

**TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNE YÖNELİK
ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR YAKLAŞIM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Mızaffer Görkem YILDIRIM

Anabilim Dalı : MİMARLIK
Program : YAPI BİLGİSİ

MAYIS 2003

**TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNE YÖNELİK
ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR YAKLAŞIM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Muzaffer Görkem YILDIRIM
(502001254)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Mayıs 2003

Tez Danışmanı : Doç. Dr. N. Mirat AYGÜN

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Hâlet A. milâ BÜYÜKTAŞKIN
Yrd. Doç. Dr. İlkey KOMAN (MS Ü)

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, yapılara etkiyen yüklerin çeşitleri ve taşıyıcı sistem türleri incelenmiş, farklı koşullar altında en uygun taşıyıcı sistemin seçilmesini hedefleyen bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması boyunca emeği geçen Doç. Dr. N. Murat AYGÜN'e, aileme ve arkadaşlarımla. Yük. Müh. Hakan TÜRKER'e teşekkür ederim.

Mayıs 2003

Mızafer Görkem YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
2. YAPIYA ETKİYEN YÜKLERİN SINIFLANDIRILMASI	3
2.1. Dinamik Açıdan Sınıflandırma	3
2.2. Doğrultuya Göre Sınıflandırma	3
2.3. Etki Etkimine Göre Sınıflandırma	4
2.4. Oluşum Kaynaklarına Göre Sınıflandırma	4
3. TAŞIYICI SİSTEMLER	6
3.1. Taşıyıcı Sistemin Tanımı ve Amacı	6
3.2. Taşıyıcı Sistemlerin Tarihsel Gelişimi	7
3.3. Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması	9
3.3.1. Yiğme yapılar	9
3.3.1.1. Ahşap yiğme	9
3.3.1.2. Tuğla yiğme	10
3.3.2. İskelet yapılar	10
3.3.2.1. Kolonlar	11
3.3.2.2. Kirişler	12
3.3.2.3. Çerçeveler	12
3.3.2.4. Kenarlar	13
3.3.2.5. Düzlemkafes kirişler	14
3.3.2.6. Perdeler ve kesme duvarları	15
3.3.2.7. Döşemeler	16
3.3.2.8. Temeller	17
3.3.3. Betonarme kabuklar	17
3.3.4. Katlanmış plaklar	19
3.3.5. Asma sistemler	20
3.3.5.1. Tek eğrilikli tek tabakalı asma sistemler	22
3.3.5.2. Tek eğrilikli çift tabakalı asma sistemler	22
3.3.5.3. Çift eğrilikli tek tabakalı asma sistemler	23
3.3.5.4. Çift eğrilikli çift tabakalı asma sistemler	23
3.3.5.5. Kablo ağı olarak düzenlenen çift eğrilikli asma sistemler	24
3.3.6. Membran sistemler	25
3.3.6.1. Açık membran sistemler	26
3.3.6.2. Kapalı membran (şişirilebilir) sistemler	26

4. TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ	30
4.1. Taşıyıcı Sistem Tasarımı	30
4.2. Seçim Öçütleri	31
4.2.1. Dış koşullara dayanıklılık	31
4.2.2. Deprem güvenliği	33
4.2.3. Yangın güvenliği	34
4.2.4. Rüzgar dayanımı	35
4.2.5. Yapı enerjisi	36
4.2.6. Malzeme üretimi enerjisi	36
4.2.7. Malzemenin yeniden kullanımı	37
4.2.8. Kat sayısı	38
4.2.9. Geçilecek açıklıklar	38
4.2.10. Kullanılabilir iç hacim	40
4.2.11. Dış görünüm	40
4.2.12. Değiştirilebilirlik	41
4.2.13. Sökülüp taşınabilirlik	41
4.2.14. Yapı maliyeti	42
4.2.15. İşletme masrafları	44
4.2.16. İşçilik ve iş nakinesi gereksinimi	44
4.2.17. Yapı msüresi	45
4.2.18. Kullanım ömrü	46
4.3. Öçütleri Özetleyen Tablolar	46
4.4. Seçim Yöntemi	49
4.5. Uygulamalar	50
5. SONUÇ	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	57

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Malzeme türüne bağlı olarak kemerlerle geçilebilecek en büyük açıklıklar	13
Tablo 3.2. Asma sistemle yapılmış bazı köprülerin uzunlukları	21
Tablo 3.3. Şişirne sistemlerinin sınıflandırılması	27
Tablo 4.1. Farklı malzemelerin geri kazanımları	38
Tablo 4.2. Taşıyıcı sistemler ve ekonomik olarak geçebilecekleri açıklıklar ...	39
Tablo 4.3. Bir kat olarak düşünülen taşıyıcı sistemlerinin farklı ölçülere göre karşılaştırılması	48
Tablo 4.4. Birden fazla katlı olarak yapılabilen taşıyıcı sistem türlerinin farklı ölçülere göre karşılaştırılması..	49
Tablo 4.5. Örnek 1, birinci adı m.....	51
Tablo 4.6. Örnek 1, ikinci adı m.....	51
Tablo 4.7. Örnek 1, üçüncü adı m.....	51
Tablo 4.8. Örnek 1, dördüncü adı m.....	51
Tablo 4.9. Örnek 1, beşinci adı m.....	52

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Kaynaklarına göre yapıya etkiyen yükler	5
Şekil 3.1 :: Ahşap yapıda birleşim türleri	9
Şekil 3.2 : Malzemelerine ve geometrilerine göre kolon çeşitleri	11
Şekil 3.3 : Kolon - kiriş sistemi ile çerçeve sistemin yatay ve düşey yük etkisindeki şekil değiştirmeleri..	12
Şekil 3.4 : Mafsallı, gergili ve ankastre kenar çeşitleri	13
Şekil 3.5 : Dolu gövdeli kiriş ile düzlem kafes kirişin karşılaştırılması.....	14
Şekil 3.6 : Düzlem kafes kirişlerinin kolonlarının da kafes gövdeli düzenlenmesi ile daha büyük açıklıkların geçilmesi.....	15
Şekil 3.7 : Kesme duvarı çeşitleri.....	15
Şekil 3.8 : Döşeme türleri ile geçebilecekleri açıklıklar	16
Şekil 3.9 : Kabuk yüzeylerinin zemin yük aktarma şekilleri... ..	17
Şekil 3.10 : Katlanmış plakların oluşturulma şekilleri	19
Şekil 3.11 : Tek eğrilikli tek tabakalı asma sistemler	22
Şekil 3.12 : Tek eğrilikli çift tabakalı asma sistemler	23
Şekil 3.13 : Çift eğrilikli tek tabakalı asma sistemler	23
Şekil 3.14 : Çift eğrilikli çift tabakalı asma sistemler	24
Şekil 3.15 : Kablo ağı olarak düzenlenen çift eğrilikli asma sistemler	24
Şekil 3.16 : Tek zarlı şişirme sistem biçimleri	28
Şekil 3.17 : Kablo takviyeli silindirik geometrilikli şişirme sistem	28

TAŞIYICI SİSTEMLERİN SEÇİMİNE YÖNELİK ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Taşıyıcı sistemler yapıların temelini oluşturan öğelerdir. Yapılar, taşıyıcı sistemleri açısından geçmişten günümüze kadar fazla bir değişim göstermemiş, ancak son yüzyıllardaki teknik gelişmeler ve ilerlemeler sayesinde arzu edilen çeşitlilik sağlanabilmektedir. Bu çeşitliliğin sağlanması, bir yandan serbestlik ve farklı uygulamalar gerçekleştirme imkânını beraberinde getirmiş, diğer yandan da bazı durumlarda karşılaşılan seçim yapma zorluğuna da sebep olmuştur. Bu zorluklarla taşıyıcı sistemler hakkında yetersiz bilgiye sahip olduğu durumlarda karşılaşılacaktır.

Bu tez çalışmasında, seçim yapma aşamasında karşılaşılan zorlukların azaltılması hedeflenmiştir. Tezin ilk bölümünde çalışmanın amacını içeren giriş kısmı yer almaktadır. İkinci bölümde, yapılara etkiyen yükler farklı açılardan sınıflandırılmıştır.

Taşıyıcı sistem türleri ile ilgili önemli bilgiler üçüncü bölümde verilmiştir. Bu bölümde, yurdumuzda sıklıkla kullanılan yığma yapılar ve iskelet yapılar dışında nadiren gerçekleştirilen kapalı membran sistemlerle ilgili bilgiler de yer almaktadır.

