

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**CAM ELYAF TAKVİYELİ POLYESTER (CTP) İLE ÜÇGEN
PİRAMİT MODÜLÜNDE UZAY ÇATI SİSTEMİ**

**Tezi Hazırlayan
Kenan DAĞ**

**Danışman
Prof.Dr.Yahya GÜZEL**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2012
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**CAM ELYAF TAKVİYELİ POLYESTER (CTP) İLE
ÜÇGEN PİRAMİT MODÜLÜNDE UZAY ÇATI SİSTEMİ**

**Tezi Hazırlayan
Kenan DAĞ**

**Danışman
Prof.Dr.Yahya GÜZEL**

Yüksek Lisans Tezi

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
Proje No: FBY-12-3847 numaralı projesi ile desteklenmiştir.**

**Haziran 2012
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Kenan DAĞ

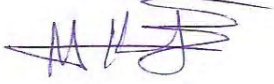
İmza:

YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) ile Üçgen Piramit Modülünde Uzay Çatı Sistemi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Kenan DAĞ



Danışman

Prof. Dr. Yahya GÜZEL

Kimya Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Mustafa SOYLAK



Prof. Dr. Yahya GÜZEL danışmanlığında **Kenan DAĞ** tarafından hazırlanan “**Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) ile Üçgen Piramit Modülünde Uzay Çatı Sistemi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Kimya Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

13/06/ 2012

(Tez teslim tarihi)

JÜRİ

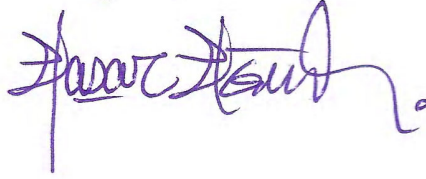
Başkan: Prof. Dr. Şaban PATAT



Üye: Prof.Dr.Yahya GÜZEL

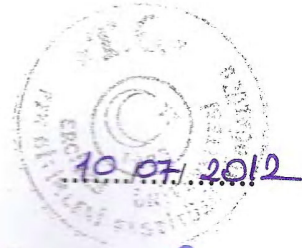


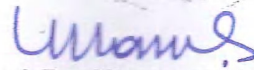
Üye: Yrd. Doç. Dr. Yaşar UĞUR



ONAY

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 10/07/2012...tarih ve 2012/29-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.




Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım süresince yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm, her konuda fikir ve tecrübeleriyle bana destek olan ve tez çalışmamın danışmanlığını yürüten Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi değerli hocam Sayın **Prof. Dr. Yahya GÜZEL**'e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

İnşaat Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Yard. Doç. Dr. Yaşar UĞUR hocama çalışma sırasında desteklerinden ve mukavemet ölçümlerinde yaptığı yardımlarından dolayı teşekkür ederim

Çalışmam sırasında yardımcı olan arkadaşım Ahmet ARSLAN ve Muhammet AYAN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarımıza Vatan Plastik'e polipropilen, Ece plastik'e CTP'li çubuklar ve Tongün Plastik'e bulk moulding composite (BMC) malzeme desteğinden dolayı şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışmasına destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (**Proje No:** FBY-12-3847) teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan desteklerini benden esirgemeyen **aileme** teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

CAM ELYAF TAKVİYELİ POLYESTERLE (CTP) ÜÇGEN PİRAMİT MODÜLÜNDE UZAY ÇATI SİSTEMİ

Kenan DAĞ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2012

Danışman: Prof. Dr. Yahya GÜZEL

ÖZET

Üçgen piramit veya tetrahedral (ÜPT) modüllerin bir serisine sahip uzay çatı sistemi en az bir kiriş veya yapısal elementi içerir. Dört sürekli paralel çubuk arasında düzenlenmiş olan ÜPT modülü bir merkez bağlantı elemanının dört ağ üyesi vasıtasıyla tetrahedron köşelerdeki bağlantı elemanlarıyla ilişkilmesiyle bir bütün olarak oluşur. Kübik elmas olarak bilinen kristalli örnek yapı içerisinde her bir ÜPT hayali ve örgüsüz bir kübik birim kafes içinde yerleşmiştir. ÜPT paralel çubuk içerisinde tek başına yerleşebilir veya daha ötesi kiriş içerisine tekrarlanan yönlenmiş modüllerin bir serisini bağlamakla toplanabilir. Paralel çubuklardan birisi bir köşe düğümünün içerisinde geçerek bir ÜPT'e bağlanabilir. Böylece her bir ÜPT modülünün dört ağ üyesi dört paralel çubuğa bağlanmıştır. Projenin amacı dört paralel çubuk içinde bağlanmış ÜPT modüllerinin kombinasyonu ile yapısal eleman, kiriş veya uzay çatı oluşturmaktır.

Anahtar kelimeler; Uzay çatı sistemi, tetragonal, Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Çubuk.

FIBER GLASS REINFORCED POLYESTER SPACE FRAMEWORK SYSTEM IN TRIANGLE PYRAMID MODULE

Kenan DAĞ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, June 2012

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Yahya GÜZEL

ABSTRACT

A space frame comprises at least one truss or structural element, that has a series of triangular-pyramid or tetrahedral (TPT) modules. The TPT module that is arranged between four continuous parallel chords is formed entirely by connecting one central node with the tetrahedron vertex nodes by means of four web members. In the pattern of the crystallographic structure, known as "cubic-diamond," each TPT is placed in an imaginary, edgeless cubic unit lattice. The TPT can be used singly in the parallel chords or can be further assembled by connecting a series of modules into a truss by repeating the orientation. One of the parallel chords is connected to the TPT module by passing inside one vertex node. Thus, the four web members of each TPT module are connected into four distinct parallel chords. The space frame can be formed by combining at least two horizontally stacked trusses. The invention claimed is to be used to form structural elements, trusses or space frames, by combining TPT modules arranged between four parallel chords.

Keywords: Space framework system, tetragonal, fiber glass reinforcement chords.

İÇİNDEKİLER

CAM ELYAF TAKVİYELİ POLYESTER (CTP) İLE ÜÇGEN PİRAMİT MODÜLÜNDE UZAY ÇATI SİSTEMİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Uzay Kafes Sistemleri.....	4
1.2. Uzay Kafes Sistemlerinin Tarihçesi	6
1.3. Uzay Kafes Sistemlerinin Türleri.....	8
1.3.1. Düzlem Yüzeyli Uzay Kafes Sistemler.....	10
1.3.2. Eğri Yüzeyli Uzay Kafes Sistemler.....	11
1.3.2.1. Tonoz Biçimli Uzay Kafes Sistemler	11
1.4. Uzay Kafes Sistemlerinin Avantajları.....	14

1.4.1. Yapı Sistemi Olarak Avantajları	14
1.4.2. Depreme Karşı Avantajları	14
1.4.3. Maliyet Avantajları.....	15
1.4.4. Uzak Kafes Sistemlerin Sanayi Tesislerinde Kullanılmasının Avantajları	16
1.4.5. Uzak Kafes Sistemlerin Sanayi Tesislerinde Kullanılmasının İşlevsel Avantajları.....	16
1.4.6. Uzak Kafes Sistemlerin Sanayi Tesislerinde Kullanılmasının Görsel Avantajları.....	17

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Termoplastik Polimerler	17
2.1.1. Polipropilen	22
2.1.2. Naylon 66.....	23
2.2. Termoset Polimerler	24
2.3. CTP'li Uzak Kafes Sistem Elemanları	27
2.3.1. Düğüm Noktaları	27
2.3.2. Merkez Bağlantı Elemanları.....	28
2.3.2.1. Enjeksiyon kalıplama yöntemi	29
2.3.3. Çubuklar	32
2.3.3.2. Pultrüzyon Yöntemi.....	33

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Mukavemet Test Ölçümleri ve Sonuçları	35
3.2. Cam Elyaf Takviyeli Polyesterler (CTP)	37

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Elmas Yapılı Kiriş-Kemer İskeletin İnşaatı için Çubuk ve Modellerin Sabitleştirilmesi	42
4.2. CTP'li Üçgen Piramit Uzay Kafes Sistemlerinin Avantajları.....	44
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ.....	48

TABLÖLAR LİSTESİ**Sayfa No**

Tablo 2.1. Termoplastikler.....	23
Tablo 2.2. Propilenin özellikleri	24
Tablo 2.3. Naylon 66'ın özellikleri	25
Tablo 2.4. Enjeksiyon kalıplamada sayısal değerler	31
Tablo 3.1. Merkez bağlantı elemanının mukavemet ölçüm değerleri.....	36

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Bell'in uçan yüzük projesi.....	7
Şekil 1.2. Doğuray ve doğrultman	9
Şekil 1.3. ‘L’ açıklığı ve ‘H’ yüksekliği.....	10
Şekil 1.4. Düzlem yüzeyli uzay kafes sistemler.....	11
Şekil 1.5. Çift katlı tonoz biçimli uzay kafes.....	12
Şekil 1.6. Tek katlı tonoz biçimli uzay kafesler.....	13
Şekil 1.7. Çift katlı tonoz biçimli uzay kafesler.....	14
Şekil 2.1. Termoplastiklerin camsı geçiş ve erime sıcaklığı.....	19
Şekil 2.2. Termoplastik şekilleri	20
Şekil 2.3. Propilenin polimerizasyon reaksiyonu.....	22
Şekil.2.4. Termosetin reaksiyonu	25
Şekil 2.5. Düğüm noktaları (uç bağlantı elemanları)	28
Şekil 2.6. Düğüm noktaları (b,c,d).....	28
Şekil 2.7. Merkez bağlantı elemanı	29
Şekil 2.8. Enjeksiyon kalıplama makinesinin şematik boy kesiti	31
Şekil 2.9. CTP’li çubuklar	33
Şekil 2.10. Putruzyon makinesinin taslak gösterimi	34
Şekil 3.1. Mukavemet ölçüm cihazı ve özel bağlantı elemanının mukavemet ölçümü	36
Şekil 3.2. Elyaf dokuma türleri	39
Şekil 3.3. Cam elyafı üretim makinesi	39
Şekil 4.1. Düğüm noktaları olarak verilen uç bağlantı elemanları.....	42
Şekil 4.2. Elmas yapılı kiriş-kemer iskelet modelinin “Spartan’08” kuantum kimyasal hesaplanması ile oluşan geometrik yapı.....	42
Şekil 4.3. Elmas yapılı kiriş-kemer iskelet modelinin yapılmış hali.....	43

KISALTMALAR

CTP	: Cam Elyaf Takviyeli Polyester
T _e	: Termoplastiklerin Erime Sıcaklıkları
T _g	: Termoplastiklerin Camsı Geçiş Sıcaklığı
UV	: Mor Ötesi (Ultra Violet)
PMMA	: Polimetil Metakrilat
İPP	: İzotaktik Polipropilen
MFI	: Erime Akış İndeksi
S-YMBE	: Sp3 Yapılı Merkez Bağlantı Elemanı
UBE	: Uç Bağlantı Elemanları
ÜPT	: Üçgen Piramit veya Tetrahedral

GİRİŞ

Uzay kafes sistemler, birbirlerine düğüm noktalarından bağlı, basit çekmeye ya da basınca çalışan doğrusal çubuk ağlarından kurulu düzeneklerdir. Bu çubuklar düzeni, üzerine etkiyen dış yükleri iki doğrultuda mesnetlere ileten ve boşluğun organize edilmesi ilkesine göre üretilen çağdaş sistemlerdir. Uzay kafes strüktürlerle normal olarak statik, yapı zorlamalara gidilmeksizin, yapısal oluşumunun verdiği olanaklarla, büyük açıklıklı yapıların örtülmeleri konusu çözümlenmektedir [1].

Uzay kafes sistemlerde her düğüm noktası üç doğrultuda gelen çubuklarla tutulmaktadır. Bu nedenle, düğüm noktalarının yüksek hiperstatiklik derecesine sahip olmalarından dolayı mafsallı kabul edilmeleri de doğru bir yaklaşım olmaktadır. Büyük açıklıkların geçilmesinde klasik çelik çatı konstrüksiyonları gibi sistemler günümüzde yerini prefabrike çelik uzay sistemlere bırakmıştır. Uzay kafes sistemindeki bir yapı, kendisine gelecek yatay ve düşey etkileri her üç doğrultuda da dağıttıkları için stabilitesi oldukça yüksek yapılardır. Çeşitli geometrilerdeki geniş açıklıkların kolonsuz geçilerek kapalı mekân olarak kullanılması da oldukça ekonomik çözümler sağlayabilmektedir [2].

Uzay çatı sistemlerinde geniş ve uygun yükseklikte çatının tamamı her zaman kullanılabilir bölge haline getirilmesi bu çalışmada amaçlanmaktadır. Mimaride, mümkün olduğunca yüksek, kolonsuz ve geniş açıklıklı alanlar veya mekânlar inşa etmek ve bu alanları örtmek kuşkusuz mühendis ve mimarların tüm zamanlarda en önemli arayışlarından biri olmuştur.

Günümüzde bu arayışın en başarılı örnekleri uzay kafes sistemler ile gerçekleştirilmektedir. Uzay kafes inşaatında; ekonomik, hızlı, estetik ve güvenli çözümler prefabrike uzay kafes sistemlerle mümkün olabilmektedir. Böylece, prefabrike uzay kafes sistemler sayesinde, çağdaş teknoloji mimarının hizmetine

sunulmaktadır.

Geniş alanları örtmek için yaygın olarak kullanılan çelik konstrüksiyon uzay çatı sistemleri kullanılmaktadır ve yapısı oktahedralin yarısıdır.

Tarafımızdan ilk kez tasarlanan yapı iskeletinde ise Cam-Elyaf Takviyeli Polyesterden (CTP) çubuklar kullanılmakta ve yapısı tetrahedralin tamamıdır. Her iki sistem hem kiriş-kemer şeklinde kullanıldığı gibi hem de bu kemerlerin art arda birbirine bağlanmasıyla ağ yapılı uzay örtüsü oluşturulmaktadır. Mevcut uzay çatı sistemlerinden farklı olarak yeni bir konstrüksiyon tasarlanmıştır. İmalat yapmak üzere sp^3 melez yapısına sahip “Üçgen piramit modül ve tetrahedral yapı (ÜPT)” biçiminde yeni bir iskelet sistemi geliştirilmiştir.

İskelette yer alan “Üçgen Piramit/Elmas Yapı” modülünün bağlantı elemanları ve bu elemanların içinden geçen çubuklar CTP’den üretilmiştir. Yapılan kiriş-kemer iskeletinin bağlantı elemanlarının mukavemet ölçümleri yapılmıştır.

CTP’nin metallere göre üstün yönleri dikkate alındığında, CTP şeritlerinin çelik plakalara göre en önemli avantajları; hafiflik, korozyona uğramama ve esneklik olarak sıralanabilir. Ayrıca güçlendirme amacıyla kullanılan fiber takviyeli plastikler; ham maddesi piyasada bol miktarda bulunan ve üretimi kolay, maliyeti düşük, istenen dayanıma sahip olan bir malzemedir.

