form alan uzay sistemler, düzlem ve eğrilikli uygulanabileceği gibi, tek başlıklı veya çift başlıklı olarak da uygulanabilirler.

Uzay kafes sistemleri oluşturan elemanlar, çubuklar, çubukların birbirlerine bağlanarak yüzey oluşturmalarını sağlayan düğüm noktaları ve bu yüzeyin zemine bağlanmasını sağlayan mesnetlerdir. Uygulamada kullanılan çubuklar; U,O,L,T ve I profil olarak kullanılabilmektedir. Sistem içindeki konumuna göre çubuklar, üst başlık, alt başlık, diyagonal ve dikmelerden oluşmaktadırlar.

Çubukların birbirine bağlanmaları, Mero, Unibat, Oktaplatte, SDC, Pyramitec, Tridimatec, Unistrut, Space Deck, Triodetic ve Moduspan sistemleri ile sağlanmaktadır. Ülkemizde çubuklar, düğüm noktaları ve civatalardan oluşan bir sistem uygulanır. Çubuklar ve düğüm noktalarından oluşan modüler yüzey, mesnetler ile doğrudan temele oturtulabileceği gibi, kolonlara, perde duvarlara veya yine bir uzaysal elemana mesnetlenebilmektedir.

Uzay kafes sistemlerin uygulama aşamaları ve geometrisi incelendikten sonra, çatı örtüsünün tasarımı ve uygulama biçimleri de ele alınmıştır. Çatı yüzeyinin kuruluşu; çatı kaplamasının strüktür ile ilişkisi, yüzeyden gün ışığı sağlanması, yağmur sularının toplanması ve çatı yüzeyi bitiş detayları dikkate alınarak tasarlanmaktadır.

Çatı örtüsünün strüktür ile ilişkisi, düzlem uzay sistemlerde sürekli bir aşık sistemiyle, eğrisel strüktürlerde ise noktasal ara elemanlar ile sağlanmaktadır. Strüktür yalın olarak kullanılabildiği gibi, çatı örtüsü strüktürün altında, arasında veya üzerinde uygulanabilir.

Geleneksel kolon-kiriş sisteminden üç boyutlu değerlere geçiş bu sistemlerle maksimum açıklığa ulaşmıştır. Prefabrike standart elemanlardan oluşması, stabilitesi, montaj ve demontajının kolay olması, nakliye kolaylığı, ekonomikliği, istenilen yerde kolayca montajı ve istenilen yere vinç ile kaldırılabilmesi, özgür tasarımlara olanak vermesi, üreyebilen modüler bir dokuya sahip olması, hafif ve estetik olması, özgür detay yaratımına açık olması uzay sistemin mimarlığa kazandırdığı önemli özelliklerdir.

Ülkemizde uygulamaları, endüstri yapıları, spor salonları, konferans salonu çatıları, geniş açıklıklı kubbeler, uçak hangarları, tüneller ve köprüler, stadyum çatıları, otogar çatıları, taklar, tonozlar ve kanopilerde görülmektedir. Günümüzde büyük açıklıkların geçilmesinde sistem neredeyse tek seçeneğe dönüşmüş durumdadır. Gerçekten betonarme kabuk yapımındaki güçlükler ve durağanlık uzay kafes sistemleri öne çıkarmıştır. Gelecekte bunun daha da yoğunlaşması beklenmelidir. Konuya ilişkin teknolojik gelişmeler bu olasılığı daha da güçlendirmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Makowski, Z.S.,** 1965. Steel Space Structures, London.

[2] **Engel, H.,** 1967. Tragsysteme, Verlags Anstalt, Stutgart.

[3] **Wenzel, F.,** 1982. Taşıyıcı Sistemler Ders Notları, Çevirenler: Yorulmaz, M., Duman, N., İstanbul.

[4] **Salvadori, M., Heller, R.,** 1980. Mimarlıkta Taşıyıcı Sistemler, Çevirenler: Karataş, H., Utku, B., İTU Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.

[5] **Borrego, J.,** 1968. Space Grid Structures, M.I.T. Press.

[6] **Gerçek, Cemil,** 1979. Yapıda Taşıyıcı Sistemler, Yaprak Kitabevi, Ankara.

