

UZAY KAFES SİSTEMLERİNDE ÖRTÜ MALZEMESİ SEÇİMİ

NİLHAN VURAL¹

ÖZET

Uzay kafes sistemleri, XX. yy.'daki toplumsal ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan çağdaş strüktür sistemlerinden biridir. Büyük açıklıkları örtmesinin yanı sıra mimari, strüktürel ve ekonomik yönden de pek çok avantaja sahiptir. Uzay kafes sistemlerinin oluşturduğu mekanları doğa koşullarından korumak için bir örtü malzemesiyle kaplamak gerekmektedir. Bu çalışmada uzay kafes sistemlerinin türleri biçimleniş açısından ele alınacak ve sistemin algılanmasında önemli rol oynayan örtü malzemelerinin seçiminde etkili olan etmenler incelenecektir.

1. GİRİŞ

Strüktür sistemleri, mimarların en önemli ilgi alanlarından birisidir. Yapı strüktür sistemini oluştururken, mimarın strüktür sisteminin özelliklerini ve temel ilkelerini bilmesi, doğru bir sistem seçebilmesi açısından gereklidir.

İnsanlar varoluşlarından bugüne kadar strüktür sistemleri ile uğraşmışlar ve onları geliştirmişlerdir. Bu tarihsel süreç içinde malzeme ve malzemenin uygun biçimde kullanılmasını sağlayan teknolojik bilginin sınırlılığı nedeniyle strüktür sistemleri çok yavaş gelişmiştir. İnsanların bilgi ve teknik düzeyleri daha da ilerleyip, malzeme olanakları çeşitlendikçe, daima daha

¹ Arş. Gör. KTÜ., Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Trabzon.

büyük alanları arada düşey taşıyıcı, mekan bölücü, parçalayıcı yapı öğeleri olmaksızın geçme isteklerine paralel olarak, strüktür sistemleri büyük bir gelişime uğramıştır. Böylece çok malzeme gerektiren masif yığma strüktür sistemlerden, daha büyük alanları daha az malzeme ile örtmeye uygun strüktür sistemlerine veya strüktür sistem öğelerine ulaşılmıştır.

XX. yüzyılda, toplumsal gelişme ve büyük açıklıklı yapı gereksinimi mimarları yüzeysel, asma-germe, şişirme (pnömatik) ve uzay kafes şeklinde sınıflandırılan çağdaş strüktür sistemlerine yöneltmiştir. Bu yönelmede; geleneksel strüktürlerin yetersizliği, strüktür analiz yöntemlerindeki gelişmeler, teknolojik gelişme, yeni malzeme olanakları ve mimarlık dalında bilgi uzmanlaşması gibi nedenler etkin rol oynamışlardır.

2. UZAY KAFES SİSTEMLERİ

Uzay kafes sistemleri; farklı düzlemlerdeki çekme ve basınç kuvvetlerini alan ve bir düğüm noktasında birleştirilen çubuklarla, yükleri çok yönlü bir yayılım sonucu zemine aktaran sistemlerdir. Bu üç boyutlu sistemler, mekanların en büyük ekonomi ile ve malzemeden en yüksek verim alınarak örtülmesini sağlarlar. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de geniş biçimsel olanaklar sunması, hafif oluşu, yapım süresinin kısa olması, montajının kolayca yapılabilmesi, iç mekanlarda özgür tasarımlara izin vermesi gibi avantajları, giderek ön yapım olanakları geliştirilen bu sistemlerin tercih edilmesinde önemli rol oynamaktadır.

2.1. Uzay Kafes Sistemlerinin Türleri

Uzay kafes sistemleri, düz-yüzeysel, tonozsal ve kubbesel olmak üzere üç temel biçime sahiptir.

Düz-yüzeysel uzay kafes sistemler, aynı plana sahip olması gerekmeyen çubuklardan yapılmış (en az) iki adet düz-yüzeysel ızgaranın düğüm noktalarından birbirlerine aralarında belirli bir açıklık kalacak şekilde bağlanmaları sonucu oluşturulurlar [1].