Dördüncü bölümde, taşıyıcı sistem tasarımı gerçekleştirilirken izlenen yol anlatıldıktan sonra seçim işleminde göz önüne alınan esas ölçütler ayrı başlıklar halinde incelenmiştir. Bu incelemeler sırasında farklı tür taşıyıcı sistemlerin avantaj ve dezavantajlarına da değinilmiştir. Bu ölçütlerin ve taşıyıcı sistem türlerinin özetlendiği iki farklı tablo hazırlanmış, bu tabloların nasıl kullanılması gerektiği anlatılmıştır. Yapılmış olan örnekler ile analiz yöntemi pekiştirilmeye çalışılmıştır.

Sonuç kısmında bu uygulamanın getirileri ile dikkat edilmesi gereken noktalar belirtilmiştir. Ayrıca bu yöntemin geliştirilebilir olanaklarına kısaca değinilmiştir.

A MULTI- CRITERIA APPROACH FOR THE SELECTION OF THE BUILDING STRUCTURAL SYSTEM

SUMMARY

Structural systems are the main parts of the buildings. Structural systems of the buildings were not changed for a long time. Desired variety was achieved with the last centuries with the help of technical developments and steps. This variety brought not only freedom and availability to develop different projects but also caused difficulty to choose the right option in some situations. Generally, inadequately educated people are faced with these kind of difficulties.

In this thesis study, it is aimed to minimize the problems of choosing the right structural system. First chapter of this study contains the introduction part which includes the aim of this study. Forces acting to the buildings are classified in the second chapter.

Necessary information for different types of structural systems are given in the third chapter. The same chapter also contains information about the pneumatic systems which are used rarely in our country.

In the fourth chapter, steps of designing a structural system are explained. Then, main criteria that are taken into consideration are examined. Advantages and disadvantages of different structural systems can be found in these examinations. Two different tables that summarize criteria and types of structural systems were prepared. After that, a short information about using these tables is given. Examples are included to make this analyze understood easily.

The last chapter contains information about benefits of this analyze and the points that need to be taken into consideration. Appropriate future developments for this analysis are also added.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Taşıyıcı sistemler her zaman mimarlığın esas bileşenlerinden biri olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Malzeme ve işçilik olanaklar ölçüsünde verimli şekilde kullanılarak rüzgar, deprem, yangın gibi etkilere karşı konulmaya çalışılmıştır. Geçmişten günümüze kadar taşıyıcı sistemin doğruluğuna önem verilmeden gösterişli binalar da yapılmıştır ve halen de yapılmaktadır.

Tarih boyunca malzeme ve bu malzemenin uygun biçimde kullanılması sağlayan teknolojik bilginin sınırlılığı nedeniyle taşıyıcı sistemler çok yavaş gelişmiştir. Yüzyıllar boyunca tecrübelerle dayalı eserler ortaya konulmuş ve bunlar da kendi tarzları içinde en gelişmiş şekilleri ile bir sınıra varmışlardır. Yapı tasarımı da 20. yüzyılın başına kadar taş ve ahşap gibi doğal malzemelerden yararlanılmıştır. Doğal çimento ile yapılan betonun da kullanıldığı dönemlerde büyük açıklıklar kemerlerle geçilmiş, örtü elemanı olarak kubbe ve tonozlar kullanılmıştır. Son yüzyıl içinde yeni malzemelerin bulunmasına ve geleneksel malzemenin daha uygun kullanılması sağlayan bilgi ve teknik gelişmelere paralel olarak bir sıçrama yapılabilmiş, öncekilere benzeneyen, değişik ve ileri sistemler ortaya çıkmış, özellikle son otuz yıl içinde büyük ilerlemeler olmuştur ve gelişmeler sürekli olarak devam etmektedir.

Günümüzde, oluşturulacak bir yapı için pek çok farklı alternatif arasından seçim yapılabilir olanağı bulunmaktadır. Bu nedenle, uygulanacak taşıyıcı sistemin kararlaştırılması aşamasında, elimizdeki seçeneklerin sayısı geçmişteki imkanlara göre daha fazladır. En uygun taşıyıcı sistemin seçimini hedefleyen bir yaklaşımda, göz önünde tutulması gereken ölçütlerin irdelenmesi sonucunda en sağlıklı yanıt ulaşılabilecek mümkündür. Bu değerlendirme matematiksel bir ifadeye bağlanabilecek, sabit bir yol değildir. Ancak belirli deneyle elde edilen sonuçlar arasından en uygun olanı, kişisel tercihler de göz önüne alınarak, taşıyıcı sistem olarak seçilebilir.

Bu tez çalışmasında yapılaraya etkiyen yükler sınıflandırılmıştır. Daha sonra, taşıyıcı sistem çeşitleri detaylı şekilde açıklanmış ve farklı tip taşıyıcı sistemlerin sahip olduğu belirgin özellikler vurgulanmaya çalışılmıştır. Tezin ilerleyen kısımlarında taşıyıcı sistem tasarımı sırasında izlenen yol belirtilmiş, taşıyıcı sistem seçimi sırasında göz önünde bulundurulması gereken ölçütler başlıklar halinde değerlendirilmiştir. Hazırlanan tablolar ile ölçütler ışığında taşıyıcı sistem çeşitlerinin hızlı bir şekilde karşılaştırılabilmesi sağlanmıştır.

2. YAPIYA ETKİYEN YÜKLERİN SINIFLANDIRILMASI

Bütün yapıların baş sorunu yer çekimi denilen gücün etkisini karşılamaktır. Bu çekim “ağırlık” adı verilen fizik olayı doğurur. Yapının en büyük sorunu yükseldikçe birikerek, üst üste eklenerek artan bu ağırlık sorununu karşılamak, dengede tutma sorunudur.

Bir yapıya etkiyen yükler genellikle yerçekiminden meydana gelen ağırlıklar olmakla beraber bunların yanında bazen önemli değerler alan başka yükler ve yüklere benzer etkiler yapan olaylar da göz önüne alınmak zorundadır. Yapılara etkiyen yükleri meydana getiren nedenler Şekil 2.1’de görülmektedir.

2.1. Dinamik Açısından Sınıflandırma

- a) Sabit (ölü) yükler
- b) Hareketli (yararlı) yükler

Taşıyıcı olan ve olmayan yapı elemanlarının ağırlıkları yapıda sürekli olarak bulunduklarından sabit yük adını alırlar. Döşeme kaplaması, sıva, tavan, duvar gibi elemanların ağırlıkları bunlar arasındadır. Kısaca sabit yükler yapının ağırlığıdır denebilir. Bu nedenle ölü yükler adı da verilmektedir. Yapının taşınması gereken yükler ise hareketli yükler olarak adlandırılır ve kullanıma na göre tahmin edilir. Hareketli sözü sadece hareket eden araç veya canlıları göstermez, ev eşyası da bunlar arasındadır.

2.2. Doğrultuya Göre Sınıflandırma

- a) Düşey Yükler
- b) Yatay Yükler

Ağırlık olarak nitelendirilen bütün yükler düşey ve yere doğru yönelmiştir. Vinçlerin ya da başka hareketli araçların hareket doğrultusunda fren ve onadık olarak çarpma etkileri ise yatay kuvvetlerdir. Bir yanı toprakla dolu bir duvardaki

toprak itkisi, depo ve silo duvarlarındaki itki de yapıya etkiyen yatay kuvvetler arasındadır. Deniz kenarlarında dalga etkisi, bir iskeleeye yanaşan geminin çarpması, doğrudan doğruya yola bitişik olan bir yapıya kaza sonucu bir aracın çarpması da yatay etkilerdir.

Rüzgar ve deprem etkileri özellikle yüksek yapılarda önemli olur ve yüksekliğin fazla olması durumunda bu etkileri karşılamak düşey yüklerinkine oranla öncelik ve önem kazanır. Rüzgar etkisi, yönüne göre karşısına çıkan yüzeyde basınç ve onun arkasında emme biçiminde yatay kuvvetler olarak alınır. Bu kuvvetlerin değeri ve yüzeye dağılışı yapının biçimine ve bulunduğu yerden yüksekliğine bağlıdır. Deprem etkisi yapının titreşimi sonucu ağırlığı ve depremin şiddeti ile orantılı olarak meydana gelen yatay kuvvetlerdir.

Bütün bu kuvvetlerden başka taşıyıcı sistemde bunlarla aynı türden kesit zorları oluşturan olaylar da vardır. Betonun rötresi ve sıcaklık değişmesi bir boy kısalması, uzaması doğurur ve bunun önlenmesi sonucu da kesit zorları ortaya çıkar. Temeldeki farklı oturmalar ya da başka sebeplerle meydana gelen mesnet çökmeleri de önemli kesit zorları doğmasına sebep olabilirler.