[7] **Gökçe, G.,** Çağdaş Mimaride Strüktür, Akademi Dergisi, Sayı:9.

[8] **Ayaydın, Y.,** 1981. Büyük Açıklıklı Prefabrike Betonarme Yapılar, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[9] **Bayülgen, C.,** 1993. Çağdaş Strüktür Sistemleri, YTU, Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul.

[10] **Yurtsever, H.,** 1990. Üç Boyutun Temel İlkeleri, Birinci Cilt, Teknik Yayınevi, Ankara.

[11] **Deren, H.,** 1984. Çelik Yapılar, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

[12] **Eriç, M.,** 1978. Yapı Malzemeleri, Cilt 2, İstanbul.

[13] **Toydemir, N.,** 1990. Cam Yapı Malzemeleri, Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık, Eskişehir.

[14] **Avşar, E.,** 1993. Yapıda Temelden Çatıya Cam Ve Cam Kökenli Malzeme Türleri Ve Uygulama Örnekleri, Sempozyum Notları, YEM Yayınları, İstanbul.

[15] **Sirel, H.K.,** 1992. Müze Aydınlatılmasında Zararlı Işınımlar Ve Nesnelerin Bunlardan Korunması, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşbirliği, İstanbul.

[16] **Özer, M.,** 1982. Yapılarda Isı Ve Su Yalıtımları, Özer Yayınları, İstanbul.

[17] **Eyiler, Mert,** 1997. Uzay Kafes Strüktürlerde Detay Çözümlerinin İncelenmesi,*Yüksek LisansTezi*, MSU,İstanbul.

[18] **Karslı, H.,** 1999. Uzay Kafes Sistem ve Birleşim Elemanları, *Mimari Tasarım Ve Uygulama Bakımından Çelik Sempozyum Bildirileri,* YTU, İstanbul, 27 Aralık.

[19] **Özyar, H.,** 1999. Mimari Tasarım Ve Uygulama Açısından Çelik Uzay Kafes Sistemler, *Mimari Tasarım Ve Uygulama Bakımından Çelik Sempozyum Bildirileri,* YTU, İstanbul, 27 Aralık.

[20] **Sözer, M.,** 1999. Çelik Yapıların Uygulanmasında Bir Alternatif: Uzay Sistem Prefabrike Çatılar Ve Sağladığı Avantajlar, *Mimari Tasarım Ve Uygulama Bakımından Çelik Sempozyum Bildirileri,* YTU, İstanbul, 27 Aralık.

[21] **McAslan,T.,** 1997. Kent Tasarımında Yeni Bir Obje, *TASARIM Mimarlık İç Mimarlık Ve Görsel Sanatlar Dergisi,* **69,** 96-101.

[22] **Jahn, H.,** 1997. Kempinski Oteli, *TASARIM Mimarlık İç Mimarlık Ve Görsel Sanatlar Dergisi,* **74,** 50-64.

[23] **Marulyalı, Y., Yük. Müh. Mim. ve Aksüt, L., Yük. Müh.,** 1997. Antalya Cam Piramit Sabancı Kongre Ve Fuar Merkezi, *TASARIM Mimarlık İç Mimarlık Ve Görsel Sanatlar Dergisi,* **79,** 50-57.

[24] **MERO-Vision Kataloğu**, 1997/1998.

[25] **Yapı Malzemeleri Kataloğu**, Mimarlar Odası, 2001

[26] **USKON Firması Bilgi Föyleri**

[27] **USTEN Firması Bilgi Föyleri**

[28] **UZAYKON Firması Bilgi Föyleri**

[29] **UZAY SİSTEM Firması Bilgi Föyleri**

[30] **ALTINYALDIZ Firması Bilgi Föyleri**

[31] **ŞİŞECAM Firması Bilgi Föyleri**

[32] **Mazlum, S.,** 2000. Kişisel Görüşme.

[33] **Alaçam, A.,** 2000. Kişisel Görüşme.

[34] **Altınyaldız,A.,** 2001. Kişisel Görüşme.