Düz-yüzeysel uzay kafes sistemler, uzay kafes sistemlerinin en bilinen ve en basit forma sahip olan türüdür. Çatı strüktürü olarak uygulanabilmelerinin yanı sıra düz oluşlarından dolayı döşeme strüktürü olarak da kullanılabilirler. Düşey veya eğimli duvar oluşturabilirler; doğrusal eleman biçiminde kule ve köprü yapımında da yer alabilirler [Şekil 1] [2].

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 [1].



Şekil 1- Düz-yüzeysel uzay kafes sistem modülleri ve uygulama örnekleri [3,4,5].

Tonozsalsal uzay kafes sistemler, 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 [Şekil 2] [1].



Şekil 2- Tonozsalsal uzay kafes sistem modülleri ve uygulama örnekleri [1,4,6].

Kubbesel uzay kafes sistemler, geniş açıklıkları az sayıda malzeme ile geçebilen taşıyıcı sistemlerdir. Bu sistemlerde çubuklar arasındaki bağlantılar narin elemanlardan oluşur ve bunlar konstrüksiyonun ağırlığını taşır.

Kubbesel uzay kafes sistemlerde yükler, mekan içinde yönlendirilerek zemine aktarılır. Üçgen, kare, çokgen ve dairesel alanların örtülmesinde de bu sistemler tercih edilmektedir.

Temelde kubbe strüktürü gibi farklı iskeletlerde kubbe yüzeyi bazı geometrik şekillere bölünerek tanımlanabilir. Bu bölünmeler; üçgenler, dörtgenler, beşgenler ve altıgenler şeklinde olabilir [Şekil 3] [7].



Şekil 3- Kubbesel uzay kafes sistem uygulama örnekleri [3,4].

3. UZAY KAFES SİSTEMLERİNDE KULLANILAN ÖRTÜ MALZEMELERİ

Uzay kafes sistemleri aşırı boşluklu taşıyıcılar oldukları için doğa koşullarına karşı korumasızdırlar. Bundan dolayı, bu sistemleri monte edip oluşturduktan sonra çevrenin istenmeyen koşullarından korumak için örtmek gerekmektedir[1].Uzay kafes sistemlerinde her türlü örtü malzemesi kullanılabilir. Bu bölümde uzay kafes sistemlerinde en çok kullanılan örtü malzemelerine değinilecek ve bu malzemelerin seçiminde etkili olan etmenler incelenecektir.

3.1. Uzay Kafes Sistemlerinde Kullanılan Örtü Malzemelerinin Türlerine Göre Sınıflandırılması

Bu başlık altında uzay kafes sistemlerinde en çok kullanılan örtü malzemelerine değinilmiştir.

3.1.1. Plastik Esaslı Malzemeler

Bu başlık altında uzay kafes sistemlerinde en çok kullanılan plastik esaslı malzemelere yer verilmiştir.

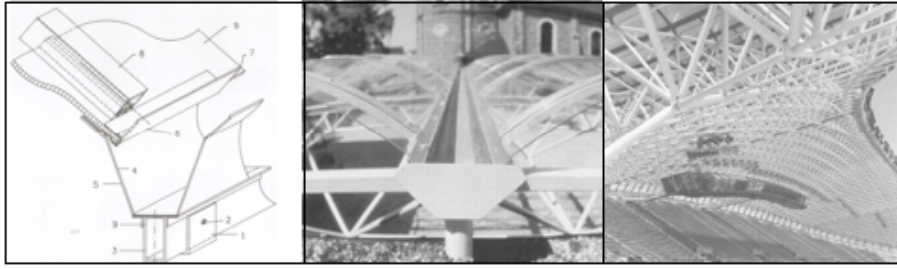
3.1.1.1. PVC Levhalar

Işık geçirgen çatı örtü malzemesi olarak kullanılan PVC, polivinilklorür polimerlerinin sıkıştırılması ya da basınç altında ısıtılmasıyla ince film tabakaları haline getirilmesi sonucunda oluşan termoplastik bir malzemedir.Işık geçirgenliği polikarbonat ve akriliklere göre düşük olan PVC'ler düz, ondüle ve trapezoidal kesitli olarak üretilmektedir. PVC'lerin çarpmaya karşı dayanımları cama ve akriliğe oranla daha iyi, polikarbonata göre daha kötü özellik göstermektedir [8].