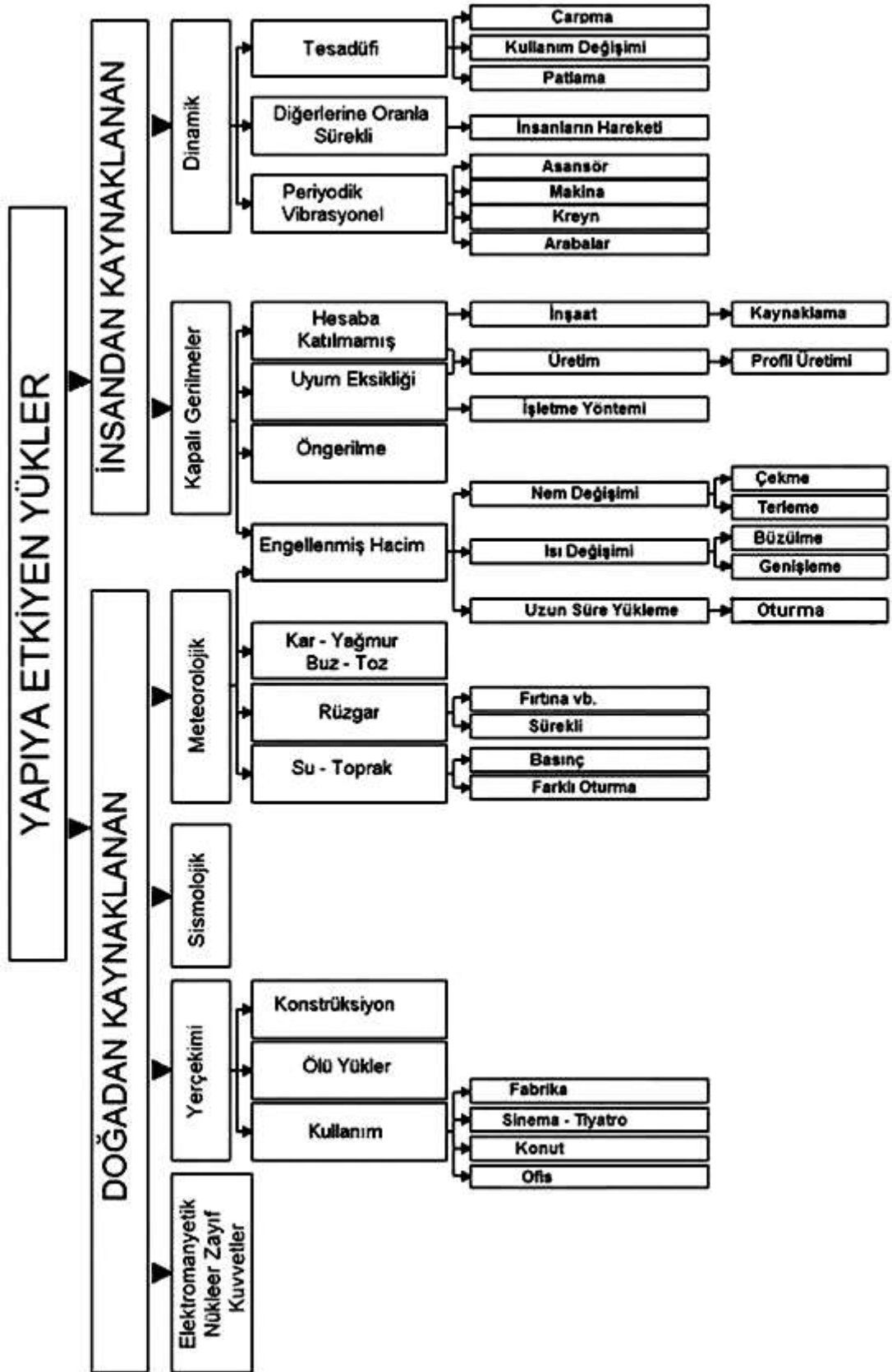
2.3 Etki ne Biçimine Göre Sınıflandırma

- a) Tekil Yükler
- b) Yayıllı Yükler

Tekil yükler, sonsuz küçük bir uzunluğa, alana veya hacme etkiyen yüklerdir. Boyut tondur. Yapı tekil yükü G ile, ilave tekil yük ise P ile gösterilir. Yayıllı yükler, sonlu bir hacme, alana veya uzunluğa etkiyen yüklerdir.

2.4 Oluşum Kaynaklarına Göre Sınıflandırma

Yapılara etkiyen yükler, oluşum kaynaklarına göre; insandan kaynaklanan yükler ve doğadan kaynaklanan yükler olarak ikiye ayrılabilir. Aşağıdaki şekilde kaynaklarına göre yapıya etkiyen yükler detaylı şekilde sınıflandırılmıştır. [3 s14]



Şekil 2.1 Kaynaklarına göre yapıya etkiyen yükler

3. TAŞIYICI SİSTEMLER

3.1. Taşıyıcı Sistemin Tanımı ve Amacı

Her yapı, yapı mşekli boyutları ne olursa olsun başta yer çeki mi olmak üzere çeşitli yüklerin etkisi altındadır. Yapıya etkiyen bu kuvvetleri, güvenlik sınırları içinde taşıyan ve elemanları aracılığı ile zemine aktaran sistemlere taşıyıcı sistemler denir.

Her taşıyıcı sistemden, kendi ağırlığı başta olmak üzere, etkiyen yükleri karşılayarak bunları üzerine kurulduğu zemine güvenli bir şekilde iletmesi beklenir. Bir yapının, güvenli olması yanında, sağlaması gereken koşullardan, ekonomik kullanıma macı na uygun, çevre ile uyumlu ve estetik olmak koşulları da göz önünde tutulmalı, taşıyıcı sistemin bu koşulları önleyici olması na çalışılmalıdır.

Bir yapının dış kaplama kusuru veya bir çatı hatası sonradan giderilebilir. Hatta zaman zaman konut olarak inşa edilmiş bir yapının bir kliniğe dönüştürüldüğüne rastlanmaktadır. Güzel ya da çirkin olsun bir yapının mevcut olabilmesi için her şeyden önce ayakta durması gereklidir. Bu yüzden her yapının doğru seçilmiş ve uygulanmış bir taşıyıcı sisteme sahip olması vazgeçilmez ön şarttır. Aksi halde yapının uzun süre ayakta durması düşünülmez.

Taşıyıcı sistem yapının fonksiyonel durumuna da uymak zorundadır. Taşıyıcı elemanlar planda serbestlik sağlanmalı, az yer kaplanmalı; havalandırma, ısıtma, aydınlatma, temiz, pis su vb. her çeşit tesisatın yapılabilmesine, bunların elemanlarının yerleştirilmesine uygun, yangına dayanıklı olmalı; ses, titreşimi ve ısı geçirmeyi minimuma indirmeli, bunlar için izolasyon yapabileceği olanağı sağlamalıdır.

Bunların yanı sıra yapının kullanıldığı yükler altında çatlak v.b. arızalar, kusurlar meydana gelmemeli, biçim değiştirmeleri küçük kalmalıdır. Bu sonuncu şart taşıyıcı sistemin tanımında geçen, yükleri uygun biçimde taşımayı açıklamakta olup, her elemanın ve taşıyıcı sistemin tümünün çeşitli kesit zorlarına güvenle karşı koyacak ve deformasyonu gerek kendisine, gerekse taşıdığı elemanlara zarar vermeyecek şekilde boyutlandırılması gerektiğini belirtmektedir. Bu boyutlama statik ve mukavemet

hesaplarıyla gerekleŖecek, kontrol edilebilecektir. Bütün bu Ŗartları yerine getirecek olan taşıyıcı sistem pozitif, matematik bir yolla bir tek biçimde yapılabilir.

Taşıyıcı sistemleri değişik yapı malzemeleri ile oluşturmak mümkündür. Ancak her taşıyıcı sistem yapım yöntemi ve malzeme özellikleri ile sınırlıdır. Malzemenin sistem üzerindeki etkileri, özellikle açıklıklar büyüdükçe ve kat yükseklikleri arttıkça, tasarımı son derece kısıtlayıcı nitelikte olabilir.