PROJELER	ADI	ÖZELLİKLERİ	YAPIMCI FİRMA-UYGULAMA TARİHİ
	Bursa, Hayvanat Bahçesinde Kuş Kafesi	Tek tabakalı Yarı Yumurta Formunda Uzay Kafes Sistem Alan: 40 x 70 m. h: 20 m. Düğüm Noktası: 700 Çubuk Sayısı: 2029 Örtü: Naylon ağ	Uskon-1998
	Antalya, Cam Piramit, Sabancı Kongre ve Fuar Merkezi	Piramidal Uzay Kafes Sistem Alan: 60 x 60 m. Uzay sistem modül: 2.60 x 3.00 m. Örtü: Çift Cam Paneller	Uskon-1997
	Bursa, Kültürpark Açıkhava Tiyatrosu Sahne Çatısı	Yelpaze Biçiminde Uzay Kafes Sistem Alan: 600 m^2 Uzay Sistem Modül Yüksekliği: 1.90 m. Örtü: Sandviç Panel	Uskon-1996
	Ankara, ASKİ- İvedik 5000 Kişilik Kapalı Spor Salonu	Eliptik Uzay Kafes Sistem Alan: 110 x 68 m. h: 3.65 m.+3.65 m. Uzay Sistem Modül: 5.00 m. Örtü: Sandviç Panel	Uzay Sistem-1997
	Ankara, Türk Metal Sendikası Spor Salonu	Eliptik Uzay Kafes Sistem Alan: 90.84 x 60 m. h: 5.56 m.+1.78 m. Düğüm Noktası:1338 Çubuk Sayısı:5856 Örtü: Sandviç Panel	Altınyaldız-1994
	İstanbul, Yedpa Ticaret Merkezi	Düzlem Uzay Kafes Sistem Çatı Yüzeyinin Cepheye Döndürülmesi İle Bitirilir. Örtü: Polikarboat Levha Ve Işıklıklar	Uzay Sistem
	Ankara, Altınpark Paten Pisti	Eğrisel Uzay Kafes Sistem Örtü: Mimari Tekstil Çatı Örtüsü	Uzaykon

EK A.1 Uzay Kafes Sistemde Uygulanmış Projeler

PROJELER	ADI	ÖZELLİKLERİ	YAPIMCI FİRMA-UYGULAMA TARİHİ
	Pamukkale Kuzey Güney Giriş Kapıları	Üç Tabakalı Üçgen Modüllü Uzay Kafes Sistem Uzay Sistem Modül Boyu: 3.00 m. Modül Yüksekliği: 2x1.225: 2.45 m. Örtü: Polikarbonat Levha	Altınyaldız
	Kuveyt Otobüs Terminali	Eğrisel Uzay Kafes Sistem Alan: 3257 m^2 max. Açıklık: 23.8 m. Örtü: Sandviç Panel ve Işıklıklar	Uskon-1996
	Kuşadası, Fantasia Oteli Kafeteryası	Piramidal Uzay Kafes Sistem Örtü: Mimari Tekstil Çatı Örtüsü	Usten
	Kuveyt, Katolik Kilisesi Yürüyüş Yolu	Piramit Modüllü Uzay Kafes Sistem Örtü: Mimari Tekstil Çatı Örtüsü	Usten
	İstanbul, Dünya Ticaret Merkezi	Düzlem Uzay Kafes Sistem Alan: 9500 m^2 Modül Boyu: 2.981 m. modül yüksekliği: 2.341 m. Örtü: Membran	Uskon-1995
	Antalya Otogarı	Düzlem Uzay Kafes Sistem Alan: 8490 m^2 Açıklık: 25 m. Modül Yüksekliği: 2.121 m. Örtü: Tek kat Boyalı Saç	Uskon-1995

EK A.2 Uzay Kafes Sistemde Uygulanmış Projeler

ÖZGEÇMİŞ

Z. Deniz TEKGÜVERCİN

1978 yılında Bandırma'da doğdu, ilk ve orta öğrenimini Balıkesir Dursunbey Lisesinde tamamladı. Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde 1994'de başladığı lisans eğitimini 1998 yılında üçüncü olarak tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı Taşıyıcı Sistemler Biriminde yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı zamanda sahibi bulunduğu Delta Mimarlık Bürosu'nda mesleğini sürdürmektedir.