3.1.1.2. Polikarbonat Levhalar

Polikarbonat levhalar, ışık geçirimli çatı örtü malzemesi olarak kullanılan çapraz bağlı molekül yapısına sahip polikarbonat reçinesi esaslı malzemelerdir. Polikarbonat örtülerin darbe dayanımları cama göre 200, akrilik levhalar göre sekiz kat fazladır. Çift cama eşdeğer ısı geçirgenliğine sahiptirler, bu nedenle ısıtma giderlerinde %50'ye varan tasarruf sağlanabilir. Malzemenin işleme kolaylığı, bükülebilme ve basit el aletleri ile kesilebilme, delinebilme özelliklerinden ve hafif olmasından dolayı montajı kolaydır. Bronz, opak, şeffaf olabildikleri gibi mavi, yeşil gibi özel renklerde de üretilebilirler. Renk ve kalınlığa bağlı olarak %90'a varan ışık geçirgenliğine sahip olması ışık istenen uzay kafes çatılarda ideal bir çözüm olarak sunulabilir.

Polikarbonat levhalarla camla yapılması mümkün olmayan estetik ve dairesel formlar yaratılabilir. Malzeme yüksek ısıda erir fakat alev almaz, yangının yayılmasını önler [Şekil 4] [8].



Şekil 4- Uzay kafes sistemlerinde polikarbonat levha uygulama detayı ve örnekleri[4,6]

3.1.1.3. Cam Elyaf Takviyeli Polyester Levhalar (CTP)

Cam elyafı ile takviye edilerek fiziksel mukavemet değeri artırılmış, doymamış polyesterden oluşan kompozit bir malzemedir [4]. Düz ve ondüleli levhalar şeklinde olan CTP levhaların üretiminde cam lifi ve polyester reçinesi kullanılmaktadır. Polyester reçinesinin özelliği olarak aslında ışık geçirgen olan levhaların, sektördeki talebe göre ışığı geçirmeyen ve renkli türleri de mevcuttur [9].

Uygulamada tek başına kullanılabildiği gibi alüminyum, ondüline, galvanizli ve boyalı sac 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 [8]. Korozyondan etkilenmemektedir. İşleme kolaylığı vardır. Yanıcı olması olumsuz yanıdır [Şekil 5] [10].



Şekil 5- Uzay kafes sistemlerinde ctp levha uygulama detayı ve örneği [11].

3.1.2. Metal Esaslı Malzemeler

Bu başlık altında uzay kafes sistemlerinde en çok kullanılan metal esaslı malzemelere yer verilmiştir.

3.1.2.1. Alüminyum Levhalar

Alüminyum kompoze çatı kaplama levhaları, özel profil verilmiş bir dış yüzey, ortada genellikle poliüretan köpüğü tabakası ve yapı tarafındaki yüzeyde de metal levhadan oluşmaktadır. Üretim olanakları dolayısıyla bu çatı örtü malzemeleri belirli bir genişlikte olmak kaydıyla değişik boylarda üretilmektedir.

Tek tabakadan oluşan çatı kaplama levhalarına oranla, dayanımı daha yüksek, ısı yalıtım özelliği olan, özellikle fabrika, imalathane gibi büyük açıklıklı yapıların çok az ekle örtülmesine olanak veren bu malzemeler, bu tür yapılarda ortaya çıkabilen çatıların iç yüzeylerindeki yoğuşma oluşumunu da büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır [Şekil 6] [9].