“Uzay Kafes/Çatı” iskelet sistemiyle de gerçekleştirilen aynı miktardaki kapalı bir alan için tasarlanan Elmas Yapı iskeletin katkıları;

- Uzay Kafes sisteminden farklı olarak malzemenin dikey olarak işgal ettiği uzayın yüksekliğini azaltmak,
- x, y ve z-koordinatlarını aynı anda kullanarak yönlerden bağımsız hareket etmek,
- Modülün geometrik yapısından dolayı uygulanan kuvveti bağlantı noktalarında tutmayıp kiriş üzerinde geniş bir alana dağıtmak,

- CTP kullanımına imkan tanıyarak daha az kütle yüzünden daha ucuz maliyet ve daha fazla mukavemet sağlamak,
- Portatif kurulum ile istenilen boyutlarda iskelet yapmak,
- Daha geniş halk kitlesi tarafından yaygın kullanıma yol açmak,
- İskeleti oluşturan uzun kemer-kirişler ile geniş ve uygun yüksekliğe sahip serbest hareket edilebilen alanlar oluşturmak,
- Kimyasal olarak korozyona dayanıklı olan plastik malzeme kullanmak,

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Uzak Kafes Sistemleri

Yüzyıllar boyunca insanlar büyük açıklıkları kolonsuz geçme çabalarını sürdürmüşlerdir. Geleneksel yapı malzemeleri ile yapılan çalışmalar belirli sınırlara gelip kalmıştır. İnsanoğlu bu çalışmalarını yeni malzemelerin verdiği imkânlarla sürdürmeye ve daha ekonomik sonuçlar almaya çalışmıştır [3, 4 ve 5].

Örneğin betonarmenin keşfi insanların önüne yepyeni ufuklar açmış, çeliğin yapıda kullanılışı bu olanaklara yeni boyutlar kazandırmıştır. Yapı teknolojilerinde hafif, hızlı ve endüstrileşmiş çözümler arayışı uzak kafes sistemlerin doğmasına sebep olmuştur [3, 4 ve 5].

Bu sistemler, 20'inci yüzyılın başlarında geliştirilmiş olup, 1950'lerden sonra mimarlık dünyasında sıkça uygulanmıştır. Sistemin adındaki “uzak” kelimesi; sistemi oluşturan bileşenlerin tümünün tek bir düzlemde bulunmayıp, birbirini kesen birden fazla düzlemde bulunması sonucu oluşan üçüncü boyutu ifade etmektedir. Uzak kafes sistemleri; özellikle geniş açıklıkları kolon kullanmadan veya az sayıda kolon kullanarak örtmede çok elverişli olduğundan dolayı; son yıllarda sergi salonları, yüzme havuzları, endüstri binaları, hangarlar, okul binaları, ibadethaneler ve alışveriş merkezleri vb gibi geniş açıklıkları olan ve sık düşey taşıyıcı istenmeyen hacimleri örtmek için kullanılmıştır. Özellikle endüstri yapılarında bu sistemlerden kolaylıkla

yararlanılarak, olumlu kitle ve mimari anlatımlar kazanılmaktadır. Doğru olarak planlandığı takdirde uzay kafes sistemler, çok büyük açıklıkları mevcut olan diğer sistemlere göre daha az malzeme gerektirmektedir. Böylece daha ekonomik olmaktadır. Ayrıca sistemi oluşturan parçaların defalarca sökülüp takılabilmesi, dolayısıyla onarımının kolay olması da bir diğer olumlu özelliğidir [3, 4 ve 5].

Uzay kafes sistemleri oluşturan bileşenler, standart ölçüde ve şekillerdir. Aynı uzunluğa sahip olan birçok çubuğun kullanılması sonucu sistem modüler olmaktadır. İmalatın tamamı atölyede hazırlanıp şantiyede montajı yapılacak şekilde dizayn edilmektedir. Sistem boru, küre, cıvata aşık ve mesnet elemanlarından oluşmaktadır. Bileşenler, klasik yapım sistemlerde kullanılan bileşenlere göre hafif olmakla birlikte çok rijit üç boyutlu yapılar oluşturmaktadır. Seri üretim ile üretilen bu elemanlar fazla hüner istemeden kolay ve çabuk olarak monte edilebilir. Parçaların küçüklüğü ve hafifliği nedeni ile kolay taşınır ve fabrikalarda kalite kontrolünden geçtiği için de boyutlarında, milimetrik duyarlılıklar vardır. İmalatlar prefabrike olduğu için tekrar-tekrar kurularak kolaylıkla yapının yerini değiştirmek mümkündür. Montajı yerde olabildiği gibi, yerinde örülerek de yapılabilir. Farklı inşaat koşullarına uygunluğu açısından bu önemli bir kıstastır. İmalat ve montaj süreleri çok kısaldığı için zamanla meydana gelen fiyat artışlarının önüne geçilmektedir. Ayrıca, klasik sistemlerdeki çatılara göre iskele, kalıp, tabliye betonu, ahşap çatı konstrüksiyonu, kaplama tahtası, kiremit ve örtü maliyetini de ortadan kaldırdığı için, ekonomik olma düzeyi yüksektir.

Ülkemizde orta ve büyük ölçekli yaklaşık yirmiye yakın prefabrike çelik uzay kafes sistem imalatı ve montajı yapan firma mevcuttur. Bu firmalar tarafından, her yıl, gerek yurt içinde, gerekse yurt dışında çok sayıda prefabrike çelik uzay kafes sistem yapı inşa edilmektedir. Diğer taraftan, az sayıda da olsa da değişik nedenlerden dolayı, prefabrike çelik uzay kafes sistem yapının ya tamamen ya da kısmen göçtüğü de bir gerçektir [6 ve 7].

Bu strüktür sistemleriyle kare, dikdörtgen, poligon ve daire şeklindeki mekânlara uygun örtü biçimleri oluşturulabilmektedir. Uzay kafes strüktürler oldukça geniş biçimsel olanaklar da sağlamaktadır. Düzlem yüzeyler ve bunun katları geliştirilebileceği gibi, ayrıca kubbe ve tonozsal biçimler ve bunların tekrarı şeklinde de kurulabilmektedir. Uzay kafes strüktürlere donatılar yerleşiminde de yararlılıklar sağlayabilmektedir.

Elektrik, sıhhi tesisat, havalandırma kanalları klima, iklimleme sistemleri gibi donatılar, bu sistemlerin oluşum ilkesinden doğan boşluklarda kendilerine kolaylıkla yerleşim alanı bulabilmektedir. Bu donatılar her doğrultuda yer alabilmektedir. Elektrik bağlantıları çubukların içinden geçirilerek de yapılabilirler. Gün ışığı sağlanması aynı boşluklarda pencere öğeleri oluşturmak suretiyle kolayca çözümlenebilmektedir [6 ve 7].

1.2. Uzak Kafes Sistemlerinin Tarihçesi

Üç boyutlu kafes sistemlerin ilk uygulaması 1907 yılında Graham BELL tarafından gerçekleştirilmiştir. BELL'in inşa ettiği kule basit uzak kafes sistem tarzında bir sistemdir Şekil 1.1 [1].

Dr. Max Mengerlinghausen uzak kafes sistemleri geliştirmiş ve 1940'lı yıllarda yapılarda kullanmıştır. Mengerlinghausen "Bauhaus" ekolü ile ortaya çıkan mimaride berraklık, güzellik ve işlevselliğin en güzel örneğini uzak kafes sistemlerini geliştirerek ortaya koymuştur. Mengerlinghausen'in geliştirdiği uzak kafes sistem ile ilk yapılar 1942 yılında yapılmıştır. Çubuk ve düğüm sistemler kısa zamanda büyük programlar içinde endüstriyel şekilde üretilen sistemler olmuştur [1].

Uzak kafes taşıyıcı sistemlerin birim elemanı, altı çubuk ve dört düğüm noktasından oluşan bir dörtyüzlüdür. Böyle bir dörtyüzlü her biri aynı düzlem içinde bulunmayan üç çubukla kolaylıkla büyütülebilmektedir. Çubuk birleşimleri, montajda çeşitli kolaylıklar sağlayan patentli düğüm noktası elemanları ile yapılmaktadırlar [1].

Çok yüzlü yapıların üç yönlü versiyonunu planör uçakların kanatlarında kiriş sistemi olarak 1907'de kullanan Alexander Graham Bell sistemin ortaya çıkmasında öncü olmuştur. 1940'lı yıllarda ise Dr. Max Mengerlinghausen bu sistemi geliştirerek uzak kafes sistemlerin yapılarda kullanımını başlatmıştır [1].

Uzak kafes sistemler 90 yıldan beri modüler sistemlerin tekrarı ile yapı elde etme usulleri olarak bilinmekteydi. Fakat geniş uygulamalar son 50 yıl içerisinde olmuştur. Le Ricolais, Buckminster Fuller, Konrad Wachman ilk uygulamaları yapmışlardı. Ancak geleneksel hesap yöntemleri ile sonuca ulaşmak çok zordur. Z S Makowski'nin

teorik ve pratik etütleri çubuklara gelen güçleri hesaplamaya olanak verecek metotların elektronik hesap makineleri ile çözümüne olanak vermiştir.



Şekil 1.1. Bell'in uçan yüzük projesi.

Uzay kafes sistemler 90 yıldan beri modüler sistemlerin tekrarı ile yapı elde etme usulleri olarak bilinmekteydi. Fakat geniş uygulamalar son 50 yıl içerisinde olmuştur. Le Ricolais, Buckminster Fuller, Konrad Wachman ilk uygulamaları yapmışlardı. Ancak geleneksel hesap yöntemleri ile sonuca ulaşmak çok zordur. Z S Makowski'nin teorik ve pratik etütleri çubuklara gelen güçleri hesaplamaya olanak verecek metotların elektronik hesap makineleri ile çözümüne olanak vermiştir. Aynı zamanda teknolojide ve malzemede, çeşitli profillerin üretimi, arkla kaynak ve yüksek dirençli bulonlama gibi teknik gelişmeler gerekliydi. Bu gelişmeler tek bir modüler elemanın çoğaltılması aracılığı ile değişik boyutta yapıların elde edilmesi olasılığını sağlamıştır [3-5].

Üç boyutlu sistemlerin bulunuşunda ve geliştirilmesinde büyük katkı ve çalışmaları olan mimar, mühendis, makineci, yazar ve düşünür olan Füller en güç sorunların çözümüne öneriler getirerek ün yapmıştır. İlk olarak 1927 yılında yaptığı sekizgen plana sahip ve kablolarla çatısı asılmış evi ilgi çekmiş, bu çalışmalarını 1931 yılında banyo, tuvalet

ünitelerinin otomobil karoserleri gibi fabrikalarda imalini önermiş nihayet büyük alanların kolonsuz örtülmesi konusunda dikkati çeken çalışmalar yapmıştır. Bu ara çalışmalarını jeodezik kubbeler, üç boyutlu sistemler üzerinde yoğunlaştırmıştır, yapı tarihinde ilk defa bu sistemlerde, boyutları çok hassas bir şekilde birbirinin eşi olan alüminyum tüpler kullanmıştır. Avrupa’da yapılan klasik çelik çatılarda 250 kg/m^2 çelik kullanılırken Füller bu çatılarda yalnızca 4 kg/m^2 malzeme kullanarak şaşırtıcı bir üstünlük sağlamıştır. Füller böylece yüzlerce metreye varan açıklıkları kolonsuz geçebilme olanağı sağlamıştır. Yaptığı ilk çalışmalardan biri 15m çapında bir kubbedir. Vasıfsız işçiler tarafından 45 saatlik bir çalışma sonunda kurulabilen bu kubbe alt sıralardan başlayıp üste doğru gelişebilirken, önce kubbenin tepesini monte edip, kaldırıp, alt sıraları eklemek yoluyla da yapılabilirdi. Sistem saatte 250 km hızla esecek rüzgar gücüne dayanabiliyor ve içine bir plastik zar asılarak kullanılıyordu [1].

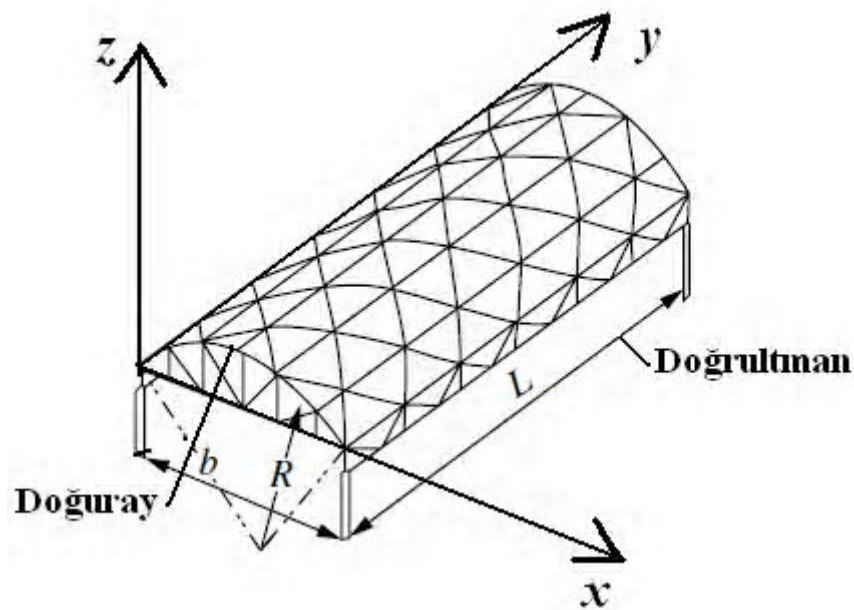
1.3. Uzak Kafes Sistemlerinin Türleri

Uzak kafes sistemlerin strüktür geometrilerini incelemekten önce konuyla ilgili kimi kavramları açıklamak uygun olacaktır. Genel olarak strüktür geometrisini oluştururken kullanılan temel geometrik kavramlar; nokta, çizgi, düzlem ve hacimdir. Geometrik olarak eni, boyu ve derinliği sistemin boyutlarına göre çok küçük olan bileşenler “nokta” kavramı ile; iki boyutu üçüncü boyutuna göre çok küçük olan bileşenler çizgi kavramı ile; iki boyutu üçüncü boyutundan çok daha büyük olan bileşenler düzlem; her üç boyutu da büyük ve birbirine yakın olan bileşenler de hacim olarak adlandırılır. Buna göre uzak kafes sistemlerdeki düğüm elemanlar bir noktaya, çubuk elemanlar da çizgiye benzemektedir. Bilindiği gibi uzak kafes sistemler üç boyutlu hacimsel yapılardır. Sistem geometrisinin türetilmesi için iki farklı yöntem izlenir. Bu yöntemlerden ilki; bir doğru veya bir eğrinin aynı düzlemde bulunan bir eksen etrafında döndürülmesiyle hacimsel bir yüzey türetilmesidir [3, 4 ve 5].