3.2 Taşıyıcı Sistemlerin Tarihsel Gelişimi

İnsanların bilgi ve teknik düzeyleri daha da ilerleyip malzeme olanakları çeşitlendiğe, daha büyük alanları, arada mekan bölücü, parçalayıcı yapı öğeleri olmaksızın, serbestçe fakat bir önceki yapıdan daha az malzeme kullanarak geçme istemlerine paralel olarak, basınca çalışan taşıyıcı sistemler büyük bir gelişime uğramışlardır. Böylece en çok malzeme gerektiren masif yığma taşıyıcı sistemlerden, daha büyük alanları daha az malzemeyle örtmeye uygun taşıyıcı sistemlere ve taşıyıcı sistem öğelerine ulaşılmıştır. Örneğın, kargır kiriş ve lentlardan kemerlere, dairesel kemerden parabolik ve gotik kemerlere, kemerlerin bir doğrultuda ötelenmesiyle elde edilen tonozlara, havari tonoz, manastır tonozu, küresel kubbe, gotik (parabolik) kubbe vb. gibi eğri yüzeyli taşıyıcı sistemlere veya öğelere doğru izlenen gelişmeler gerçekleşmiştir.

Bu örneklerin taşıyıcı sistemlerinde, statik çalışmalarını belirleyen gerilme türünün, basınç gerilmesi olduğu bilinmektedir. Bu taşıyıcı sistemler, yığma sistem olarak adlandırılırlar. Çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlerde böyle bir gelişim 19. ve 20. yüzyıl başlarına kadar izlenmiştir. Her ne kadar, ilkel bir adırndan padişah otacağına veya geniş alanı örten bir sirk çadırına doğru bir gelişim varsa da, çadırların rüzgar etkisi altında dengesiz, kontrol edilmesi zor olan titreşim eğiliğinden ötürü, büyük ve serbest açıklıklı mekanlarda ve yapılarda kullanılabilmesi uzun süre gecikmiş ve ancak 20. yüzyılda gerçekleşebilmiştir.

18. yüzyılın başlarında eliğın üretimi ile başlayan endüstri devrinde önce demir sonra elik kullanılarak üretilen ereve sistemler daha yüksek ve daha geniş açıklıkların geçilmesi ne olanak vermiştir. Dökme demir çerçeveler, yapıda ilk kez, 1851’de Londra Uluslararası Sergisi için yapılan Crystal Palace’da kullanılmıştır. Camın örtü elemanı olduğu ve taşıyıcı elemanların açık bir biçimde gösterildiğı bu

yapıdan sonra çelik çerçeveli yapılar, çerçevelerin kagir duvarlar içine gizlenmesi şeklinde uygulanmıştır.

Çadırlar gibi, sadece çekmeye çalışan kablo sistemlerinin marlık tarihi içinde yer alabilecek kadar önemli örnekleri, bir kaç istisna dışında, hemen hemen hiç yoktur. Romalıların, arena ve tiyatro yapılarının üzerlerini halatların üzerine gerdikleri bezlerle örttükleri, o döneme ait yazılı ve şekilli belgelerden anlaşılmaktadır. Örneğin, Roma'daki Kolloseum adıyla bilinen arenanın - yapıyı İ. S. 70 - üzerinde, çadır benzeri bir örtü bulunmaktaydı. 154 m x 186 m'lik elips tabanlı bu yerde doğal malzemeli halatlar kullanılmıştı. Syraküs ve Pompei kentlerinin tiyatro binalarının çatılarında da örtme görevi için halat ve bez kullanılmış olup yüzden fazla Roma arenas, tiyatro binaları ve anfiteyatroların üzerinde buna benzer örtülerin olduğu söylenebilir. Bu bilgiler o dönemlerde yapılmış olan resimler ve gravürlerden anlaşılmaktadır.

19. yüzyıl sonlarında süratle artan dünya nüfusu, yapıda çok katlılığa doğru eğilimi artırmıştır. Yapının düşeydeki bu gelişimi hafif yapı sorununu ortaya çıkarmış ve bunun sonucu olarak da yapıda bütünü ile çelik iskelet sistemler kullanılmaya başlanmıştır.

20. yüzyılın başlarında yapıda kullanılmaya başlayan betonarme, kolay biçim verilebilirliği ve bütün elemanların birlikte çalışmasını sağlayan yekpare yapısı ile taşıyıcı sistemlerin gelişmesinde büyük rol oynamıştır. Endüstri devrimini sonrası malzeme teknolojisi ve endüstrisinde görülen gelişmelere paralel olarak mimari anlayış belirli bir ölçüde özgürlük kazanmış ve yapı malzemeleri endüstrisinden alicısına uygun kalitede malzeme istenmeye başlamıştır.

20. yüzyılda özellikle dünya savaşlarının etkisiyle beton, çelik, ahşap gibi taşıyıcı sistem malzemelerinde önemli yapı mteknikleri geliştirilmiştir. Bu yüzyılda ahşap teknolojide özellikle tutkalı tabakalı malzemelerin, çelikte yüksek mukavemetli çeliklerin, öngerilmeli bulonların ve uzay sistemlerin, betonda çağdaş kimyasal ve mimari katkılarının, betonarmede öngerilmeli betonun kullanılması ile değişik amaç ve gereksinimleri ekonomik olarak karşılayan yapılar yapılabilmektedir. Bu gelişmeler günümüzde de artarak devam etmektedir.

3.3 Taşıyıcı Sistemlerinin Sınıflandırılması

3.3.1 Yiğma Yapılar

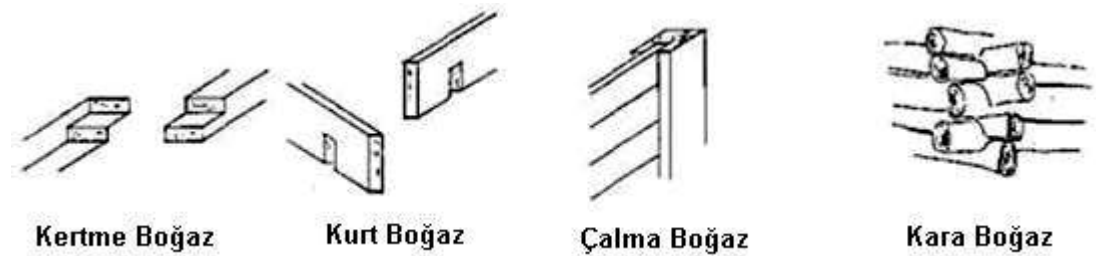
Taş, tuğla, briket, ahşap, kerpiç gibi çok çeşitli malzemenin üst üste yerleştirilerek harç ve kendi ağırlıklarının bağlayıcı gücü ile duvar, kolon, kemer, kubbe tonoz gibi yapı elemanları aracılığıyla binaların elde edilmesine yiğma sistemi denilmektedir. Kullanılan çeşitli malzemenin özellikleri, yapı zeminini ve istenilen yapının kullanma amacı yiğma yapıların biçimlenmesinde rol oynar.

Yiğma inşaatın en tipik örnekleri olarak piramitleri gösterebiliriz. Kelimenin tam anlam ile yiğma yapı sanatının bu en görkemli örnekleri Mısır'da ve Honduras Guatemala Meksika'da bulunmaktadır. Piramitlerin en büyük üne kavuşan olan Keops piramidi 145 m yüksekliğe ulaşan bir kare piramittir.

Yiğma inşaatlar bu gibi özel kullanım biçimlerinin dışında yapıldıklarında kemerler, tonozlar, kubbeler ve ahşap, betonarme gibi örtülerle kapanarak iç hacimler meydana getirirler.

3.3.1.1 Ahşap Yiğma

Orman çok ülkelerde kullanılan bir yapı sistemidir. Ağaç gövdeleri üst üste yığılarak duvarlar teşkil edilir. Köşelerde ağaç kesitleri yarı mkertilerek birbirlerine geçirilir. Ağaçtan ekonomi yapmak amacıyla ağaç gövdelerinin kalaslar halinde biçilip kullanma olanağı vardır. Ahşap yiğma yapılar, geleneksel kargir yiğma sistemde elde edilen bodrum kat, veya subasman kotu üzerine oturtulur. Birleşimler, aşağıdaki Şekil 3.1'de görüldüğü gibi yapıldığından, işçilik bakımından özel ihtiyaçlar gerektirebilir.



Şekil 3.1 Ahşap yiğma yapılarda birleşim türleri

3.3.1.2 Tuğla Yığma

Yığma sisteminin genel özelliği yapı malzemelerinin kendi ağırlığı ile birbiri üstüne yerleşerek bir bütün yapı elemanı teşkil etmesidir. Tuğlalar, elde edilme kistenen bir binaya planına uygun olarak yan yana dizilir. Kendi ağırlıkları ve harç ile yere ve sonra birbirlerine bağanırlar.