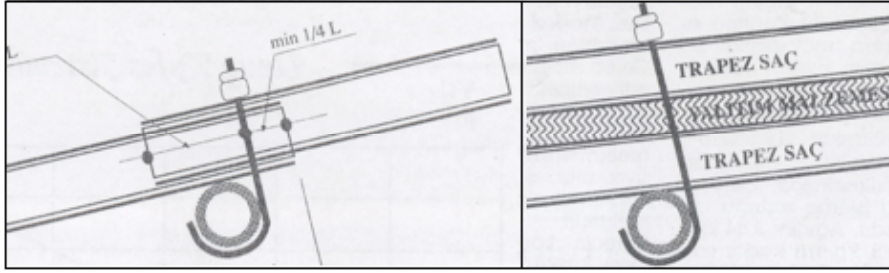


Şekil 6-Uzay kafes sistemlerinde alüminyum levha uygulama detayı ve örnekleri[4,6].

3.1.2.2. Galvanizli Saç Levhalar

Eğimli yüzeylerde kullanılmaktadır. Kırılganlığı yoktur. Çeşitli profillerde üretilmektedir. Isı izolasyonu açısından sandviç detaylandırılmaya gidilebilir, ancak bu tür detaylandırmalarda ısı köprüleri önlenememektedir.

Ses yutuculuğu yoktur. Montaj esnasında delinen malzeme, çinkosu kalmadığından korozyona açık hale gelmektedir [Şekil 7] [10].

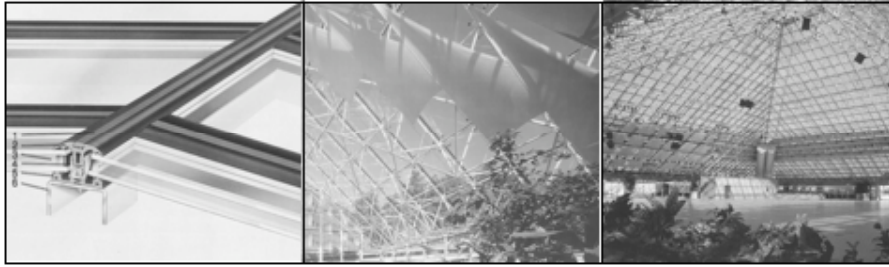


Şekil 7- Uzak kafes sistemlerinde galvanizli sac levha uygulama detayı [10].

3.1.3. Cam Örtüler

Camlar, yüksek ısıda bile yüksek bir ağırlığa sahip sıvılar olup, normal ısıda kristalleşmeden katılaştıran, 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.

Saydamlık, geçen ışığın gelen ışığa oranı olup camlarda % 80-98'dir. Bu nedenle cam, henüz en saydam plastikten daha yüksek bir saydamlığa sahiptir [Şekil 8] [8]



Şekil 8- Uzak kafes sistemlerinde camın uygulama detayı ve örnekleri [4,6].

Cam örtülerin mekanı iyi aydınlatma gibi büyük bir yararı olmakla beraber, çabuk kırılmak ve ısıyı iyi korumamak ve kirlenince temizlenmesinin güç olması gibi bazı sakıncaları vardır [8].

Örtü malzemesi olarak kullanılan camlar şunlardır:

3.1.3.1. Normal çift cam üniteler

Çift cam üniteler, arasına ortam basıncına uygun olarak kuru hava veya gazlar doldurularak yalıtım camı haline getirilmiş camlardır. Renksiz, renkli, güneş ve ısı kontrol kaplamalı, lamine, temperli ve emaye cam panolarla oluşturulabilirler [11].

3.1.3.2. Güneş ışıını kontrol camları

Bu tür camlar, güneş ışınlarının etkili olduğu bölgelerde konfor koşullarını sağlamaktadır. Güneş kontrol camlarıyla güneş enerjisinin içeri girmesi kontrol edilerek iklimlendirme giderlerinin azaltılması ve konfor düzeyinin artırılması sağlanır.