Örneğin bir çember yayının, merkezinden geçen bir doğru etrafında düzleme dik yöndeki diğer bir düzlem içinde yer alan bir eğri veya bir doğru üzerinde ötelenmesiyle bulunur. Buna göre bir çember parçasını ona dik düzlemde yer alan bir doğru parçası üzerinde ötelersek silindir yüzeyi, yine aynı çember parçasını ona dik düzlemde yer alan

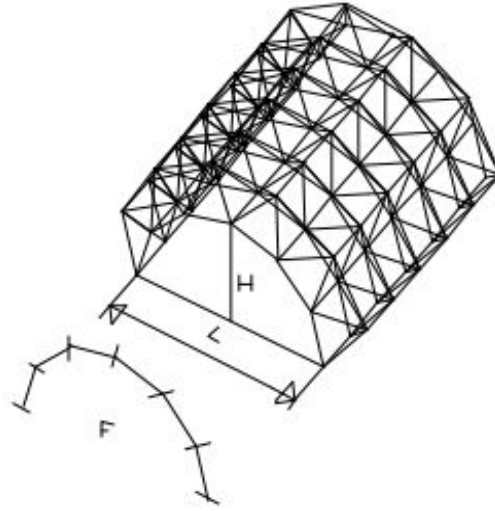
bir başka çember veya parabol yayı üzerinde ötelemekle de hiperbolik paraboloid veya eliptik paraboloid yüzey elde edilir [3, 4 ve 5].

Ötelenen yay veya doğru parçasına doğuray, üzerinde doğurayın ötelendiği yay veya doğru parçasına da doğrultman denir . Yani doğrultman bir doğru parçası, doğuray da bir çember yayıdır. Doğuray ve doğrultman Şekil 1.2’de görülebilir [3, 4 ve 5].



Şekil 1.2. Doğuray ve doğrultman.

Bu noktada uzay kafes sistemler, strüktür geometrisi açısından incelendiğinde; düzlem yüzeyli ve eğri yüzeyli olarak iki ana gruba ayrılabilir. Uzay kafes sistemlerin Şekil 1.3’de L açıklığı ve H yükseklikleri verilmiştir. Diğer bir yaklaşımla uzay kafes sistemler, çubukların bulunduğu katmanlar açısından; tek katlı ve çift katlı sistemler olarak da ikiye ayrılabilir [3-5].



Şekil 1.3. 'L' açıklığı ve 'H' yüksekliği

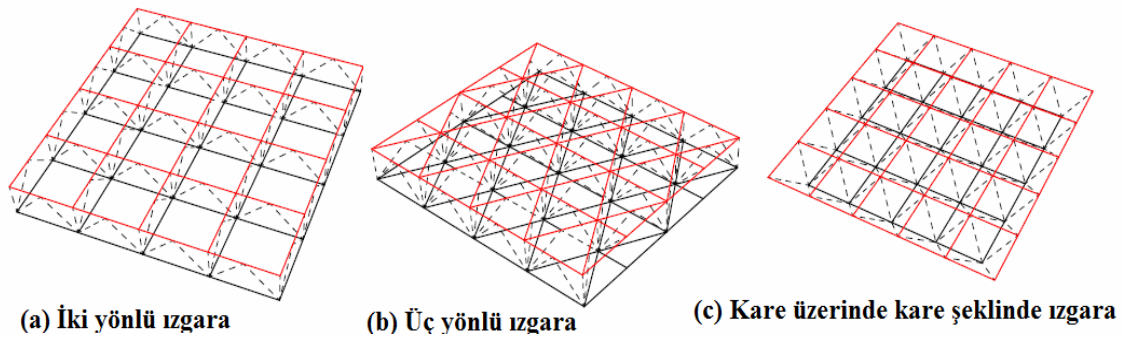
1.3.1. Düzlem Yüzeyli Uzak Kafes Sistemler

En çok tanınan ve en sık kullanılan uzak kafes sistem örnekleri düzlem yüzeyli olanlardır. Düz yüzeyli uzak kafes sistemler, uzak kafes sistemlerinin en bilinen ve en basit forma sahip olan türüdür. Düzlem yüzeyli uzak kafes sistemler, doğurayı ve doğrultmanı düz bir çizgi olan sistemlerdir. Yüzey geometrisini oluşturan her iki çizginin de düz olmasından dolayı eğrilikleri yoktur. Düz, eğik ve katlanmış yüzeyler olarak kullanılabilir. Aşağıdaki Şekil 1.4'de düzlem yüzeyli uzak kafes sistemlere bir örnek verilmiştir [3, 4 ve 5].

Düzlem yüzeyli uzak kafes sistemler çift katlı üretilmek zorundadır. Tek katlı yapılamazlar. Tek katlı yapıldıklarında, mafsallı düğüm noktalarından dolayı sisteme etki eden düşey yükler altında stabilitesi sağlanamamaktadır. Düzlem yüzeyli uzak kafes sistemler alt ve üst tabaka çubuklarının arasındaki yükseklik sayesinde bir kiriş gibi çalışmaktadır. Çatı strüktürü olarak uygulanabilmelerinin yanı sıra düz oluşlarından dolayı döşeme strüktürü olarak da kullanılmaktadır [3, 4 ve 5].

Düz yüzeyli uzak kafes sistemler, aynı plana sahip olması gerekmeyen çubuklardan yapılmış en az iki adet düz yüzeyli ızgaranın düğüm noktalarından birbirlerine aralarında belirli bir açıklık kalacak şekilde bağlanmaları sonucu oluşturulur.

Düşey veya eğimli duvar oluşturabilirler; doğrusal eleman biçiminde kule ve köprü yapımında da yer alabilirler. Düz yüzeysel uzay kafes sistemlerin ana modülü üçgen, dörtgen veya altıgen piramitlerdir. Ancak sistemin kurulması ve çalışabilmesi için bu piramitlerin tepe noktalarının birbirlerine rijit bir şekilde bağlanmaları gerekmektedir. Böylece üçgen, dörtgen ve altıgen piramitlerin montajı ile taşıyıcı sistem oluşturulmaktadır [3, 4 ve 5].



Şekil 1.4. Düzlem yüzeysel uzay kafes sistemler.

1.3.2. Eğri Yüzeysel Uzay Kafes Sistemler

Eğri yüzeysel uzay kafes sistemleri elde etmek için doğuray ve doğrultmandan en az birinin eğri olması gerekir. Doğuray ve doğrultmandan yalnız bir tanesi eğri, diğeri doğru parçası ise bu tür sistemler tek eğrilikli sistem, her ikisi de eğri ise çift eğrilikli sistem adlarını alır.

Tonoz biçimli uzay kafes sistemler tek eğrilikli sistemlere örnek gösterilebilir. Çift eğrilikli sistemler ise eğriliklerinin yönüne göre ikiye ayrılır. Eğrilikleri aynı yönde ise jeodezik kubbe, eğrilikleri ters yönde ise hiperbolik paraboloid elde edilmektedir [3, 4 ve 5].

1.3.2.1. Tonoz Biçimli Uzay Kafes Sistemler

Tonozsal uzay kafes sistemler, Şekil 1.5’de görüldüğü üzere, yükleri mekan içinde yönlendirerek zemine aktaran biçimi sayesinde etkin bir taşıyıcı sistem olarak

kullanılmaktadır. Bu sistemlerde çubukların diziliş biçimleri değişik olduğundan yüklerin dağılışı da değişik olmakta ve her çubuk tek tek hesaplanarak çalışma ilkeleri bulunmaktadır.

Ortaya çıkan geometrik şekil silindire benzediği için bu şekildeki uzay kafes sistemlere silindir yüzeyli veya tonoz biçimli uzay kafes sistemler denilmektedir. Tonoz yüzeyli uzay kafes sistemlere eğriliğini veren doğuray yayıdır. Bu yay geometrik olarak çember yayı, parabol yayı ve elips yayı olmak üzere üç şekilde olabilir.

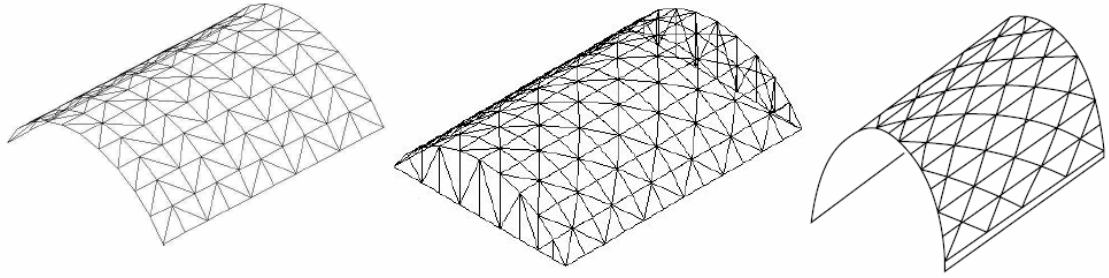


Şekil 1.5. Çift katlı tonoz biçimli uzay kafes.

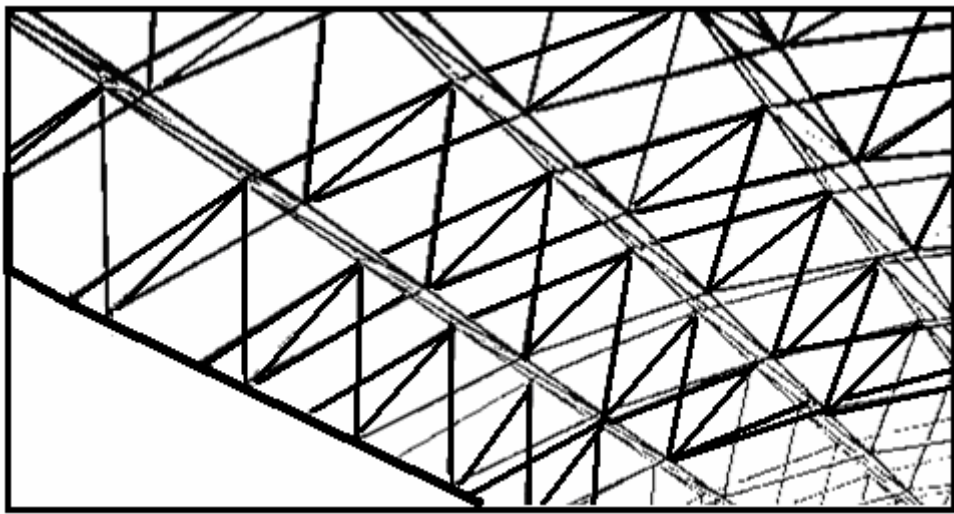
Yayın aldığı isimlere göre de tonoz uzay kafes sistemleri; çember yaylı tonoz sistemler, parabol yaylı tonoz sistemler ve elips yaylı tonoz sistemler olarak üç grupta inceleyebiliriz [3, 4 ve 5].

Tonoz biçimli uzay kafes sistemler tek veya çift katlı olarak yapılabilir. Silindir yüzeyli uzay kafes sistemler, betonarme kabuk, çelik makas, ahşap makas gibi diğer strüktür sistemlere göre hem daha hafif olduğu hem de maliyetinin düşük olduğu bilinmektedir. Şekil 1.6 ve 1.7’de tek katlı tonoz biçimli uzay kafesler ve çift katlı tonoz biçimli uzay kafesler görülmektedir.

Tonoz biçimli uzay kafesler ile düzlem uzay kafesler karşılaştırıldığında, tonoz şeklinin sisteme getirdiği yapısal bir üstünlük vardır. Düzlem uzay kafeslerde sisteme etki eden dış yükler, etkidikleri yöne dik olan yönde mesnetlere iletilirler. Oysaki silindirik yüzeyli uzay kafes sistemlerde doğrular yönündeki çubuklar arasında kalan açılar 180° den küçüktür. Tonozun ortasında bile bu açı 180° olmamaktadır. Bu da, statik ve stabilite açısından, tonoz biçimli uzay kafes sistemleri daha etkin kılmaktadır. Tonoz biçimli uzay kafes sistemlerde, düzlem olanla aynı koşullardayken, çubuk en kesit alanları azalmaktadır. Buna karşın silindirik yüzeyli bir uygulamada yüzey alanı, düzlem uzay kafes kirişlerden fazla olmaktadır [3, 4 ve 5].



Şekil 1.6. Tek katlı tonoz biçimli uzay kafesler.



Şekil 1.7. Çift katlı tonoz biçimli uzay kafesler.

1.4. Uzak Kafes Sistemlerinin Avantajları

1.4.1. Yapı Sistemi Olarak Avantajları

Uzak kafes sistemler ile kazanılacak hacim ve tüketilen yapı malzemesi arasındaki oran diğer yapı malzemelerinin tüketim oranına göre oldukça uygundur. Oluşturulacak hacim büyüklüğü ile yapı maliyeti ters orantılıdır. Bu sistemler, iskele gereksinimini ortadan kaldırmak için genellikle zemin kotunda kurulmakta ve çeşitli yöntemler ile yerlerine monte edilmektedirler. Sistem prefabrik parçalardan oluştuğu için, istendiğinde sökülerek yeni bir kullanıma dönüştürülebilmektedir. Bu nedenle kalıp ve iskele masrafı ortadan kalkmakta, inşaatın süratle bitirilmesi de ekonomi sağlamaktadır. Uzak kafes strüktürler donatı yerleşiminde de yararlılıklar sağlayabilmektedirler. Elektrik, sıhhi tesisat, havalandırma kanalları klima, iklimleme sistemleri gibi donatılar bu sistemlerin oluşum ilkesinden doğan boşluklarda kendilerine kolaylıkla yerleşim alanı bulabilmektedir. Bu donatılar her doğrultuda yer alabilmektedirler. Elektrik bağlantıları kafes sisteminin içinden geçerek de yapılabilirler. Gün ışığı sağlanması aynı boşluklarda pencere öğeleri oluşturmak suretiyle kolayca çözümlenebilmektedir [1, 6 ve 7].

1.4.2. Depreme Karşı Avantajları

Türkiye'nin %90'ı deprem bölgesidir. Sanayinin yerleştiği batı ve körfez bölgesinin ise neredeyse % 100'ü deprem bölgesindedir. Yaşadığımız son depremler bizlere yapım teknolojileri ve sistemlerinde bilinçsiz seçimler yapıldığını göstermiştir. Uzak kafes sistemler yüksek derecede hiperstatik sistemlerdir. Yükleri her iki doğrultuda aktararak çekme ve basınca çalışırlar. Uzak kafes sistemler diğer yapı sistemlerine oranla % 50 gibi bir oranda daha hafiftir. Depremın etkisi yapının ağırlığı ile doğrusal orantılı olarak arttığı için uzak kafes sistemleri depremden daha az etkilenir. Betonarme yapı sistemlerine göre daha elastik ve sünektir [1, 6 ve 7].

1.4.3. Maliyet Avantajları

Statik yararları açısından, bu sistemler diğer birçok taşıyıcı sistemlere oranla çok daha hafiftir. Sabit yüklerin azlığı sadece çatıda değil, alt sistem öğeleri ile temellerde kendini göstermekte, buna bağlı olarak maliyet; de önemli ölçüde azalmaktadır.