Derz adı verilen ve harçla doldurulmuş olan aralıkların birbiri üstüne gelme mesine dikkat edilir. Böylece tuğlaların üst ve alt sıraları bir örgü meydana getirirler. Harç malzemesi olarak günümüzde çimento ve kireç yapıştırıcı madde olarak kullanılır. Eski çağlarda yumurta akı, bağlayıcı madde olarak kullanılmıştır. Kesme taş yapılarda kurşun levhaların derzler içine yerleştirildiği görülür. Çok dakik ölçümlendirilmiş kesme taş yapılarda, örneğin eski Yunan mabetlerinde taş işçiliğın birbirlerine kusursuz uyumu ile yetinilmiş, hiç harç kullanılmamıştır.

Yurdumuzun çok büyük bir bölümü deprem bölgesi olduğu için yığma duvarların kalınlıkları ve kapı pencere gibi açıklıklara özen göstermek gerekir. Buna karşılık örneğin Dani markalı topografyası dümdüz ve depremlle ilişkisi olmayan ülkelerde on kat ve daha fazla tuğla yığma yapılara rastlanmaktadır.

3.3.2 İskelet Yapılar

Yığma sistemlerde yük taşıma sorununu, yapıyı meydana getiren iç ve dış taşıyıcı duvarlar yüklenir. Örneğin iki katlı yığma bir yapıda üst kat 1 tuğla duvarla inşa edilmişse, zemin kat hem kendi yükünü hem üst katın yükünü taşıyarak temellere aktarma görevini yerine getirmek amacıyla daha kalın örneğin 1,5 tuğla inşa edilir.

Binalar yükseldiğçe bu taşıyıcı yığma duvarlar en üst katta en ince, en alt katta en kalın olmak üzere aşağı doğru kadem kadem kalınlaşarak bir üst katın yükünü alıp alt katlara geçirerek çalışırlar. Özellikle yüksek, çok katlı yapıların yığma sistemle inşa edilmeleri alt duvarların büyük ölçüde genişlemelerine, yapıların gereksiz yere ağırlaşmalarına yol açmaktadır. Ayrıca bütün kat duvarlarının birbiri üstüne gelmesi zorunluluğu vardır. İskelet sisteminde yapı elemanları iki ana gruba ayrılmıştır. Bu elemanların bir kısmı “taşıyıcı” diğer kısmı “taşınan” elemanlardır.

İskelet sistemlerde hem taşıma hem eğilme karşı direnci yüksek malzemelerle bir taşıyıcı iskelet elde edildiği ve diğer duvarlar yalnız kendilerini taşıyan elemanlar olduğu için iskelet yapılar yığma yapılardan daha hafiftir. Ayrıca hafiflik yüzünden

depreme karşı dirençleri yükselir. İskelet yapılarda bütün kat planları çok ince duvarlar kullanarak elde edildiği için yararlı alan kaybı olmaz.

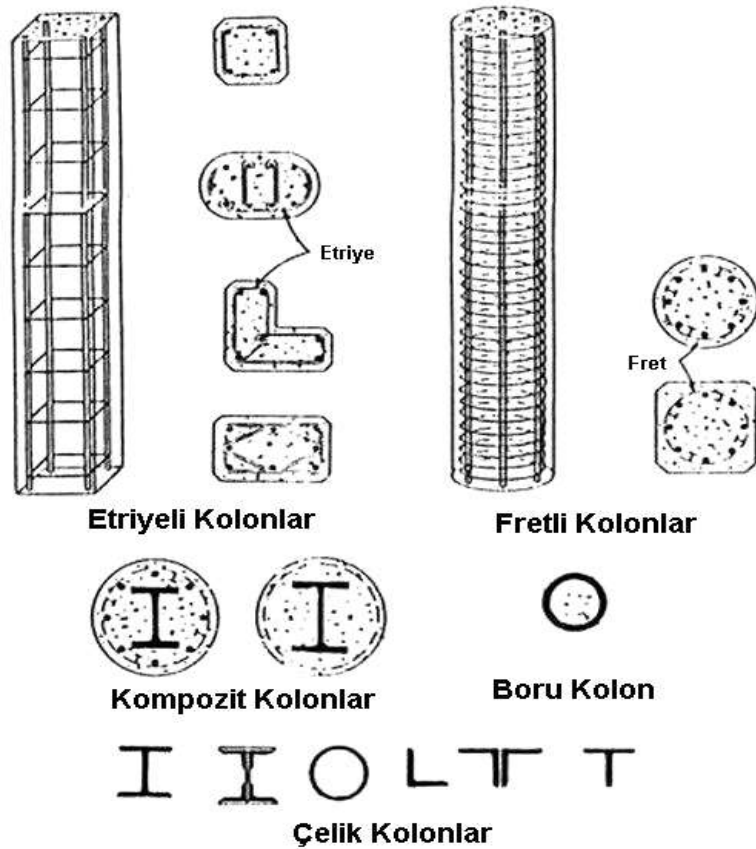
İskelet taşıyıcı sistemde yük akışı şu şekilde olur:

- Döşeme üzerine etkiyen yükler, döşeme plağı ve kirişler gibi yatay elemanlarla mesnet noktasına,

- Mesnet noktasında yoğunlaşan bu yükler, buradaki düşey elemanlarla temellere, Rüzgar ve deprem etkisi gibi yatay yükler, yatay ve düşey düzlemde düzenlenen rijitleştirici elemanlar yardımıyla temellere iletilir.

3.3.2.1. Kolonlar

Kolonlar basınca çalışan doğru eksenli çubuklardır. Bunlar bağlı oldukları kat döşeme yükleri dışında üst katlardaki toplam döşeme yüklerini de taşırlar. Yukarıdan zemine doğru indikçe kolon yükleri de artacağı için boyutlarının artırılması gerekir. Boyutlardaki bu değişiklik 2 - 3 katta bir uyumlu bir şekilde yapılmalıdır. Kolonlar için en basit yol, iki kolonun birbirinin tam üstüne yerleştirilmesi dir.



Şekil 3.2 Malzemelerine ve geometrilerine göre kolon çeşitleri

Betonarme kolonlar düşey donatıyı bir arada tutan yatay çubukların düzenlenmesi ne göre sınıflandırılır. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi bu çubuklar kendi düzlemleri içinde kolon geometrisine bağlı kapalı bir çokgen oluşturuyorsa etriyeli kolon, sürekli bir spiral şeklinde ise fretili kolon olarak adlandırılır.

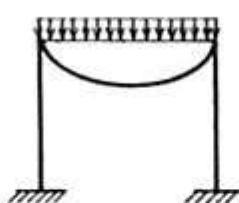
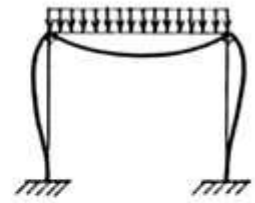
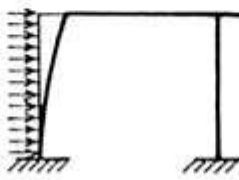
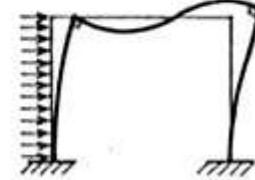
3.3.2.2 Kirişler

İskeleti oluşturan kiriş, üzerine etkiyen düşey yükleri eğilmeye çalışarak taşıyan, kolon ya da taşıyıcı duvar üzerine mesnetlenmiş yatay bir taşıyıcı elemandır. Kolon açıklıkları ve kiriş boyları yapının güç sorularından biridir. Ekonomik nedenler ve yapı malzemelerinin karakterleri bu soruna değişik cevaplar verilmesine yol açar.

Kirişlerde bilinmesi gerekli genel kural, taşıma gücünün, kiriş yüksekliğinin küpü kadar arttığıdır. Hangi malzemenin olursa olsun, kirişleri dikeye kullanmak çok daha ekonomik sonuçlar vermektedir.

3.3.2.3 Çerçeveler

Çerçeveler, yatay yüklere karşı dayanım düğüm noktalarındaki elemanların rijitlikleri ile sağlanan taşıyıcı sistemlerdir. Üzerine etkiyen yükler altında çerçeve elemanları eğilme ve basınç etkisi altındadır. Bu yüklerin karşılanması her eleman katıldığı için Şekil 3.3’de görüldüğü gibi, yük taşıma bakımından çerçeve sistemler, kolon – kiriş sistemlerden üstündür.