Üretim yöntemlerine göre güneş kontrol camlarına farklı özellikler kazandırılabilir. Bu camlar renkli ve yansıtıcı camlar olmak üzere 2 türdür.

Renkli camlar, camın bünyesine katılan metal oksitler yardımıyla cam kütesinin renklendirilmesi sonucu elde edilirler.

Yansıtıcı camlarda yansıtma özelliği, cam yüzeyinin metal ve metal oksitlerle kaplanmasıyla elde edilmektedir [11].

3.1.3.3. Low-E Camlar

Low-E camlar, düşük yayımlı camlar olarak adlandırılmaktadır. Low-E kaplamalar, renkli ve ışık yansıtıcı olmadığından yer aldığı camın optik özelliklerini değıştirmezler. Isınan bütün nesneler enfiraj ısıtıcılar gibi ışıını yoluyla dışa ısı verirler.

Low-E kaplamalı camlar, ısı kaybını tek cama göre ortalama %69, standart yalıtım camına göre %36 oranında azaltır. Ortam ısısının dengeli dağılımını sağlayarak soğuk günlerde ortam içine bakan cam yüzeylerdeki terlemeleri önler [11].

3.1.4. Membran Örtüler

Membran örtüler, izotrop membranlar ve dokusal membranlar olmak üzere iki grupta incelenebilir.

3.1.4.1. İzotrop membranlar

Yapay foliler, kafes foliler ve metal membranlardan oluşmaktadır.

Yapay foliler, polyester, polietilen ve polivinilklorid gibi maddelerden oluşturulmaktadır. Şeffaf ve renkli olarak üretilebilirler.

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

Metal membranların içinde en dayanıklı olanları, çelik ve alüminyum membranlardır [1].

3.1.4.2. Dokusal membranlar

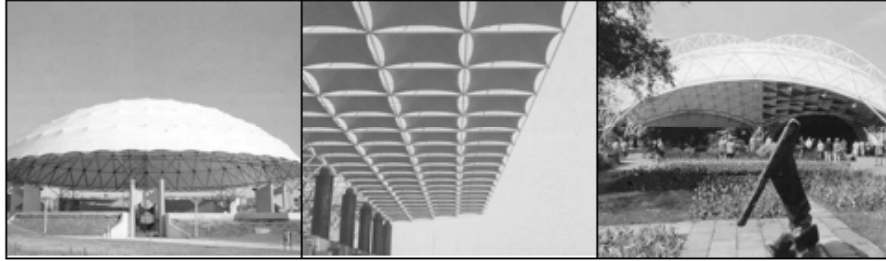
Genellikle doğal ve yapay liflerden oluşturulan dokusal membranlar, esnek olduklarından gerilmeleri kolaylıkla dengeleyebilmektedir. Doğal, yapay ve camsı dokular olmak üzere üç türde üretilmektedir.

Doğal dokular, pamuklu liflerden üretilmektedir. Dayanıklılık süreleri kalınlıkları ve hava koşullarına göre bir ile beş yıl arasında değişmektedir.

Yapay dokular, polivinil, poliakril ve poliester grubu yapay liflerden üretilmektedir. Sağlamlıkları nedeniyle en çok dokunan membran türüdür.

Camsı dokular ise mineral liflerden üretilmektedir. Bu tür dokular ultraviyole ışınlarından zarar görmemelerine karşın su buharından büyük ölçüde etkilenmektedir. Su geçirimsizliği, dokusal membranların üretiminde önemli işlemlerden biridir. Pamuklu liflerden oluşturulan doğal dokular, genellikle asetik asit ile emdirilmektedir. Emdirilen dokular su geçirimsizliği sağlamasına karşın, hava ve su buharını geçirir.