Uzay kafes sistemlerin ana unsurları çubuk ve düğümlerdir. Bunlar basınca ve çekmeye çalışan prefabrik malzemelerdir. Geleneksel yapım sistemlerine kıyasla uzay kafes sistemleri ile oluşturulan aynı miktardaki mekan hacminde kullanılan malzeme miktarı ve ağırlığı çok daha az ve hafiftir. Yapı sisteminden gelen sabit ve hareketli yüklerin zemine ileten temel sistemleri de yapının hafif olması sebebi ile daha az yük taşıyacak şekilde ebatları küçük olmaktadır. Bu nitelikler uzay kafes sistemler ile oluşan yapıların maliyetini ve yapım sürecini azaltmaktadır [1, 6 ve 7].

Uzay kafes sistemler yapının olduğu yerde değil endüstriyel olarak projesine göre fabrikada üretilmektedir. Bu da yapı bileşenlerinin endüstrileşmiş bir seri üretim ile hızlı ve ekonomik olarak elde edilmesi demektir. Uzun süre şantiye kurma ve sabit giderlerin ortaya çıkmasını bu endüstrileşmiş yapım önlemektedir. Yapım yerinde sadece montaj yapılmaktadır. Hızlı yapılan montaj çok kısa sürer ve şantiye ve şantiyenin sabit giderleri gibi masrafları ortadan kaldırır. Sanayi tesislerindeki üretimin sürekliliği ve sürdürülebilirliği önemlidir. Kısa sürede inşaatı bitirilebilen uzay kafes sistemler üretime uzun süre ara vermeden tesisini yenilemek zorunda olan işletmeler için de hızlı bir inşaat yöntemi olarak seçilebilir [1, 6 ve 7].

Geleneksel yapım yöntemlerinde yapı malzemeleri, yapı bileşenlerini oluşturmak üzere şantiye tek tek tedarikçilerden alınarak getirilir ve şantiyede yapı elemanlarına dönüştürülür. Bu da nakliyelerin sık olması demektir. Uzay kafes sistemde yapı bileşenleri projesine göre fabrikada imal edildikten sonra yerinde hızla montaj edilmek üzere tek defada nakil edilebilir [1, 6 ve 7].

Uzay kafes sistemleri diğer yapı sistemlerinden ayıran en büyük özellik montaj edilen yapı bileşenlerinin sökülerek başka bir yerde tekrar uygulanmaya imkan vermesidir. Böyle bir şey betonarme için söz konusu olamazken çelik yapılar için maliyeti yüksektir. CTP'li Uzay kafes sistemlerinde ise modüler olan yapı bileşenleri ile rahatlıkla sökülüp taşınmakta ve başka bir yerde yeniden kurulabilmektedir.

1.4.4. Uzak Kafes Sistemlerin Sanayi Tesislerinde Kullanılmasının Avantajları

Sanayi yapıları, içinde üretimin gerçekleştiği ve üretim ile ilgili süreçlerin birbiri ile ilişkilendiği mekanlardır. Üretim süreçleri bazen aynı yapı içinde gerçekleşmek zorunda iken bazen de yan yana ayrı binalarda gerçekleşebilir. Önemli olan üretimin etkinliği ve bu etkinliği sağlayabilecek işlevsel yerleşimdir. İşte bu işlevsel yerleşim sırasında uzak kafes sistemlerinin büyük faydaları ortaya çıkmaktadır [1, 6 ve 7].

Kolonsuz şekilde geniş bir alanı örtebilen bu sistemler üretim için sınırsız bir yerleşim imkanı sunmaktadır. Tesislerin hammadde girişi ve ürün çıkışı için kullandıkları lojistik depolarda uzak kafes sisteminin kullanımı taşımacılık ve depolama işlevinin en etkili ve verimli şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır.

1.4.5. Uzak Kafes Sistemlerin Sanayi Tesislerinde Kullanılmasının İşlevsel Avantajları

Uzak kafes sistemlerinin bir sanayi tesisinde kullanılmasının en önemli sebebi işlevsel olarak yapıya kazandıracaklarıdır. Üretim işlevi ve prosesleri için oluşturulmuş bir mekanın en güzel yerinde taşıyıcı kolonların olması üretim için kullanılacak mekanın iç yerleşiminde kısıtlamalar getirecektir. CTP' li uzak kafes sistemleri ile bu kolonlardan kurtulmak bir tesis için önemlidir. Tesisler rekabet ortamının koşullarına göre zaman içinde üretim proseslerini ve makinelerini yenilenmektedir. Yeniden yapılanma, gelişme ve değişim planlamalarında üretim alanı içindeki taşıyıcı kolonlara bağlı kalmak üretimde verimlilik arayışlarını sınırlandıracaktır [8].

CTP'li uzak kafes sistemler üretim için esnek yerleşim olanağı, yeniden yapılanma ve düzenlemelerde özgür planlama gibi ek yararlar sağlayabilecektir. Uzak kafes sistemleri ile örtülen sanayi yapılarında; makine, ekipman ve üretim bantları seçiminde mekan sınırlamalarının olmaması, üretim mekanı içinde taşıyıcı araçlar (forklift) için yol düzenlenmesinde esneklik, uyarı ve yönlendirici işaret ve levhaların mekanın tümünde algılanabilmesi, yönetici ekibin tüm üretim mekanına görsel olarak hakim olması, görüş açısının artması ile iş kazaları oranının düşmesi gibi önemli yararları vardır [1].

1.4.6. Uzay Kafes Sistemlerin Sanayi Tesislerinde Kullanılmasının Görsel Avantajları

Mimari işlevleri açısından showroomların, fuar ve sergi alanlarının, ulaşım yapılarının ve spor komplekslerinin görsel etki ve farklı yapısal formlara sahip olması istenir. Bu yapılarda uzay kafes sistemleri ile oluşturulmuş görsel etki meydana getiren yapısal formlara sıklıkla rastlanmaktadır.

Sanayi tesisleri minimum maliyetler ile maksimum üretim ve kazancı hedeflemektedir. Bu açıdan yaklaşıldığında sanayi tesislerinde mekan oluşturma çözümleri için işlevsel olarak en basit ve ekonomik çözüm aranacaktır. Fakat maksimum kazanç hedefleri için ürün markası, prestij ve imajda önemlidir. Bu yüzden ulaşım yolları üzerinde bulunan ve gün içerisinde bir çok insanın önünden geçtiği tesislerde reklam ve imaj için yapılaşmada farklı formlar ve görsel etki aranmaktadır. Tesis insanların gözü önünde olmasa bile katalog, dergi, gazete, tv, gibi reklamlarında ya da araştırmalarda sıklıkla gözükebileceği için tesisin yapısal nitelikleri ile konuşulan ve örnek gösterilen özelliklere sahip olması istenebilir. Büyük markaların yapılarında da kendilerinden söz ettirmek istemeleri ve yapılarındaki görsel etkiye önem vermeleri bu yüzdendir. Özellikle binaların girişinde yüksek ve büyük açıklıklı bir mekan yapılması ve estetik bir örtü sistemi ile kapatılması binanın prestijini artırmaktadır [1].

İşletme bir bütün olarak ele alındığında işletme kültürünün ve vizyonunun işletmenin sahip olduğu tüm varlıklara yansıdığı gözlenmektedir. İşletmelere ait yapılar ve tesisler müşterilerin işletme ile ilgili ilk izlenimlerini edindikleri değerler olmaktadır.

Uzay kafes sistemler yapı teknolojileri içinde çağımızın mimarisini yansıtan bir uygulamadır. Esnektir, hafiftir, malzemenin kullanımı ile elde edilen hacim oranı yüksektir [1].

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Uzay kafes sistemler iki uçlarına konik parçalar kaynatılmış olan ve çubuk olarak adlandırılan çelik boruların, içlerine yerleştirilen cıvatalar ile çelik birleşim kürelerine tespit yolu ile üç boyutlu olarak oluşturulmaktadır. Sistemin birim elemanı, altı çubuk ve dört düğüm noktasından oluşan bir dörtyüzlüdür. Böyle bir dörtyüzlü her biri aynı düzlem içinde bulunmayan üç çubukla kolaylıkla büyütülebilmektedir. Sistem boru, küre, cıvata aşık ve mesnet elemanlarından oluşmaktadır [1, 6, 7,ve 8]. Bu çalışmada tasarlanan CTP’li üçgen piramit modülünde uzay kafes sisteminde ise özel bağlantı elemanları ve düğüm noktaları termoplastik polimerlerden cam-elyafı polikarbonlardan enjeksiyon kalıplama sistemleri ile meydana getirilmiştir. Yapıda kullanılan çubuklar ise; pultrüzyon yöntemi ile polyesterli CTP çubuklar termoset olduktan sonra çekilerek üretilir.

İskelette görev alan malzeme mukavemet amaçlıdır ve hammaddeden başlayarak özel sıcak baskılı kalıplarda ve şekillerde üretimi gereklidir. Bağlantı elemanları ve CTP çubukları sabitlendikten sonra “Üçgen Piramit Elmas Yapı” iskelet sistemi üretilir.

2.1. Termoplastik Polimerler

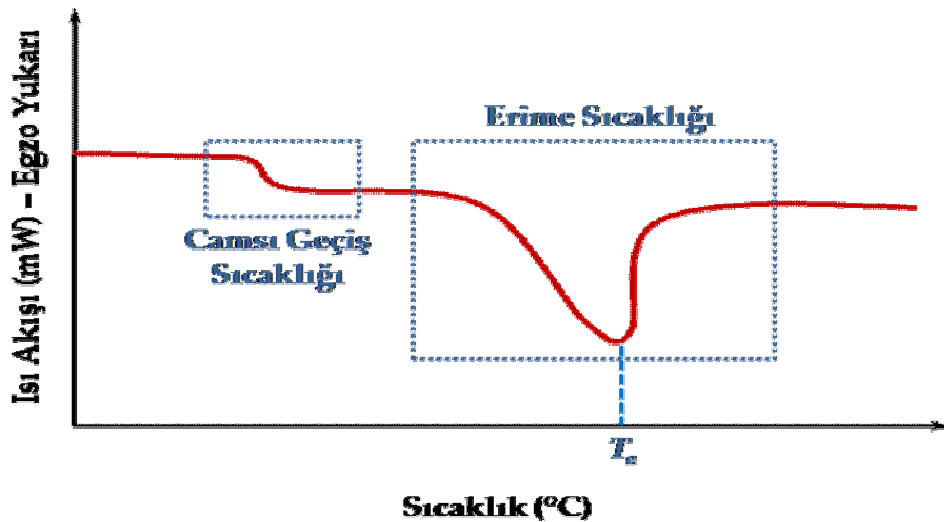
Genel olarak plastik adıyla da anılan termoplastikler, ısıtıldığı zaman eriyebilen ve yeniden şekillendirilebilen polimerlerdir. Bir kere eritildikten sonra enjeksiyon kalıplama ve ekstrüzyon gibi yaygın kullanılan tekniklerle hemen hemen her türlü şekilde kalıplanabilirler. Termoplastiklerin kalıplama özellikleri mumun özelliklerine benzetilebilir. Öyle ki, mum yarı akışkan hale gelecek kadar ısıtıldıktan sonra bir kalıp

İçerisine dökülecek olursa kalıbın şeklini alacaktır. Bu şekilde kalıplanmış olan mum tekrar ısıtılıp bir başka kalıp içine dökülürse bu kez de yeni kalıbın şeklini alacaktır [9].

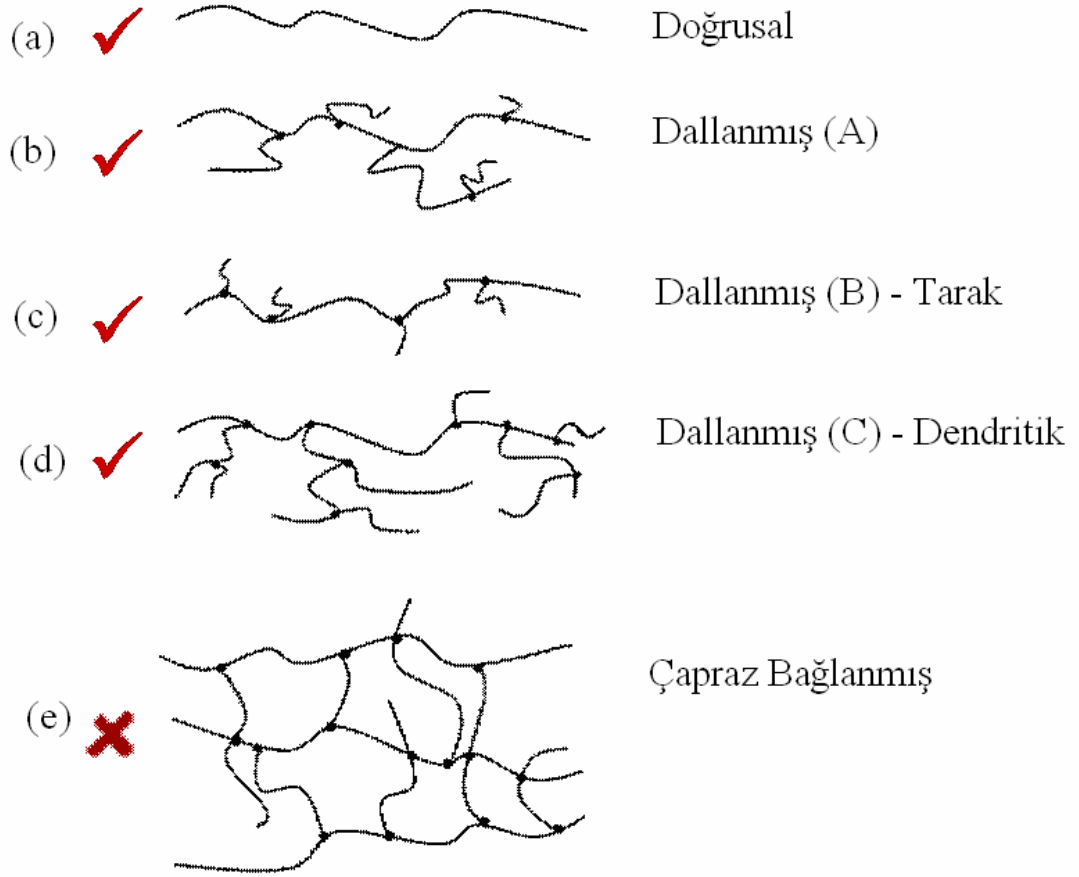
Yarı-kristal yapının içindeki kristalleşen zincirler erime noktası (T_e) ile tanımlanırken; amorf termoplastikler, ya da termoplastiklerin amorf kısımları ise camsı geçiş sıcaklığı (T_g) ismi verilen, camsı davranıştan kauçuğumsu davranışa geçiş sıcaklığı ile tanımlanırlar. Erime noktasının üzerine çıkıldığında, polimerde bulunan kristal yapının hepsi erimiş olur ve sadece amorf yapı kalır. Termoplastikler her iki tip yapıyı gösterebilmelerine rağmen, birçok termoplastik polimer kristalleşemez ve sadece amorf yapıya sahiptir [9].