	Kolon - Kiriş Sistemi	Çerçeve Sistem
Düşey Yük Etkisi		
Yatay Yük Etkisi		

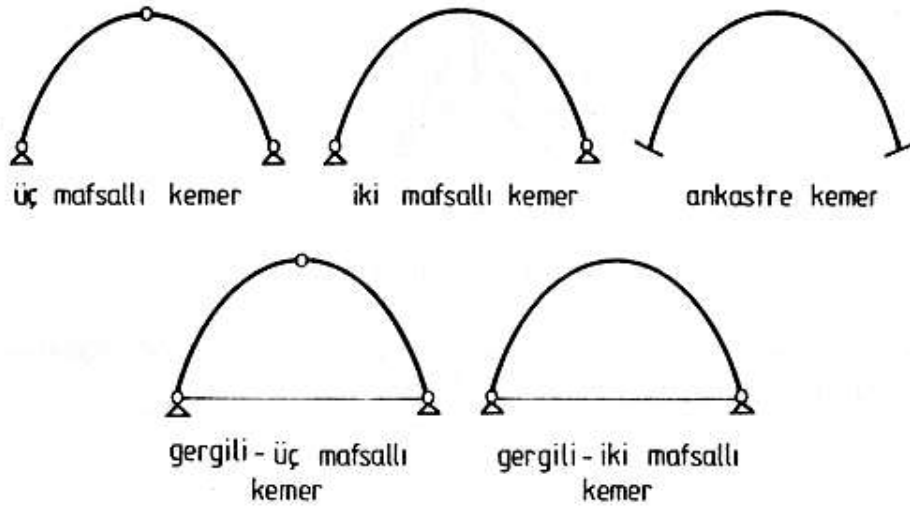
Şekil 3.3 Kolon - kiriş sistemi ile çerçeve sistemin yatay ve düşey yük etkisindeki şekil değiştirmeleri

3.3.2.4 Kemerler

Açıklıklar büyüdükçe dolu gövdeli doğru eksenli kirişler büyüyen enkesitleri nedeniyle ağırlaşır ve ekonomik olmazlar. Bu nedenle büyük açıklıkların tek doğrultuda geçilmesi söz konusu olduğunda ya kirişi hafifletiren düzlem kafes kirişler ya da eksen eğilerek mukavemeti artırılan kemer kirişler kullanılır.

Tasarımda kemer yüksekliğinin açıklığa oranı $H/L = 1/5 - 1/6$ dan az olmalıdır. Bu oran küçüldükçe mesnet itkileri artar. Artan itkiler mesnetlenme durumları da uygun değilse bir gergi çubuğu ile karşılanır.

Aşağıdaki Şekil 3.4’ de görüldüğü gibi kemerler iki, üç mafsallı, ankastre, gergili - iki ve gergili - üç mafsallı olarak düzenlenebilir.



Şekil 3.4 Mafsallı, gergili ve ankastre kemer çeşitleri

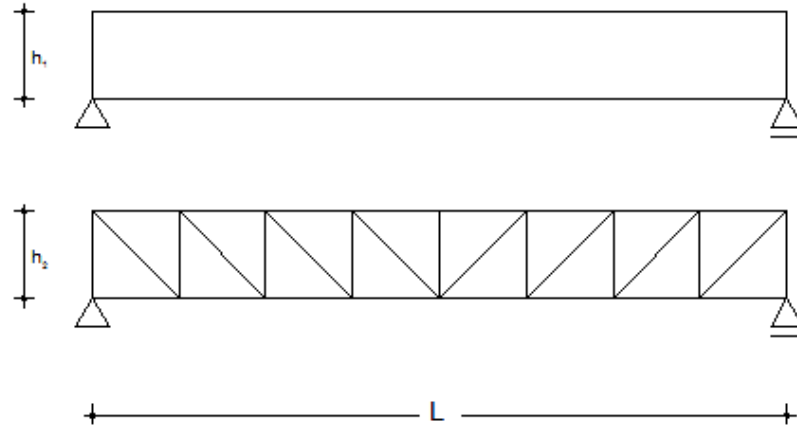
Malzeme türüne bağlı olarak kemerlerin geçebilecekleri en büyük açıklıklar Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1 Malzeme türüne bağlı olarak kemerlerle geçilebilecek en büyük açıklıklar

Malzeme Türü	Geçilebilecek En Büyük Açıklık
Kagir	30 m
Ahşap (tutkalı)	100 m
Betonarme (öngerili)	280 m
Çelik	500 m

3.3.2.5 Düzlem Kafes Kirişler

Belirli ölçüde malzeme sarfıyla bir kirişte daha yüksek bir taşıma gücüne erişmek istenirse, kirişin yüksekliğinin önemli miktarda artırılması ve tekil çubuklarla oluşturulması gerekir. Sonuç olarak Şekil 3.5’ de görüldüğü gibi kafes gövdeli bir kiriş oluşur.

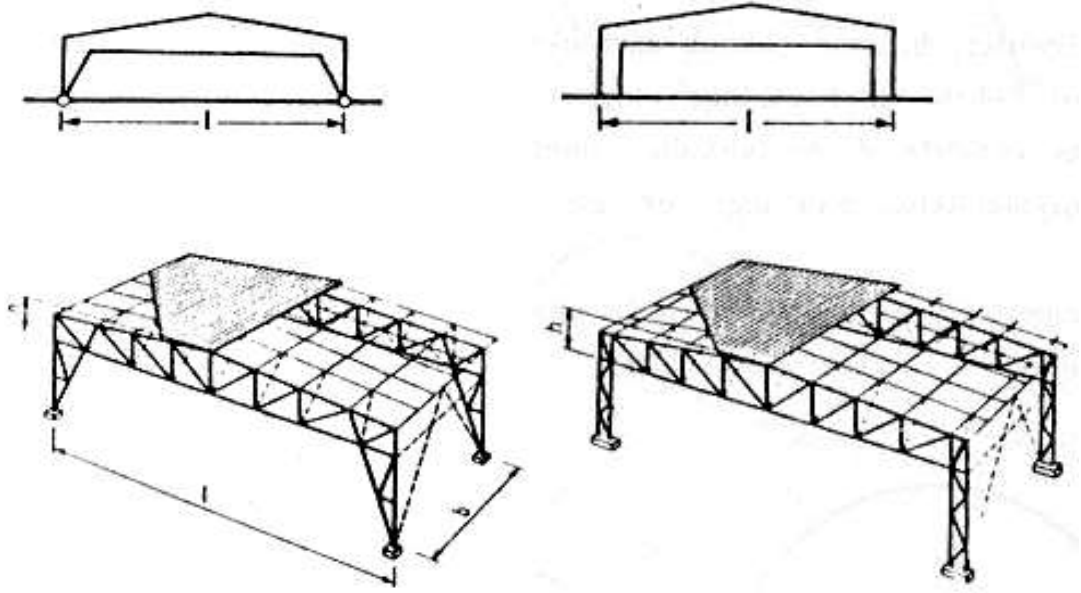


Şekil 3.5 Dolu gövdeli kiriş ile düzlemkafes kirişin karşılaştırılması

Ortaya çıkan bu yeni sistemde yükler çekme ve basınç çubukları ile mesnetlere aktarılmaktadır. Bu esnada ki mi zaman di yagonal çubuklar basınca yatay çubuklar çekmeye çalışırken ki mi zamanda di yagonal çubuklar çekmeye yatay çubuklar basınca çalışırlar.

Düzlemkafes kirişlerde kiriş yüksekliğinin açıklığa oranı ve geçebileceği en büyük açıklık malzeme türüne göre değişir. Bu oran ahşap için $H/L = 1/6 - 1/10$, çeliki için $H/L = 1/12 - 1/16$ ve ön ger neli çeliki için $H/L = 1/16 - 1/25$ alınır. Geçilebilecek en büyük açıklıklar ise ahşap için $L=24$ m çeliki için $L=50$ m ve ön geril neli çeliki için $L=60$ m dir.

Düzlemkafes kirişler doğrudan kolon ya da duvar üzerine oturuyorsa mesnetlerinden biri kayıcı diğeri sabit olarak düzenlenir. Üzerlerine oturdukları kolonların da kafes gövdeli yapılmasıyla Şekil 3.6’ da görüldüğü gibi çerçeve olarak da tasarlanabilirler. Bu şekilde daha büyük açıklıklar geçilebilir.