Mineral ve yapay lifli dokuların su geçirimsizlikleri, dokuların iç yüzeylerinin plastikle kaplanmasıyla veya plastik banyolarına batırılmaları sonucu sağlanmaktadır. Bu banyolar, poliüretan, PVC, yapay kauçuk, poliester, parafin ve bitüm gibi su geçirimsiz maddeleri içermektedir. [Şekil 9] [1].



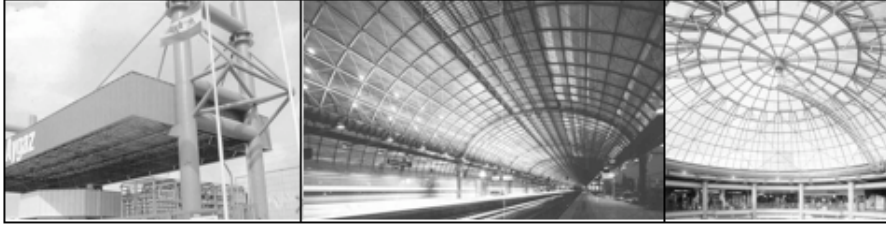
Şekil 9- Uzak kafes sistemlerinde dokusal membran örtü örnekleri [4,12].

3.2. Uzak Kafes Sistemlerinde Örtü Malzemesi Seçimini Etkileyen Etmenler

Bu bölümde uzak kafes sistemlerinde örtü malzemesi seçimi pek çok etmenin etkisi altındadır. Bu bölümde malzeme seçimini en çok etkileyen etmenlere değinilmiştir:

3.2.1. Uzak Kafes Sistemin Biçimi

Uzak kafes sistemleri, düz-yüzeysel, tonozsal ve kubbesel olmak üzere üç temel biçime sahiptir. Kullanılacak örtü malzemesinin sistemin biçimi ile uyum içinde olması önemlidir. Düz-yüzeysel uzak kafes sistemlerde her tür örtü malzemesi kullanılabilir. Tonozsal ve kubbesel sistemlerde ise biçimin özelliğine bağlı olarak kullanımlar malzemenin uygulanabilirliği açısından önemlidir. Örneğin kubbesel uzak kafes sistemlerle alüminyum sandviç panel kullanımı ancak özel üretimler sonucu gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle kubbesel uzak kafes sistemlerle cam, polikarbonat levha ve membran gibi malzemelerin daha çok uyum sağladığı ve kullanıldığı görülmektedir [Şekil 10].



Şekil 10- Uzak kafes sistemlerinde biçime bağlı malzeme değişimine örnekler [4,6].

3.2.2. Yapının İşlevi

Uzak kafes sistemlerinde işlev, örtü malzemesinin seçimini önemli ölçüde etkilemektedir. Fabrika, depo, spor salonu gibi işlevlere sahip büyük açıklıklı yapılarda daha çok plastik ve metal esaslı malzemeler kullanılmaktadır. Açıklıktan çok estetiğin ön planda olduğu yapılarda ise cam, polikarbonat, membran gibi örtü malzemeleri tercih edilmektedir. Cam ve polikarbonat gibi malzemeler ışığı geçirip saydam bir görüntü sağladıkları için mekanın ışık alması gereken yerlerinde diğer örtü malzemeleriyle karma olarak da kullanılabilmektedir [Şekil 11].



Şekil 11- Uzak kafes sistemlerinin farklı işlevlerde kullanımına örnekler [4,13].

3.2.3. Atmosferik Etmenler

Atmosferik etmenler, uzay kafes sistemlerinde malzeme seçimini önemli ölçüde etkilemektedir. Soğuk ve sıcak iklim bölgelerindeki uygulamalarda malzemenin yalıtım özelliğinin dikkate alınması gerekmektedir.

3.2.4. Estetik

Uzay kafes sistemleri düzgün bir geometriye sahiptirler. Sistemin bu özelliği, büyük açıklıklarda kullanıldıkları zaman kalabalık bir görüntüye yol açabilmektedir. Örtü malzemesinin metal gibi katı yüzeyli seçilmesi, sistemin bu görüntüsünü daha da ağırlaştırmaktadır. Şeffaf görünüm veren cam, polikarbonat gibi malzemelerin kullanımı ise sistemin daha hafif algılanmasını sağlamakta ve yapıların estetik görünümüne olumlu etki yapmaktadır.