Her termoplastik polimerin kendine özgü bir camsı geçiş sıcaklığı vardır. Eğer bünyesinde kristal yapıyı da bulunduran bir termoplastik ise, T_g 'ye ek olarak geniş bir erime sıcaklığı aralığı vardır. Küçük moleküllerin aksine, tek bir molekül ağırlığında bulunmayan polimerler, tek bir sıcaklıkta erimezler. Büyük çoğunlukla, Şekil 2.1'de verilen grafikte görüldüğü gibi, geniş bir erime eğrisine sahip olurlar.

Erime noktasının tek bir noktada olmaması, aksine geniş bir alana yayılması, polimer kristallerinin farklı kristal kusurlarına ya da değişik kristal birim hücrelerine sahip olduğunu gösterebileceği gibi; farklı büyüklüklerde kristaller oluşturduğunu da gösteriyor olabilir.



Şekil 2.1. Termoplastiklerin camsı geçiş ve erime sıcaklığı.



Şekil 2.2. Termoplastik şekilleri.

Termoplastik polimerlerde, termoset polimerlerin zincirlerini birbirine bağlayan kuvvetli kovalent bağlar bulunmasa da, termoplastik polimer zincirlerini bir arada tutan, polar etkileşimler, Hidrojen-bağları, London kuvvetleri ve hatta aromatik grupların üst-üste istiflenmesi gibi zincir-içi ve zincirler-arası etkileşimler vardır. Bunlara ek olarak, termoplastik polimer zincirlerini bir arada tutan zincirler-arası ve zincir-içi bükülmeler ve dolaşmalar vardır. Bu zincir dolaşımları ve bükülmelerinin, özellikle mekanik tepki olmak üzere, termoplastik polimerlerin fiziksel özelliklerinde büyük etkisi vardır.

Termoplastikleri, termoplastik yapan bir diğer özellikleri de yük altında kalıcı deformasyona uğramalarıdır. Böylece, termoplastikleri uygulanan kuvvet sayesinde kalıcı deformasyona uğratarak şekillendirmek mümkün olur.

Termoplastiklerin yarı kristal yapıları; içlerindeki amorf bölgeler sayesinde belirli bir sıcaklıkta (camsı geçiş sıcaklığı) sert bir plastikten, yumuşak bir plastiğe dönüşmelerini sağlar. Bu ısı geçiş, plastiğin kullanım alanını da belirleyen bir etkidir. Mesela, cep telefonlarının kasaları camsı geçiş sıcaklığı (T_g) oda sıcaklığının çok üzerinde bir polimerden üretilirken; elektrik kablolarının T_g 'si oda sıcaklığının altında bir plastikten üretilir ve böylece yumuşaktır. Camsı geçiş sıcaklığının bu etkisi sadece kullanım alanında değil, üretim sırasında da önemli bir faktördür. Bazen bir termoplastiğe daha kolay şekil verebilmek ya da şekil verme işlemini daha düşük bir sıcaklıkta yapıp enerjiden tasarruf etmek için, polimere plastikleştirici katkı maddeleri eklenir [10].

Termoplastik polimerler sentezlendikten sonra pellet ya da toz olarak küçük granüller halinde torbalanarak piyasaya sürülür. Alıcı bu granülleri değişik üretim teknikleriyle eritip kalıplayarak, ya da lif haline getirmek için çekerek şekillendirir. Plastik bardaklar, poşetler, ambalajlar ve oyuncaklar termoplastiklerin sıkça kullanıldıkları alanlardır. Bir kere kullanılan ve atılan termoplastikler yeniden eritilip işlenerek, tekrar tekrar kullanılabilirler. PMMA (polimetil metakrilat) ya da polikarbonat gibi sadece amorf yapıda olan termoplastikler özellikle saydamlığın önemli olduğu uygulamalarda tercih edilir. Amorf termoplastikler genellikle kimyasallara karşı düşük direnç gösterir ve kimyasal ortamlardaki çevresel faktörlerden dolayı çatlamaya başlarlar. Yarı-kristal termoplastikler ise çözücülere ve diğer kimyasallara karşı daha dirençlidirler. Ancak, kristallerin ışığın dalga boyundan büyük olması sebebiyle opak olduğundan optik uygulamalarda tercih edilmez [9].

Termoplastik grubuna giren polimerlere örnek olarak polietilen, polipropilen, polistiren, polivinilklorür ve polikarbonat verilebilir. Bu sınıftaki polimerlerin kullanım alanları geniştir ve özellikle farklı mühendislik uygulamalarında sıklıkla tercih edilirler. Başlıca termoplastikler ve onların camsı geçiş ve erime sıcaklıkları aşağıdaki Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Termoplastikler.

Polimer	Camsı Geçiş Sıcaklığı (°C)	Erime Sıcaklığı (°C)
Polietilen	-10	105 – 130
Polipropilen	-25	160
Poli(metil metakrilat)	85 – 110	130 - 140
Polistiren	70 – 100	240*
Poli(eter eter ketone)	145	340
Poli (laktik asit)	50 – 80	170 - 180
Poli(vinil klorür)	75 – 105	100 - 260

2.1.1. Polipropilen

En yaygın ticari termoplastik polimer olan polipropilen; özellikle izotaktik polipropilen (İPP) düşük yoğunluğu ve yüksek mukavemeti sayesinde çok yüksek güç/ağırlık oranına sahiptir. Bu sebeple de otomotiv parçalarından tekstil ve paketlenme endüstrisine kadar her alanda en yaygın kullanılan polimerdir [9].

Olefin tesislerinden ve petrol rafinelerinden çıkan gazlardan elde edilen propilen monomerinin koordinasyon katalizörleri ile polimerizasyonu sonucu elde edilen bir polimerdir. Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Propilenin polimerizasyonu.

Polipropilen kristallerinin erime noktası 160°C dolayındadır ve genellikle 200°C üzerinde proses edilir. Enjeksiyon kalıplama ve hava üflemleri döküm teknikleri ile polipropilen parçalar üretilir. Üretim aşamasında önemli bir etken de erime akış indeksi (melting flow index - MFI). Erime akış indeksi polipropilenin molekül ağırlığıyla direkt bağlantılıdır ve MFI değerlerine göre bir plastiğin ne kadar proses edileceğini tahmin etmek mümkündür. Yüksek MFI değerlerine sahip polipropilenin proses esnasında kalıbı doldurması daha kolaydır. Ancak MFI değerinin artması aynı zamanda bazı fiziksel özelliklerde değer kaybına yol açar; mesela yüksek MFI değerine

sahip polipropilenin darbe dayanımı daha düşüktür. Aşağıda Tablo 2.2’de polipropilenin fiziksel ve mekaniksel özellikleri verilmiştir [11].

Polipropilen güneşten gelen UV ışınlarına ve ısı işlem sırasındaki yüksek sıcaklıklara karşı hassas bir polimerdir. UV ışınına maruz kalınca, ya da yüksek sıcaklıklarda oksitlenince, polipropilen polimer zinciri bozunmaya uğrar. UV ışınlarından korumak için UV ışınını emen katkı maddeleri kullanılarak polimerin ömrü uzatılabilir. Karbon siyahı bu maddelere bir örnektir. Yüksek sıcaklıklarda yapılan kalıplama işlemleri sırasında polipropilenin bozunmaması için ise anti-oksidan katkı maddeleri kullanılır [12]. Propilenin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Propilenin fiziksel ve mekaniksel özellikleri.

Polipropilen Fiziksel Özellikleri		
Yapı	Kristal	
Yoğunluk	0.93	g/cm ³
Erime Sıcaklığı	160	°C
Kristalleşme Sıcaklığı	111	°C
Camsılaşma Sıcaklığı	-10	°C
Doğrusal Genleşme Katsayısı (CTE)	115	µm/m-°C
Yük Altıda Eğilme Sıcaklığı (HDT)	102	°C @ 0.46 MPa
Azami Servis Sıcaklığı (Hava)	78	°C
Dielektrik Dayanımı	23	kV/mm
Saydamlık	Yarı Saydam	
Polipropilen Mekanik Özellikleri		
Gerilme Mukavemeti	31	MPa
Basınç Mukavemeti	45	MPa
Çekme Modülü	1.3	GPa
Kopma Esnemesi	200	%
Darbe Dayanımı	8.39	J/cm
Sertlik	R95	Shore Ölçeği

2.1.2. Naylon 66

Termoplastik olup kristal yapıya sahiptir. Katkı maddesi ve yumuşatıcı ilavesiyle çok çeşitli yapıda plastik elde etmek mümkündür. Naylonların en yüksek erime sıcaklığına sahip olanı Naylon 66’dır. Yüksek kuvvete ve sertliğe ve sıcaklık artışıyla sertliğini

koruma özelliğine sahiptir. Baskıdan sonra su emer bu da darbeyi karşılama gücünü iki katına kadar artırır ve baskının şişmesine sebep olur. Naylon 66'dan yapılacak parça dizayn ederken nem emilmesinin boyutlara ve fiziksel yapıya etkisi göz önüne alınmalıdır. Her % 1 nem emilmesinin baskı boyutlarında yaptığı artış 0.003 in/ in'dir. Cam elyaf kuvveti ve sertliği büyük oranda değiştirmek için ve kristalleşmeyi arttıran katkı maddesi hızlı baskıda ani kristalleşme sağlamak için kullanılır. Süper darbeye dayanımlı Naylon 66 çatlamaya ve var olan çatlağın büyümesine karşı dirençlidir. Naylon 66'nın erime sıcaklığı ise 255°C civarındadır [11 ve 12]. Naylon 66'nın Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Naylon 66'ın fiziksel ve mekanik özellikleri.

Naylon 66'nın Fiziksel Özellikleri		
Yapı	Kristal	
Yoğunluk	1.14	g/cm ³
Erime Sıcaklığı	255	°C
Kristalleşme Sıcaklığı	220	°C
Camsılaşma Sıcaklığı	50	°C
Doğrusal Genleşme Katsayısı (CTE)	78.4	µm/m-°C
Yük Altında Eğilme Sıcaklığı (HDT)	213	°C @ 0.46 MPa
Azami Servis Sıcaklığı (Hava)	132	°C
Dielektrik Dayanımı	18	kV/mm
Saydamlık	Yarı Saydam	
Naylon 66'nın Mekanik Özellikleri		
Gerilme Mukavemeti	52	MPa
Basma Mukavemeti	60	MPa
Çekme Modülü	1.4	GPa
Kopma Esnemesi	150	%
Darbe Dayanımı (Çentiksiz Izod)	11	J/cm
Sertlik	R100	Shore Ölçeği

2.2. Termoset Polimerler

Termoset polimerler en basit tanımıyla, kritik bir sıcaklığın üzerinde kalıcı olarak sertleşen ve tekrar ısıtıldığında yumuşamayan polimerlerdir. Termoset kelimesinin kökenine baktığımızda, bu polimerler, ısı işlem altında (termo) kalıplandıkları bir başka değişle polimerize oldukları için ve verilen şekil bir daha bozulamayacağı için (set), termoset adını almışlardır [13].

Termoset reçinesini çapraz-bağlantı ajanıyla karıştırdığımız zaman başlayan polimerizasyon reaksiyonu sırasında moleküller arasında sık kovalent çapraz bağlar kurulur. Bu çapraz bağların oluşturduğu molekül ağı başta eriyebilen ve çözünebilen bir madde olan reçineyi, polimerizasyon sonunda erimeyen ve çözünmeyen bir polimer haline getirir. Bu maddeler boyutsal bir kararlılığa sahiptir ve darbe dirençleri yüksektir [13].

Termoset polimerlerin termoplastiklerden farkı, bir kere şekillendikten sonra bir daha eritilip yeniden kalıplanamamalarıdır. Termoplastikler ise ısıtıldıkları zaman eriyebilir, yumuşayabilir ve tekrar tekrar polimer bozunmaya başlayana kadar şekillendirilebilirler.

Termoset polimerleri oluşturmak için ısı veya basınca ihtiyaç duyulabildiği gibi tamamen ısı işlem uygulanmadan ya da basınç uygulanmadan da reaksiyonu gerçekleştirmek mümkündür. Oda sıcaklığında reaksiyona giren termoset reçineler ve sertleştiriciler mevcuttur [11].



Şekil 2.4. Termosetin reaksiyonu.

Günümüz piyasalarındaki önemli termoset reçinelerden, fenolik reçineler, ürenin ve melaminin formaldehidle yaptığı yoğunlaşma Şekil 2.4'deki gibi reaksiyon sonucu oluşan termosetler en başta gelir. Öteki termoset reçineler ise epoksiler, doymamış polyesterler, üretan köpükler ve yüzey kaplamada kullanılan alkidlerdir.

Termosetler genellikle sert malzemelerdir. Çünkü kovalent bağların kurduğu çapraz-bağlar polimer zincirinin hareketini büyük ölçüde kısıtlar. Termosetin çapraz-bağ derecesi arttıkça molekül hareketleri daha fazla kısıtlandığı için sertlik ve yüksek darbe direnci gibi özellikleri ön plana çıkar. Buna ek olarak, kuvvetli kovalent çapraz bağlar sayesinde sahip oldukları boyutsal kararlılık, yeni polimer sisteminin ısı dengeye sahip olmasını, erimemesini, yüksek ısılara dayanıklı olmasını ve hiçbir solventle

çözünememesini getirir. Eğer termoset polimerin üzerine solvent dökülürse, polimeri oluşturan molekül ağ bu solventi emer ve malzeme şişmeye başlar [10].

Termoset polimerlerin üretimi sırasında çapraz-bağ kurulumuna çok dikkat edilmesi gerekir. Sadece jelleşme noktasının öncesine değil, jelleşme olduktan sonra devam eden çapraz-bağ oluşumu da üretim aşamasında önemli yer tutar. Jelleşme noktasının aşılmasından sonraki reaksiyon kısmı, genel olarak çapraz-bağların polimeri sertleştirdiği dönem kürleme dönemi olarak adlandırılır. Sertleşme dönemi buradan sonra kürleme adını alarak anılacaktır. Kürlemenin çok hızlı ya da çok yavaş olmasının üretilen malzemenin son kullanım özelliklerine zarar verici etkisi vardır. Mesela, köpüksü bir termoset ürününü üretirken uygulanacak çok yavaş bir kürleme aşaması, köpüksü yapının göçmesine sebebiyet verebilir. Bunun yanında, fiberle güçlendirilmiş kompozit yapıları ya da laminat malzeme yapılarını üretirken uygulanacak hızlı bir kürleme aşaması ise, fiber ile polimerin kısmın ya da laminat katmanlarının birbirine iyi bağlanmamasına sebebiyet verebilir [13].