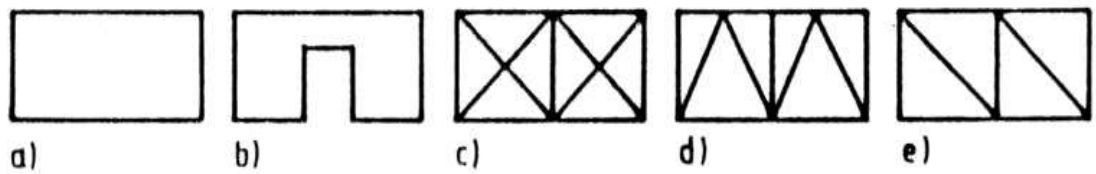


Şekil 3.6 Düzlem kafes kirişlerin kolonlarının da kafes gövdeli düzenlenmesi ile daha büyük açıklıkların geçilmesi

3.3.2.6 Perdeler ve Kırma Duvarları

Kolonlar büyük yük taşıma zorunda kaldıklarında ya da deprem ve rüzgar yüküne karşı binanın direncinin artması istendiğinde kolonların perdeler şekline dönüştüğü görülmektedir. Perdeler kolonlar gibi dikey taşıyıcı elemanlardır. Dikey taşıyıcıların yükseklikleri arttıkça zaman zaman narinlik adı verilen önemli bir güce karşı direnmek zorunda kalırlar. Bu yan etkiye karşı direnmek için kolon ve perdeler yükseklikleri ile birlikte artan bir eylem, sahip oldukları durumdadırlar.

Kırma duvarları, yapıya etkiyen yatay kuvvetleri karşılamak için tasarlanan düşey rijitleştirme elemanlarıdır. Kırma duvarları aşağıdaki Şekil 3.7'de görüldüğü gibi dolulu ya da boşluklu perde duvarı olarak ya da çaprazlamalar şeklinde yapılabilir.

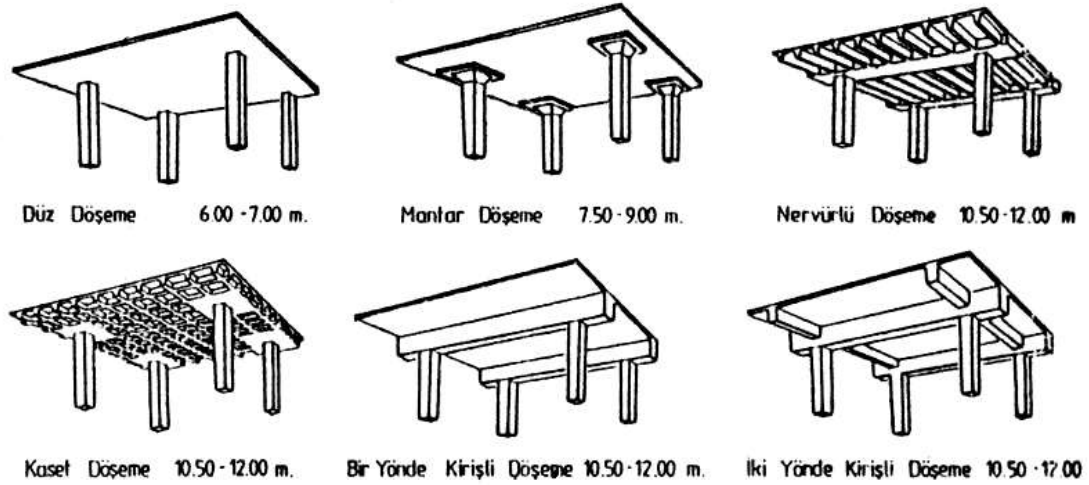


Şekil 3.7 Kırma duvarı çeşitleri

Yapının yatay yükler altındaki davranış bakımından kırma duvarlarının yeri ve şekli önemlidir. Yapı içinde eksantrik olarak yerleştirilmiş bir çekirdeğin, eğilme ve kırma yanında burulma etkisini de karşılaması gerekir.

3.3.2.7. Döşemeler

Döşemeler, yapının duvar, kolon ya da çerçeve gibi düşey iskeleti üzerine oturan, modülasyon ızgarası üzerini örterek katlar arası ayırımı sağlayan yatay levhalardır. Modülasyon ızgarasına göre kare, dikdörtgen şekilli, kirişsiz ya da kirişli olarak düzenlenirler.



Şekil 3.8 Döşeme türleri ile geçebilecekleri açıklıklar

Yukarıdaki Şekil 3.8’ de her bir döşeme türü için güvenli olarak geçilebilecek açıklık değeri verilmiştir. Kirişsiz döşemeler doğrudan kolon, perde ya da ana kirişe oturan, en fazla 7 m açıklık geçebilen döşeme plaklarıdır. Döşeme açıklığı büyüdüğünde kolon civarında büyük kesme kuvvetleri oluşacağından kolon başlarında bölgesel takviye gerektirir.

Kirişli döşemeler, döşeme plağı ve kirişin bir tür rijit çerçeve gibi birlikte çalıştırılması ile oluşturulur. Bunlar taşıyıcı sisteme ve döşemenin kare ya da dikdörtgen şekline bağlı olarak tek ya da iki doğrultuda kirişli yapılabilir. Kare döşeme plakları üzerlerine etkiyen yükü iki doğrultuda döşeme kirişlerine iletirken dikdörtgen döşeme plakları yükü sadece kısa kenar doğrultusunda uzun kenarında bulunan döşeme kirişlerine aktarır.

Döşeme elemanının, üzerine etkiyen düşey ve yatay yükleri aktarma fonksiyonu ile birlikte bir dereceye kadar ses, ısı ve nem karşı izolasyon sağlama ve yatay tesisatın yerleştirilmesi gibi görevleri de üstlenmesi istenir. Bütün bu fonksiyonlara cevap verecek şekilde tasarlanmış bir döşeme kalınlığı yapının tüm yüksekliğini etkiler.

3.3.2.8 Temeller

Bina nı toplama ğırlı ğ bir iskelet sisteminde sırayla döşemeler, kirişler ve kolonlardan geçerek temel zeminine aktarılır. Sönmeler, kolonların temel zeminine bastı ğ yerlerde bir geçiş elemanı olarak yükleri temel zeminine yayarak iletirler.

Bir kolonun eni ve genişli ğ kolon üstüne gelecek yüklerle oranlı olarak büyüyecek şekilde hesaplanır. Bu kolon tarafından taşı nan yük kolon malzemesinden daha zayıf bir temel zeminine geçti ğ zaman dirençsizli ğ oranında genişleyen bir alana gereksinir. Temel zeminine kadar çürük ise sömel alanı o kadar büyür. Çok çürük zeminlerde sönmelerin altında zemin içine kazıklar çakararak sürtünme alanını büyült me yoluna gidilebilir. Sömel alanların büyümesi halinde iki komşu sömeli n birbirine değmesi olayı doğabilir. Bu şekilde birbirine birleşerek şeritler haline gelen sönmelere müteneadi-sürekli sönmeler denir. Müteneadi sönmeler de bina yükünü zemine aktarmaya yetmezse hiç boşluksuz bir bütün döşemenin yapılmasına gerek olabilir. Bu tür temellere radye-jeneral denilmektedir.

3.3.3 Betonarme Kabuklar

Kabuklar kalınlı ğ yüzeysel yayılma oranla çok ince olan sürekli ya da süreksiz eğrilikli, yüzeysel taşıyıcılar dır. Eğrilikli formlarının üst ünl ü ğü ile üzerlerine etkiyen yükleri orta yüzeylerine paralel membran gerilmeleriyle karşılad ığında taşıma kapasiteleri daha da artar. Büyük alanları ekonomik ve aram esnetsiz olarak örtmek amacıyla kullanılırlar. Betonarme kabukların başlıca yararı hafifliklerinde bulunmaktadır.

Kabuklar yalnız biçiminin verdiğ i olanaklarla ayakta durabilmektedir. Bu yüzden kabuklara “yüzeysel taşıyıcı sistemler” adı verilir. Kabuğun sahip oldu ğu form nedeniyle kabuk üstüne gelen bütün yüklerin bileşkeleri kabuk yüzeyinde hiçbir çekme ve basınç doğurmakta, bir ortalama yüzeye kanalize edilerek aşağıdaki Şekil 3.9’da görüldü ğü gibi yere iletilmektedir.



Şekil 3.9 Kabuk yüzeylerinin zemine yük aktarma şekilleri

Kabukların ilk uygulamaları kubbeler, tonozlar ve depolar olmuştur. Son yıllarda kilise kubbeleri, hal binaları, uçak hangarları, spor, sergi ve konser salonları gibi büyük açıklıkların kolonsuz geçilmesini isteyen yapılar, kabuk sistemlerle örtülmüştür. İlk betonarme kabuk uygulaması 1910 yılında doğmuş ve büyük gelişmeler göstermiştir.

Kabuk sistemlerde yükler çekme, basınç ve kayma ile karşılandığından, kullanılan malzemenin bu etkilere karşı dayanıklı olması gerekir. Aksi takdirde, kabukta birtakım çatlaklar oluşabilir. Bu açıdan ele alındığında, kabuk yapımı için en uygun olan malzemeler betonarme, çelik, ahşap ve plastiktir.