3.2.5. Ekonomi

Uzay kafes sistemleri genellikle büyük açıklıklı yapıların örtülmesinde kullanıldıkları için örtü malzemesinin kullanıldığı alan da büyümekte ve ekonomik olarak daha uygun örtü malzemeleri tercih edilebilmektedir. Bazen estetik görünümün ön plana çıkmasının istendiği yapılarda malzemenin ekonomikliği göz ardı edilebilmektedir.

3.2.6. Diğer

Uzay kafes sistemlerinde örtü malzemesinin seçiminde yukarıdaki etmenlerin dışında tasarımcının tercihleri, seçilen malzemenin hafifliği, montajının ve bakımının kolaylığı, bulunabilirliği, dayanımı gibi pek çok özellik de etkili olmaktadır.

4. SONUÇLAR

Çağdaş strüktürlerden biri olan uzay kafes sistemleri büyük açıklıkları geçmesinin yanı sıra yapım süresi, montaj gibi pek çok konuda sağladığı avantajlar ile günümüzde mimarlık alanında daha çok önem kazanmakta ve tercih edilmektedir.

Uzay kafes sistemleri aşırı boşluklu yapılar oldukları için bu sistemleri doğa koşullarından korumak için örtmek gerekmektedir. Seçilen malzemenin uzay kafes sistemin biçimi ile uyum içinde olması, sistemin estetik görünümüne katkıda bulunması, ekonomik olması, uygulandığı yerin iklim özelliklerine ve yapının işlevine uyum sağlaması gerekmektedir. Ayrıca bu sistemlerde kullanılan örtü malzemelerinin hafif, bulunabilir, dayanımının

yüksek, montajının ve bakımının kolay olması istenmektedir. Bu yüzden uzay kafes sistemlerinde en çok PVC, polikarbonat ve cam elyaf takviyeli poliester levhalar; alüminyum kompoze ve galvanizli sac levhalar ile cam ve membran örtüler kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Bayülgen, C., (1999), “*Çağdaş Strüktür Sistemleri*”, Basım-Yayın Merkezi Matbaası, İstanbul.
2. Eekhout, M., (1989), “*Architecture in Space Structure*”, 010 Publishers, Uitgeverij.
3. Chilton, J., (2000), “*Space Grid Structures*”, Architectural Press, Great Britain.
4. Mero Firması Kataloğu
5. Gerçek, C., (1979), “*Yapıda Taşıyıcı Sistemler*”, Doğu Matbaacılık, Ankara.
6. Uskon Firması Kataloğu
7. Wenzel, F., (1978), “*Uzay Kafes Taşıyıcılar*”, Yorulmaz, M., Duman, N., İTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul.
8. Parlak, N., (1998), “*Uzay Kafes Sistem ve Örtü Elemanları*”, Yüksek Lisans, İTÜ, İstanbul.
9. Ersoy, H.Y., (2001), “*Kompozit Malzeme*”, Literatür Yayınları, İstanbul.
10. Dizayn Araştırma Grubu, (1991), “*Uzay Kafes Sistemlerde Örtü Gereçleri*”, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, 83, ss. 28-33.
11. Erdem, H., (2003), “*Metal Çerçevesiz Cam Giydirmeye Cephe Sistemleri ve Geçirimsizlik Çözümleri Üzerine Bir İnceleme*”, Yüksek Lisans, KTÜ, Trabzon.
12. Uzaykon Firması Kataloğu
13. Uzay Sistem Firması Kataloğu
14. Vural, N., (2000), “*Uzay Kafes Strüktür Sistemleri ve Türkiye’deki Uygulamaları*”, Yüksek Lisans, KTÜ, Trabzon.