Termosetler, kimyasal reaksiyonun ilerleyişine göre genel olarak iki ana gruba ayrılır.

(a) Eski usul termosetler, bifonksiyonel monomerlerle ikiden fazla fonksiyonelliğe sahip monomerlerin reaksiyonu sonucu oluşurlar. Polimerizasyonun her aşamasında aynı tip reaksiyon görülür.

(b) Yeni nesil termosetler ise özel kimyasal yapıya sahip önpolimerlerin reaksiyona girmesiyle üretilir. Önpolimeri oluşturan reaksiyon ile önpolimeri termosetleştiren ikinci aşama reaksiyonu farklıdır. Yeni nesil termosetlerde de gene bifonksiyonel monomerler kullanılabilirken, karışımdaki öteki tepken maddelerin fonksiyonel grupları başka reaksiyonlara da girme yetisine sahip olabilir. Yeni nesil termosetlerin reaksiyon aşamalarını, daha da önemlisi, son ürünün kimyasal yapısını kontrol etmek daha kolaydır. Bu sebeple endüstride ki değerleri her geçen gün artmaktadır [13].

2.3. CTP' li Uzay Kafes Sistem Elemanları

CTP' li Üçgen piramit modülünde uzay kafes sistemini oluşturan elemanlar; düğüm noktaları, merke bağlantı elemanları ve çubuklar olarak sıralanabilir.

2.3.1. Düğüm Noktaları (Uç Bağlantı Elemanları)

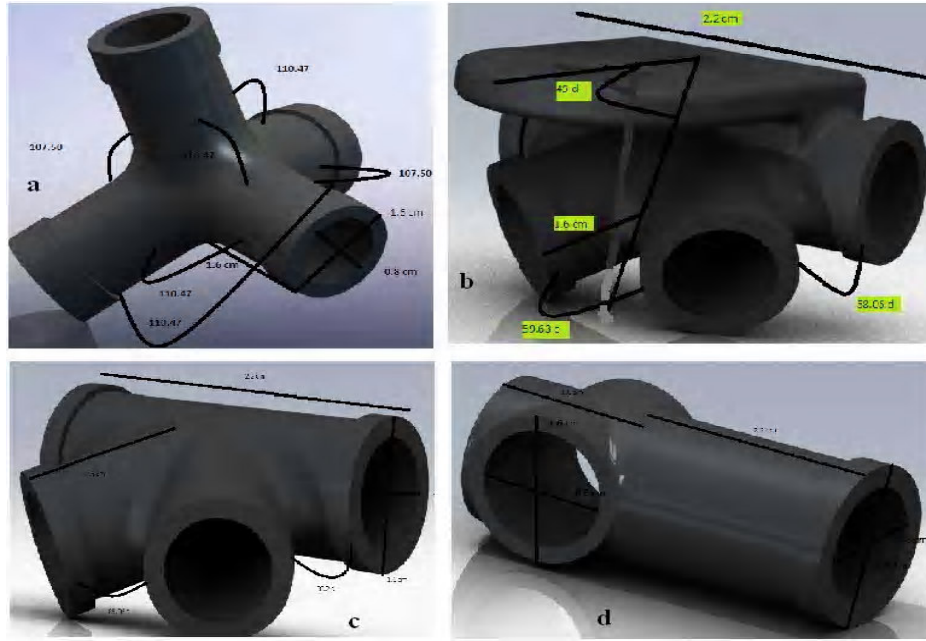
Düğüm noktaları, çubukları bir noktada birleştirmeye yarayan ve sisteme gelen tüm dış yüklerin ilk etki ettiği uzay kafes sistem elemanlarıdır. Bu çalışmada kullanılan düğüm noktaları uç bağlantı elemanları Şekil 2.5 ve 2.6'da görülmektedir. Bu nedenden dolayı uzay kafes sistemlerin en önemli bileşenidir. Düğüm noktalarının farklı şekillerdeki çözümü, farklı sistemleri meydana getirmiştir. Bu sistemler düğüm noktalarının adlarıyla anılmaktadır. Düğüm noktaları, genellikle özel olarak yapılmış cam-elyaf polikarbon/polyesterden oluşmaktadırlar.

Bu çalışmada düğüm noktalarını ve merkez bağlantı elemanlarının üretimi için enjeksiyon kalıplama sistemini kullanılmıştır. Reçine ve elyaf kalıp dışında karıştırılmış ve basınç altında boş kalıp içine eritilerek enjekte edilmiştir. Düşük viskoziteye sahip termoset reçineler bu yöntemde daha hızlı kullanılabilir. Kırpılmış cam elyafından keçelerde tipik reçine/cam oranı, ağırlıkça %25-35 arasında olmalıdır [14].

Çubukların tespiti için kürelere dişli cıvata delikleri açılmaktadır. Deliklerin adedi, çapları ve açıları uzay sistemin şekil ve diğer özelliklerine bağlı olarak saptanmaktadır. Küreler ile konikler arasındaki temas yüzeyini arttırmak için deliklerin üstünde yüzey düzeltmesi yapılmaktadır.

Bu çalışmada Şekil 2.6'daki b, c ve d şekilleri bulunan düğüm noktaları kullanılmıştır.

Çeşitli yapım sistemlerine göre değişik nitelikte olan düğüm noktaları yardımıyla, diyagonal ve dikmelere gelen yükler mesnetlere aktarılmaktadır. Düğüm noktaları, uzay kafes strüktürlerin çubuklara oranla daha önemli olan öğeleridir. Düğüm noktası birçok çubuğu bir noktada birleştirerek, sistemin bir bütün olarak çalışmasını sağlamaktadır



Şekil 2.5. Düğüm noktaları (Uç bağlantı elemanları-a).



Şekil 2.6. Düğüm noktaları (b,c,d).

2.3.2. Merkez Bağlantı Elemanları

CTP'li Üçgen piramit modülünde uzay kafes sisteminin özel bağlantı elemanları Şekil 2.7'de görüldüğü üzere termoplastik olarak cam-elyafı polikarbonlardan sıcak kalıplama sistemleri ile enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilmiştir.

Düğüm noktaları ile CTP'li çubukların birbirine bağlamasını sağlayan ve tasarladığımız Üçgen piramit modülündeki uzay çatı sisteminde yapıya uygulanan kuvveti düğüm noktalarında tutmayıp geniş bir alana dağıtan elemanlardır.



Şekil 2.7. Merkez bağlantı elemanı.

2.3.2.1. Enjeksiyon kalıplama yöntemi

Fiber takviyeli termoplastiklerin, imalatında tercih edilen bir yöntemdir. Her bir kalıplama periyodunda birkaç gramdan on kilografa kadar değişen aralıklarda parçaları kalıplayabilecek kapasitede enjeksiyon makinelerinin kullanılması mümkündür [14].

Enjeksiyon erimiş halde bulunan malzemenin basınçla kalıp içerisindeki boşluğa doldurulması işlemidir. Şekil 2.8’de de görüldüğü üzere enjeksiyon kalıplama, genelde termoset veya termoplastik bir plastiğin ısıtılmış halde bir cihaz silindirin lülesinden kapalı bir kalıba basınç uygulanarak enjekte edilmesi ile yapılan bir biçimlendirme işlemidir [15].

Seri üretime en uygun kalıplama işlemidir. Enjeksiyon kalıplamada hidrolik sistem basıncı, uygulanan sıcaklık ve süre önemli ölçüde biçimlendirilen plastik türüne bağlıdır. En yaygın bilinenleri plastikler için klasik enjeksiyon kalıplama ve reaksiyonlu enjeksiyon kalıplamadır [15].

Klasik enjeksiyon kalıplama hem termosetler hem de termoplastikler için kullanılabilir. Takviye olarak kırılmış elyaf kullanılır. Enjeksiyon sırasında lifler memeden geçiş doğrultusunda yönlenme eğilimindedir. Bu özellik bazı durumlarda olumlu olarak kullanılabilir.

Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplamada reaksiyona girecek iki bileşen karıştırılır ve kalıp boşluğuna basılır. Burada setleşme ısıtılarak değil bu reaksiyon sonucunda oluşur. Hazırlanan bu karışıma takviye de yapılarak kompozit üretimi yapılmaktadır. Bu yöntemde ısıtmaya gerek olmadığından ve kalıplar ucuz olduğundan klasik enjeksiyon kalıplamaya göre maliyet yönünden avantajlıdır. Tampon gibi birçok oto ve kamyon parçaları bu yöntemle üretilir [13]. Enjeksiyon kalıplamaya ilişkin sayısal değerler Tablo 2.4’de verilmiştir.

Tablo 2.4. Enjeksiyon kalıplamada sayısal değerler.

Basınç	Sıcaklık	Süre
700-2000	160-250	10-30
Kgf/ cm ²	°C	sn

Bu yöntemle enjeksiyon türü bütün termoplastikler, bazı elastomerler ve makinenin donanımında değişiklik yapılmak kaydıyla termoset ürünler biçimlendirilebilir. Biçimlendirme için kalıp malzeme ve cihaz hazırlıklarını yapılması başta gelir. Plastik malzeme nemli ise 60-70°C de iki saat kadar kurutulur. Renklendirme ve diğer dolgu maddelerini de katmak gerekiyorsa bunlar yapılır. Kalıp soğuk olmamalıdır, orta yumuşama sıcaklığındaki plastikler için kalıp sıcaklığının 50-70°C olması iyi sonuç verir. Granül plastik besleme hunisinden cihaza verilir. Kontrollü bir ısıtma ile eriyen madde istenilen sıcaklığa gelince gereken basınç ve hızda kalıba enjekte edilir. Erimiş plastik, cihaz silindirin de fazla tutularak yakılmamalı kalıba soğuk halde de enjekte edilmemelidir [14].

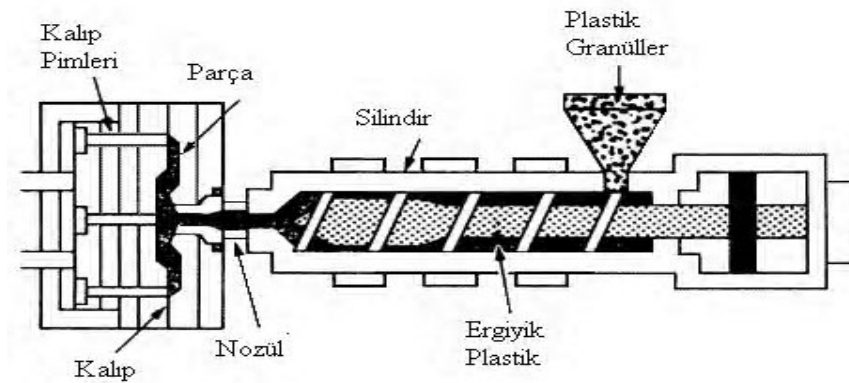
Ön plastikleştiricili helezonlu makinelerde besleme hunisinden haznedeki döner yardımıyla ısıtılmış bölgeye sevk edilen plastik granülleri erimeye başlar. Helezonun dönmesiyle ve sürtünmesiyle plastik maddenin erimesi kolaylaşır. Eriyen madde bir valftan geçerek asıl enjeksiyon bölümüne gelir. Burada yeteri miktarda birikim sağlanınca valf otomatik olarak plastiğin geliş yolunu kapatarak kalıp yolunu açar ve enjeksiyon sağlanır. Aşağıda Şekil 2.8’de enjeksiyon kalıplama makinesinin şekli verilmiştir.

Çift hareketli helezonlu enjeksiyon makinelerinde de helezonun dönmesiyle ısıtma bölgesinde eriyen plastik ön taraftaki birikme bölgesine gelir. Koşullar yeterli olduğunda bir hidrolik motor ve kavrama yardımıyla helezon bir piston gibi ileri doğru kalıba hareket ettirilerek enjeksiyon gerçekleştirilir. Bu sırada helezonun ön tarafındaki sonsuz valf kapanarak erimiş malzemenin geri kaçması önlenir.

Bütün enjeksiyon sistemlerinde kalıba basılan plastiğin soğuyarak katılaşmasından sonra kalıp açma sırasında cihaz lülesinden kalıp yolluğuna doğru giden katılaşmış malzeme de otomatik kesme ile ayarlanabilir.

Termoset plastiklerin enjeksiyonunda daha değişik cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlarda helezon haznesi hassas bir şekilde sıcak su ceketinde ısıtılır. Ayrıca lüle konstrüksiyonu da farklıdır. Plastik hazne içinde pişmeden akabilecek bir sıcaklıkta tutulur. Lüleden geçerken pişme sıcaklığının üzerine ısıtılır. Buradan hızla pişirme sıcaklığındaki kalıba basıldıktan sonra piston yeniden besleme için geri çekilirken lüle soğutulur. Aksi halde lüle kapanarak üretim engellenir. Bazı kaynaklarda bu tür kalıplamaya jet kalıplama denir [15].

Malzeme, kalıp ve makineden kaynaklanacak kusurlarla çalışma yönteminde öngörülen yöntemlerde hata olmamışsa enjeksiyon kalıplamada elde edilen ürünler genellikle kaliteli ve ürün yapımında kullanılan hammaddenin niteliklerini taşır. Bu yöntem hemen-hemen en çok kullanılan plastik biçimlendirme tekniği olup her alanda kullanılabilen değişik boyut ve biçimlerde parça üretilmesinde uygulanan bir sistemdir [14].



Şekil.2.8. Enjeksiyon kalıplama makinesinin şematik boy kesiti.

2.3.3. Çubuklar

CTP’li üçgen piramit modülünde uzay kafes sistemde üçüncü önemli eleman cam elyafı ile takviye edilmiş polyesterli çubuklar Şekil 2.9’da görülmektedir. Çubuklar, düğüm noktalarının içinden geçerek sistemin kemer şeklini almasını sağlayan elemanlardır. Çubuklar doğru eksenli öğelerdir ve kolay şekil alabilen özelliktedir. Çubuklar biri birine bağlantısı çeşitli kolaylıklar sağlayan düğüm noktası elemanları ile yapılmaktadır.

Çubuklar; profil çekme pultruzyon sisteminde sürekli elyaf liflerinin polyester reçine ile ısıtılıp sıcak kalıp içinde katılaştırıldıktan sonra bir makaradan çekilerek çubukların silindirik olarak üretilmesidir. Sürekli liflerin kalıp içine yönlendirilmesiyle farklı mekanik özelliklerde ürünler elde edilebilir. Yeterli sayıda elyaf katının sarılmasından sonra ürün sıcak kalıp içinde sertleşerek şekillenir. Silindirik çubuklar sürekli sistem olan bu yöntemle istenilen boylarda yapılır [16].

Cam elyafı ile takviye edilmiş polyester çubuklar; çok yüksek mekanik değerler kazanmaktadır. Çubuk, polyester emdirilmiş, tek yönlü ve tek parça (lineer) cam elyafın standart ebatlarda dondurularak katılaştırılmış şeklidir. Çubukların üretiminde “cam-elyaf örgüleri” kullanılırsa bu elyaflar, çubuk boyunca yönlendirilmiş olduğundan mukavemetin artırılmasını sağlayacaktır [14].

Cam elyaf, karbon elyafı ve aramid elyafına kıyasla daha ekonomiktir. Endüstri için çok önemli olan bu polyester cam elyafı bileşimine cam elyaf takviyeli polyester (CTP) denmektedir. Dokuma ve iğnelenmiş dokuma kullanılarak yapılan kalıplamalarda cam oranı ağırlıkça %40-50 mertebesinde dir. Belli bir ağırlıktaki bir kalıplamada ne kadar çok cam elyafı takviyesi kullanılırsa, çubuk o kadar dayanıklı olur. Çubuğa reçine ilavesi belli ağırlıktaki ürünün mukavemetini düşürür [16].

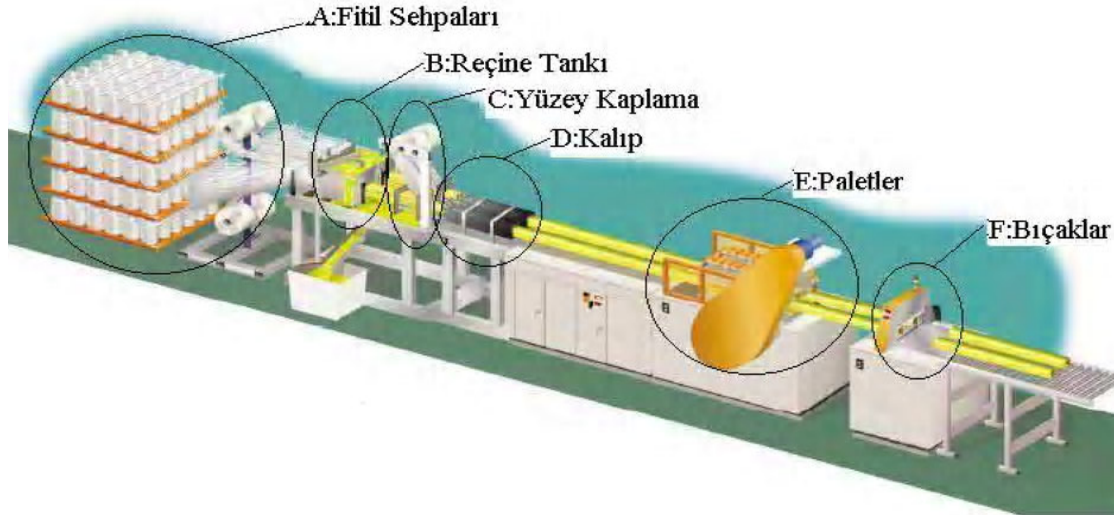


Şekil 2.9. CTP'li çubuklar.

Üst çubuklar, piramitlerin tepe noktalarını birleştiren çubuklar olup, genellikle basınca çalışacak şekilde düzenlenmektedir. Alt çubuklar ise, genellikle çekmeye çalışacak şekilde düzenlenen ve piramitlerin alt noktalarını birleştiren çubuklardır. Dikme ve diyagonaller ise, yükleri düğüm noktalarına ileten aynı zamanda, basınca ve gereğinde çekmeye çalışan çubuklardır.

2.3.3.2. Pultruzyon Yöntemi

Pultruzyon yöntemi, malzemenin kalıp boyunca çekilerek üretilmesi yöntemidir. Pultruzyon hattının çalışma prensibi; makineden ayrı bir bölümde bulunan elyaflar bobinlerden çekilir ve ilk olarak matriks malzemesi olan reçine içinden geçerek ön kalıp olarak adlandırılan bölümden geçerken içlerindeki hava ve fazla reçineden arınır. Ön kalıptan çıkan malzemenin kullanım yerinde atmosfer ve diğer dış etmenlerden korunması için esas kalıba girmeden önce yüzeyi kaplanır. Kalıptan çıkan profiller paletler tarafından çekilmesi suretiyle sistemin sürekliliği sağlanır ve son işlem olarak istenen uzunluğa gelen malzemenin bıçaklar vasıtası ile kesilmesi sonucu işlem tamamlanmış olur. Bu işlem Şekil 2.10'da gösterilmiştir [17].



Şekil 2.10. Pultruzyon makinesinin taslak gösterimi.

Boyuna mukavemetin yüksek olduğu bu üretim şeklinde malzemenin enine mukavemetini de artırmak amacı ile özel olarak düğümlü üretilmiş fitil (keçe), dokunmuş ya da farklı eksen ve yönlerde sahip cam kumaşlar ile kaplanır. Bunların dışında da yüzey düzgünlüğünü ve atmosferik etkileri azaltmak için termoplastik yüzey tülü çok kullanılan takviye malzemesidir. Bu metodun önemli özelliklerinden biri de kullanılan reçineye istenilen özellikleri geliştirmek amacı ile dolgu malzemeleri katılabilmesidir [17].

Maliyeti düşürmek için 3-6 mikron boyutunda olan kalsiyum karbonat (kalsit), alev dayanımı istendiğinde alüminyum hidroksit, korozyon dayanımı istendiğinde kil, elektriksel izolasyon istendiğinde alüminyum trihidrat gibi dolgu maddeleri kullanılabilir.

Pultruzyon metodunda kullanılan reçinelerden aranan en önemli özellik, çekme hızına ve yüksek düzeyde tutabilecek reaktiviteye sahip olabilmesi ve iyi bir ısınmayı sağlayabilecek düşük viskoziteye veya seyreltilebilme olanağına sahip olmasıdır. Bu bağlamda kullanılan reçinelerin %90'ı polyester ve vinil reçinelerdir. Bunların dışında fenolik reçineler pultruzyon yöntemi ile üretilen ürünlere yanmazlık ve düşük duman yayma özellikleri kazandırır. Epoksiler ise yüksek mukavemet, daha yüksek ısı dayanımı ve elektriksel özelliklerde yüksek performans sağlar [17].

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Mukavemet Testi ve Standart Ölçümleri

Çalışmada kullanılan malzemeler yüksek mukavemet değerleri sağlayan malzemelerdir. Çekme, eğilme, darbe ve basınç dayanımı gibi mekanik değerlerin sağlanmasına yönelik tasarlanmıştır. Geleneksel malzemelerin aksine, kullanılan CTP’li polyester ve termoset malzemeler, uygulamadaki özel tasarım beklentilerine uygun mukavemet değerlerini sağlayabilmiştir.

CTP’li üçgen piramit modülünde uzay kafes sisteminde kullanılan malzemeler birim alan ağırlığında hem takviyesiz plastiklere, hem de metallere göre daha yüksek mukavemet değerleri sunmaktadırlar. Ürüne sağladığı yüksek mukavemet/hafiflik özelliği etkin bir şekilde kullanılmasındaki en önemli nedenlerden biridir.

Bağlantı elemanları ve CTP-çubuklardan kurulan Elmas Yapı iskeleti değişmez, sabit, bozulmaz ve mukavemetli olmalıdır. Bu özelliklerin olmaması iskelet sisteminin başarısızlık durumudur ve bağlantı elemanlarının çubuklarla olan temas yerlerindeki gerginlikten ve yapı uyumsuzluğundan doğabilir. Bu uyumsuzluğu gidermek için her bir bağlantı elemanının CTP’li çubukla temasta olan yerleri yapıştırıcı kompozitlerle sabitlenmelidir. Bir bütün olarak çalışan iskelet sistemi kilogram kütle başına mukavemeti daha fazla ve fiyatı daha ucuz olacak şekilde tasarlanmıştır. Hem geometrik uyumsuzluk hem de mukavemet ve fiyat yetersizliğindeki başarısızlık hallerinde B-planı olarak CTP çubuklarının içerisine çelik çubuk yerleştirmekle uygun

geometriler hazırlanacak ve mukavemet artırılacaktır. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi mukavemet ölçümleri yapılmıştır ve Tablo 3.1’deki sayısal değerleri elde ettik.



Şekil 3.1. Mukavemet ölçüm cihazı ve özel bağlantı elemanının mukavemet ölçümü.

Tablo 3.1. Merkez bağlantı elemanının mukavemet ölçüm değerleri.

1. Ölçüm	Uzun-Uzun Kolların Ölçümü	83	kg
2. Ölçüm	Kısa-Kısa Kolların Ölçümü	80	kg
3. Ölçüm	Kısa-Uzun Kolların Ölçümü	78	kg

Farklı termoplastiklerden yapılan malzemelerin belirlenen test şartlarında çeşitli kuvvet değerleri elde edilir. Kırılma karakteri darbe deneyinde uzun-uzun kollar, kısa-kısa kollar ve kısa-uzun kollara uygulanan kuvvetlere göre mukavemet testi yapılmıştır.

Burada istenen, merkez bağlantı elemanlarına uygulanan kuvvetle kollarda ve merkezde meydana gelen kırılma ve çatlamaların görülmesidir. Parçanın tok veya gevrek kırılıp kırılmadığının anlamaktır. Amaçlanan kırılma ise tok kırılmadır.

Malzemenin gevrek yapılı olması istenmeyen bir özelliktir. Darbe deneyindeki amaç herhangi bir malzemenin ufanarak parçalandığı yani gevrek olduğu şartları belirlemektir. Buna rağmen darbe deneyleri aşırı büyük yüklerle yapılırsa malzeme gerçekçi olmayan gevrek yapı göstermektedir. Aranılan kırılma özelliği ise, kırılma başlamadan önce malzemede esneme olmalıdır.

Çalışmada kullanılan ürünler çeşitli mekanik, çevresel baskılar altında şekillerini ve işlevselliklerini korumaktadır. Kompozitler takviyesiz termoplastiklerin visko elastik ve büzüşme özelliklerini sergilememektedir. Isıl genleşme katsayıları daha düşüktür

Çalışmada kullanılan kompozit malzemeler paslanmaz ve aşınmaz malzemelerdir. Çeşitli kimyasal ve ısı ortamlara dayanım sağlamak amacı ile geliştirilmiş birçok reçine sistemi mevcuttur. Uygun tasarlandığında bu ürünlerin en az bakımla, uzun süreli hizmet ömrüne sahip olmaları sağlanabilir.

Üçgen piramit modülünde tasarlayıp ürettiğimiz merkez bağlantı elemanlarının mukavemet ölçümleri sonucunda 83 kg kuvvete kadar dayanmıştır. Ölçüm sonuçlarından sonra bu merkez bağlantı elemanlarını termoset polimerinden ürettiğimizde bağlantı elemanlarının mukavemeti daha da artacaktır.

3.2. Cam Elyaf Takviyeli Polyesterler (CTP)

Kompozit malzemelerde kullanılan elyafların fiziksel biçimleri, oluşturulan yeni malzemenin özellikleri üzerinde çok önemli bir faktördür. Takviyeler temel olarak üç farklı biçimde bulunmaktadır. Bunlar; parçacıklar, süreksiz ve sürekli elyaflardır. Parçacıklar genelde küresel bir biçimde olmamasına rağmen her yönde yaklaşık olarak eşit boyutlardadır. Çakıl, mikro balonlar ve reçine tozu parçacık takviyelerine örnekler arasında sayılabilir. Takviye malzemelerinin bir boyutu diğer boyutlarına göre daha fazla olduğunda elyaflardan söz edilmeye başlanır. Süreksiz elyaflar (doğranmış elyaflar, öğütülmüş elyaflar veya whiskers püskül) birkaç milimetreden birkaç

santimetreye kadar değişen ölçülerde olabilmektedir. Çoęu lifin çapı birkaç mikrometreyi geçmemektedir. Bu nedenle elyafın parçacık halden lif haline geçişı için çok fazla bir uzunluğa gerek yoktur [15].

Sürekli elyaflar ise tel sarma yöntemi gibi yöntemlerde kesilmeden ip şeklinde kullanılmaktadır. Elyaflar en yüksek mekanik özelliklerini enlerinden daha çok boylarına gösterir. Bu özellikler kompozit malzemelerin metallerde rastlanmayan aşırı anisotropik malzeme özelliği göstermelerine neden olur. Bu nedenle tasarım aşamasında elyafların reçine içindeki yerleşimleri ve geometrilerini göz önünde bulundurmak çok önemlidir. Malzemenin anisotropik özelliği tasarım aşamasında ürünün uygun yerinde kullanılarak avantaja dönüşebilir.

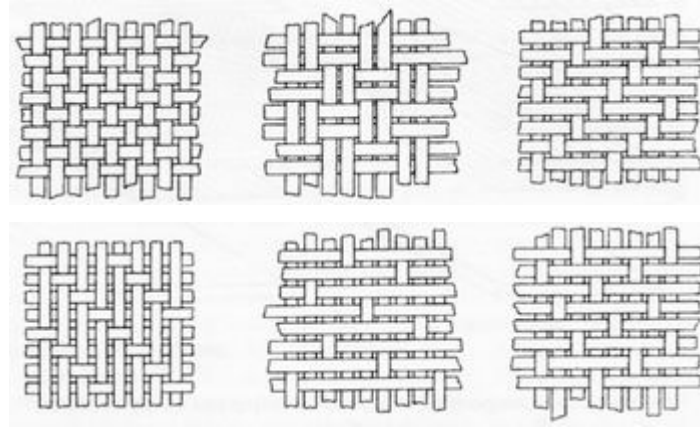
Bazı durumlarda malzemenin dayanımı artırmak, tüm yönlerde eşit mukavemet elde etmek için elyaflar kumaş olarak dokunur. Sürekli liflerle hazırlanan dokuma elyaf kumaşlarının farklı amaçlar için geliştirilmiş türleri vardır. Bu türler Şekil 3.2’de verilmiştir.

Cam elyafının günümüzde en çok kullanılan ve geçerli takviye malzemesidir.

Cam elyafı silika, kolemanit, alüminyum oksit, soda gibi cam üretim maddelerinden üretilmektedir. Cam elyafı, elyaf takviyeli kompozitler arasında en bilinen ve kullanılanıdır [16].

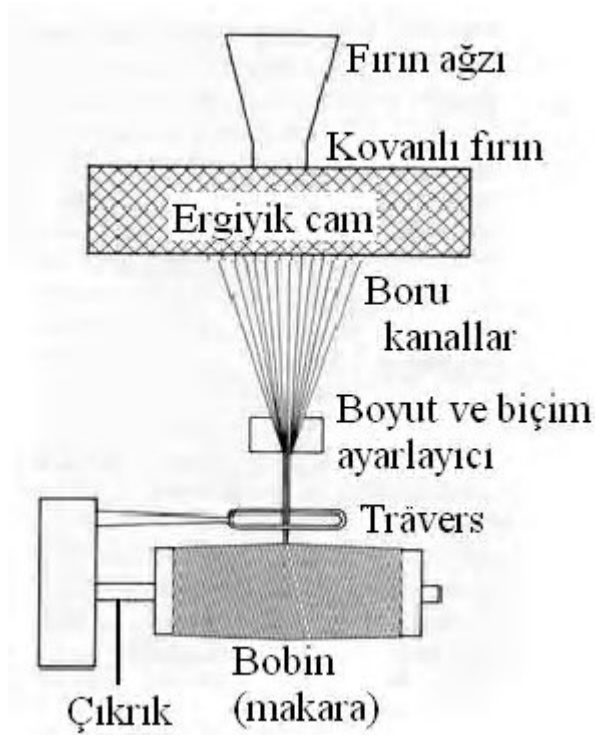
Cam elyafı özel olarak tasarlanmış ve dibinde küçük deliklerin bulunduğu özel bir ocaktan eritilmiş camın itilmesiyle üretilir. Bu ince lifler soğutulduktan sonra makaralara sarılarak kompozit hammaddesi olarak nakliye edilir. Özellikle cam elyafı ile matris arası yapışma gücünü arttıran "silan" bazlı ve elyaf üzerinde ince film oluşturan kimyasalların sonra kullanım sahaları artmıştır [15].

Elyaflar işlem sırasında dayanıklılıklarının %50’sini kaybetmelerine rağmen son derece sağlamdırlar. Cam elyafı halen aramid ve karbon elyaflarından daha yüksek dayanıklılık özelliğine sahiptir.



Şekil 3.2. Elyaf dokuma türleri

Elyaf kumaşları genellikle sürekli cam elyafının lifleri ile üretilmektedir. İşlemler sırasında değişik kimyasalların eklenmesi ve bazı özel üretim yöntemleri ile farklı türde cam elyafı üretilmektedir Şekil 3.3’de cam elyaf üretim makinesinin şekli verilmiştir [17].



Şekil 3.3. Cam elyafı üretim makinesi

Cam elyafının kullanım amacına bağlı olarak elyaf sarma biçimleri farklı olabilir. Elyaf çapı ve demetteki lif sayısı farklılaşabilir. Cam elyafı biçimlendirildikten sonra

yıpranmaya dayanımının artması için kimyasallarla bir kaplama işlemi yapılır. Kaplama malzemesi olarak genellikle elyafın kompozit malzemeye uygulanmasından önce kolaylıkla kaldırılabilen ve suyla çözülebilen polimerler kullanılmaktadır. Elyaf ile reçinenin birbirine iyi yapışması çok önemlidir. İyi yapışmaktan dolayı birbirinden kayan takviye malzemesi ve matris, kompozit malzemenin sertliğini ve sağlamlık performansını düşürür. Bu durumun engellenmesi için elyaf kimyasallarla kaplanır [18].

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Modül; sp3 yapılı merkez bağlantı elemanı ve iki farklı uç bağlantı elemanlarından oluşur ve “düğüm noktaları” terimi yerinde kullanılmıştır. Merkez bağlantı elemanı erkek uçlar ile ve uç bağlantı elemanları dişi yuvarlak adaptör ile birbirine entegre edilmiştir. Dişi yuvanın uzunlukları her iki uç bağlantı elemanında (düğüm noktaları) 1.1cm ve 1.3cm olarak ayrı ayrıdır bunlar Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Çubukların boylamasına uzunlukları (x) ekseni olarak ele alınırsa merkez bağlantı elemanının uçları koordinatın üç eksenile birden değiştiğinden herhangi bir eksen boyunca vuku bulacak değişimler (örneğin x ekseninde); erkek/dişi bağlantısını bozamaz. Ancak çubukların maruz kaldıkları fazla gerilmeler yüzünden 1.1cm’lik derinliğe sahip dişi uç bağlantı elemanında bozulmalar görülmüştür. Bu hatanın önüne geçmek için iki ayrı yaklaşım tasarlanmıştır;

1. 1.3cm derinlikli bağlantı elemanı dikkate alınarak derinlik mesafesi en az 1.3mm’ye, hatta tedbir olarak 1.5cm’ye çıkartılmalıdır.
2. Erkek/dişi bağlantı elemanlarının entegre kısımlarının hareketsiz ve sabit olması için somun/vida sistemi kullanılmalıdır.

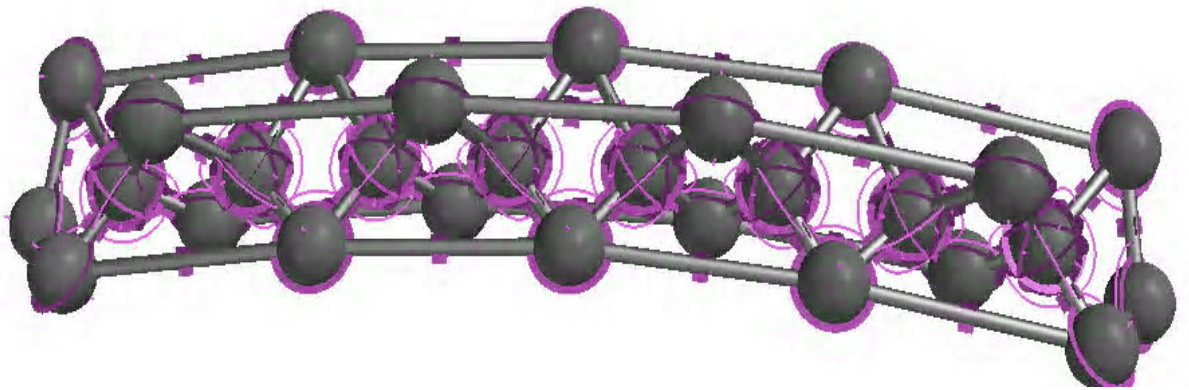
sp3 yapılı merkez bağlantı elemanın (S-YMBE) mukavemet testlerinde kırılma noktaları merkezdeki kürenin keskin bitiş yerinde olduğu için kürenin keskin değişimi düzgün yavaş değişime dönüştürülmesi gereklidir.



Şekil 4.1. Düğüm noktaları olarak verilen uç bağlantı elemanları.
(Üstten ve yandan görünüşü)

Diğer yönden uzun olan taraf kiriş-kemer yapının alt tarafına gelmekte ve profil bağlantı elemanının takılması için bağlantı elemanları arasında gereğinden fazla mesafe taşımaktadır. Hem kısa olanının mesafesini artırmak hem de uzun olanını kısaltmak üzere sp^3 yapılı merkez bağlantı elemanının uçlarındaki mesafe birbirine eşit olarak kısa ve uzun değerlerin ortalaması alınacak şekilde tasarlanmıştır.

4.1. Elmas Yapılı Kiriş-Kemer İskeletin İnşası İçin Çubuk Ve Modellerin Sabitleştirilmesi



Şekil 4.2. Elmas yapılı kiriş-kemer iskelet modelinin “Spartan’08” kuantum kimyasal hesaplanması ile oluşan geometrik yapı.

Bağlantı elemanlarının iki ucuna bağlantı elemanlarından ikişer tane tutturularak sabitlenir. CTP çubukları bağlantı elemanlarından geçerek sabitlendikten sonra Şekil 4.3’de görüldüğü üzere art arda üçgen piramit modüllü elmas yapı iskelet üretilir.

Sonuç ürün olan Elmas Yapı iskelet için tasarlanan yükseklik ve alana göre uygun sayıda bağlantı elemanı kullanılmıştır.

Uzay çatı sistemlerinden iskelet uzunluğuna bağlı olarak yaklaşık %30 eğim standarttır. Bu eğimin sabit tutulmasına göre çatının en yüksek kısmı ve alçak kısmı arasındaki yükseklik farkı belirlenmiştir. Belirlenen eğime göre farklı uzunluklarda iskeletler oluşturulup bunlar için özel tasarlanarak üretilmiş bağlantı elemanları arasındaki CTP’li çubukların uzunlukları değiştirilir. Herhangi bir çatı yüzeyi için özel çalışma ile bu uzunluklar belirlenir.

“Spartan 08” programıyla Elmas Yapılı Kiriş-Kemer İskelet Modeli kuantum kimyasalı olarak hesaplanmıştır. Hesaplama sistemi yarı ampirik (Semi-emprical) olarak gerçekleştirilmiş ve en düşük enerji yapısı göz önüne alınmıştır.

Elde edilen tüm konstrüksiyon, “Uzay Kafes/Çatı” yapıdaki gibi Şekil 4.4’de görüldüğü üzere kolonsuz olarak geniş açıklıklı çatı yapımında görev alır ve çatı altındaki boşluğu kullanışlı hale getirir. Kurulan iskelet yapı, “Uzay Kafes/Çatı” sistem yapılara alternatif olmakla beraber onlardan çok farklı fonksiyonları da sağlayabilmektedir.



Şekil 4.3. Elmas yapılı kiriş-kemer iskelet modelinin yapılmış hali.

4.2. CTP'li Üçgen Piramit Uzak Kafes Sistemlerinin Avantajları

Üçgen piramitli uzak çatı sistemleri üç boyutlu olarak oluşturulmaktadır. İmalatın tamamı atölyede hazırlanıp şantiyede montajı yapılacak şekilde dizayn edilmektedir. Sistem pultrüzyon yöntemiyle üretilmiş cam elyaf takviyeli çubuk ve düğüm noktası olarak kullanılan uç bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Bu temel özelliklere göre tasarlanan üçgen piramitli uzak kafes sistemleri günümüzde hem mimaride hem de statik olarak daha fazla verim alabilmek için kullanılabilir.

- Elmas Yapı iskelette kemer boyunca çalıştırılacak olan CTP'nin metallere göre üstün yönleri dikkate alındığında, CTP çubukların çelik elemanlara göre en önemli avantajları; hafiflik, korozyona uğramama ve esneklik olarak sıralanabilir. Ayrıca güçlendirmede kullanılacak fiber takviyeli plastikler ham maddesi piyasada bol miktarda bulunan, üretimi kolay, maliyeti düşük ve istenen dayanıma sahip bir malzemedir.
- Uzak kafes sistemlerin diğer sistemlere göre üç boyutlu hafif bir yapısı olduğu için büyük açıklıkları, küçük yüksekliklerle geçebilme özelliğine sahiptir.
- İki yönlü büyük açıklık geçilebildiği için ortada kullanım alanı artmaktadır. Yapının durumuna göre dört bir tarafta 15'er metrelik konsollar düzenlenebilmektedir.
- İmalat ve montaj yönünden az sayıda farklı elemanı olması sebebiyle büyük kolaylıklar sağlamaktadır.
- Isı değişimleri yönünden, diğer sistemlere oranla daha esnek bir yapıya sahiptir. Çubuk boylarının küçük olması nedeniyle düğüm deplasmanları da çok küçük olmaktadır.
- CTP'li Üçgen Piramit Modülünde Uzak Kafes Sistemi ile çatıya istenilen form verilebilir.
- CTP'li Üçgen Piramit Modülünde Uzak Kafes Sistemi içinden, klima havalandırma kanalları, tesisat ve elektrik boruları her yönde rahatlıkla geçirilebilir. Doğal aydınlatma sağlanabilir. Uzak sistem üzerine her türlü

çatı kaplaması uygulanabilir ve içi mekânda asma tavan rahatlıkla düzenlenebilir.

- Isı değişimi yönünden, diğer sistemlere göre daha esnek bir yapıya sahiptir. Bu imalatla bütün çubuklar, statik yönden en ekonomik kesit olan daire kesitli çubuklardır. İmalat prefabrik olduğu için tekrar-tekrar monte edilerek kolaylıkla yapının yerini değiştirmek mümkündür.
- Sistemin montajı çok kolaydır. Montajı yerde olabildiği gibi, havada örülerek de yapılmaktadır, İnşaat alanındaki imkânlarla göre değişen bu durum çok önemlidir.
- Her türlü taşımacılık (deniz, kara, hava) için uygundur. Tekerlekli iskeleler kullanılarak, vinç yardımı olmaksızın tüm çatı havada örülebilir.
- İmalat ve montaj süreleri çok kısaldığı için inşaat maliyetlerinde zamanla ortaya çıkan artışlar ortadan kaldırılmaktadır. Tesisin daha kısa sürede işletmeye alınması gerek yatırımcılara, gerekse ülkemiz ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Uzak kafes sistemler genel tanımı ve tarihçesi
<http://www.yuksekelik.com/uzaykafesistemleri.htm>, 2008.
2. Ay, Z., 1998. Çelik Uzak Sistemler Ders Notu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
3. Makowski, Z.S., 1966. Steel Space Structures, London.
4. Savaşır K., 2000. **D.E.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü**, Silindirik yüzeyli uzak kafes sistemlerde yükseklik ve geçilen açıklık bakımından tek ve çift tabakalı sistemlerin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
5. Türkçü H.Ç., 1982. uzak çerçeve çatıyı farklı geometrik olanaklar arasından seçmede kullanılabilecek ölçütler ve yöntemi, **E.Ü Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları**, Yayın No:15, İzmir.
6. Arda, T., S., 1985. Uzak kafes taşıyıcı sistemler, II. Çelik Yapılar Semineri, Cilt 2, İstanbul.
7. Aşkar, G., 1985. Çelik uzak taşıyıcı sistemler, II. Çelik Yapılar Semineri, Cilt 2, İstanbul.
8. Özgen, A., Aşkar, G., Çelik karkas yapılar. I. Çelik Yapılar Seminer Notları, İstanbul.
9. Termoplastiklerin genel tanımı,
<http://www.polimernedir.com/kutuphane/termoplastik-polimerler/>.2012.
10. Blume, M., 2001. Termoplastik elastomerler-mevcut durum ve gelecekteki eğilimler.
11. Özdemir, E., 2001. **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Polipropilen ve naylon 66 plastiklerine katılan cam elyafın mekanik özelliklere etkisinin deneysel incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
12. Tavlı, A., 2004. **Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Mineral dolguların polipropilen/elastomer kompozitlerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
13. Termosetlerin genel tanımı
<http://www.polimernedir.com/kutuphane/termoset-polimerler/>.2012.

14. Kaya, F., 1983. Plastikler: katkı maddeleri ve işleme metodları,, Kipas Yayınları, İstanbul.
15. Budinski Kenneth G., 1996. **Engineering Materials Properties and Selection** **Prentice Hall**, New Jersey, 119-145.
16. Yurddaş, Ç., Afşar, E., 2000. CTP Teknolojisi, 4. Basım, Cam elyaf, Sayfa: 8-44.
17. Sarıbiyık, M., 2007. Hafif yapı tasarımında pultrüzyon metodu ile üretilen cam elyaf takviyeli plastiklerin kullanılması, **Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 23(1): 199-205.
18. Sayman, O., Aksoy, S., 1982. **Kompozit Malzemeler**, E.Ü. Makine Fakültesi, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Kenan DAĞ

Uyruğu: T.C

Doğum Tarihi ve Yeri: 1985, Aksaray

Medeni Durumu: Bekar

e-mail: york-3468@hotmail.com

Yazışma Adresi: Melikgazi / Kayseri

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Erciyes Üniversitesi/Kayseri	2008
Lise	50. Yıl İnsa Lisesi/İstanbul	2004

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2009-2012	Serhat Dershanesi	Kimya Öğretmeni