Betonarme kabuklar strüktürel bakımdan çok ince yapılabilirler de donatıya yeterli örtü sağlamak için 6 cm den az kalınlıkta gerçekleştirilemezler. Kabuk inşaatları ince ci darları ile pek güzel ve zarif yapılar vermektedir, ince kabuklar aynı zamanda çok büyük bir malzeme ekonomisi sağlamaktadır. Ancak bu yapılar ne beton dökümünde, ne teçhizatla, ne de kalıpta en küçük hataları kabul etmemektedir.

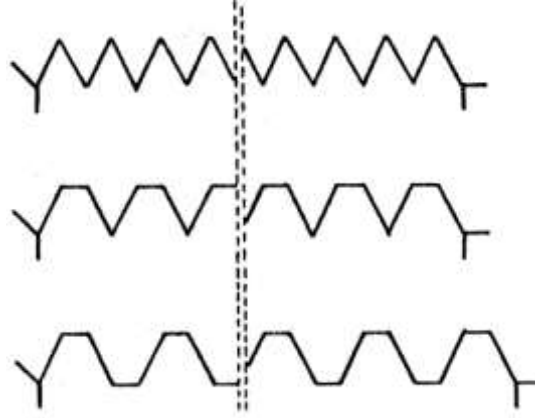
Kabuk sistemlerin çok şaşırtıcı örneklerinden biri ise Meksika'da yine özellikle hiperbolik parabolit kabuk sistemlerinin ünlü adı Candella tarafından inşa edilmiştir. 50 m bir alanı örten bu kabuğun kalınlığı ise 16 mm'dir. Kabukların çok ince kalınlıklara sahip olmalarına karşılık çok yüksek taşıma güçleri vardır. Katlanmış plaklar için ise ci dar kalınlığı asgari 7,5 cm olarak tespit edilmiştir.

Kabuk tasarımı nda yüzey eğrisinin sürekli olması önemlidir. Eğri deki ani değişimler kuvvetler yönünde de ani değişiklikler yapar ve bu bölgelerde eğilme momentleri doğurur. Ayrıca kabukta membran şartlarının sağlanması için yüzeye tekil yüklerin etkimesi istenir. Çünkü tekil yükler de eğilme momentleri oluşturur. Böyle bir zorunluluk olduğunda bu bölgede kiriş gibi eğilme gerilmelerini karşılayacak elemanlar düzenleyerek ya da yüzey sürekliliği istenen şartı sağlayacak şekilde değiştirilerek önlenmelidir.

Kabuklarda ön gerilim çok yararlı olarak kullanılabilir. Ön gerilim uygulanan betonların kalıp sökülmesi sırasında kılcal çatlaklara rastlanmaktadır. Kabukların önemli sorunlarından biri akustiktir. Dairesel kabukların merkezinin zeminin altına düşmesi gereklidir.

3.3.4 Katlanmış Plaklar

Düzlem yüzeylerin yapısal etkinliğini artırmak için plakların çeşitli katlanmış şekiller oluşturacak biçimde birleştirilmesi ile Şekil 3.10’da görüldüğü gibi “katlanmış plak” denilen bir örtü sistemi ortaya çıkar. Katlanmış plaklarda, plaklar birbirlerini burkulmaya karşı rijitleştirdiği için büyük açıklıklar ince levhalarla kirişsiz olarak geçilebilir.



Şekil 3.10 Katlanmış plakların oluşturulma şekilleri

Katlanmış plaklar kabuklara çok benzeyen bir yapıya sahiptirler. Kabuklarda olduğu gibi diğer boyutlarına göre kalınlığı çok küçük olan düzlem elemanlarından oluşurlar. Kabuklar gibi yüzeysel taşıyıcı sistemler sayılırlar. Hesap tarzları da kabuklara benzer.

Katlanmış plaklar çok az malzeme ile büyük açıklıkların ekonomik örtülmesinde kullanılırlar. Katlanmış plaklar düz yüzeylerden oluştukları için kalıp giderleri kabuklara göre çok azdır.

Katlanmış plaklar çoğunlukla betonarme, ahşap ya da çelikten yapılırlar. Bunlar içerisinde en uygun olanı bütün alanı yekpare olarak geçme imkanı veren ve eğilmeye mukavemetli olan betonarmedir. Ancak, betonarmeden yapıldığında plakların eğimi sınırlıdır. Ahşap ve çelik kullanıldığında ise, sistem kafes kiriş levhalar halinde oluşturulur. Bu şekildeki bir uygulamada, katlanmış plaklara açıklık geçmede daha fazla üstünlük sağlar.

Katlanma açısının katlanma boyunca sabit kalması ve bu açının 15°’den büyük, 165°’den küçük olması taşıyıcı sistemin yük altında açılmasını önlemek açısından önemlidir. Çelik ve alüminyum yüksek mukavemetlerine karşın levha olarak kullanıldıklarında buruşma tehlikesi boyutlarını sınırlandırır.

3.3.5 Asma Sistemler

Asma sistemler büyük açıklıkları kolonsuz geçmek için başarı ile kullanılan yöntemlerden biridir. Asma sistemlerin dış görünüşlerinin değişik bir biçime, yapı blokları içinde etkileyici bir görünüme sahip olduğu ve bu sebeple pek çok yapıcının asma sistemleri kullanmaya istekli olduğu görülmüştür. Asma sistemlerin gerçek üstünlüğü ekonomik sonuç verebilmesiindedir. Asma sistemlerde moment doğurucu bir yüklenme biçimi doğmamakta ve çelik malzeme gücünü ve üstünlüğünü bütünüyle ortaya koyan bir biçimde çekmeye çalışılmaktadır.

Günümüzde asma sistemler genel olarak tek katlı yapılarda kullanılmasına karşın, çok katlı yapılarda da uygulanmaktadır. Bu durumda, asma sistem bir yardımcı eleman vazifesi görür.

Doğal liflerden yapılmış halatlarla gerçekleştirilen asma köprüler, kablo sistemlerinin ilk örnekleri olarak çok eski devirlere kadar uzanır. İlkel kavinler, halat yerine sarmaşık kullanılarak asma köprüler yapıyorlardı. Bugünkü kullanıma yakın kablolu asma köprülerinin gelişimi, 19. yüzyılda endüstri devri mîne paralel olarak ortaya çıkan çelik halat ve kabloların üretilmesiyle başlamıştır.

- İlk önemli asma köprü örneği 1826 yılında mühendis Thomas Telford tarafından İngiltere’de yapılmış olan Menai Boğazı Köprüsü’dür. 166 m açıklığı ile Menai Köprüsü zincirli asma köprülerinin en uzunudur. Bundan sonra asma köprü yapımı bir ivme kazanmış, zincir yerine kablo kullanılarak daha zarif görünümlü asma köprülere doğru bir gelişim izlenmiştir.

- 1883 yılında, yıllarca dünyanın en uzun asma köprüsü unvanını koruyan Brooklyn Köprüsü tamamlanmıştır. 486 m açıklıklı Brooklyn Köprüsü bugün halen kullanılmaktadır. Yapıldığı yıllarda henüz elektriğin dahi bulunmamış olduğu, köprüün ayaklarının Newyork’daki o zamanın en yüksek binalarından daha yüksek olduğu düşünüldüğünde, bu köprüün mühendislik tarihi yönünden önemi daha iyi anlaşılır.

- ABD’de 1940 yılında işletmeye açıldıktan dört ay sonra büyük bir fırtınaya dayanamayıp çöken Tacoma Köprüsü, 855 m açıklık geçmekteydi.

Asma sistemlerin ana malzemesini çelik halatlar oluşturmaktadır. Çelik halatlar tek değil, çok sayıda çelik telin birbiri etrafında sarılmasıyla elde edilirler. Bu tel grupları birbiri etrafında sarılarak tel halatları oluştururlar. Bu tellerin hepsinin

paslanmaya karşı tek tek galvanize edilmesi gereklidir. Paslanma tehlikesi çelik kabloların ana sorunlarından biridir. Günümüzde tellerin galvanize edilmesi yeterli bir önlemdir.

1000 miyi aşkın açıklıklar asma köprülerle geçilmiştir. İstanbul Boğaz Köprüsü 1074 m açıklı taşıyıcı kabloları 180 kg / mm² kalitesinde 17.500 adet 0,5 mm kalınlıkta tel den oluşmuştur. Kıyaslama açısından benzer köprüler Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2 Asma sistemle yapılmış bazı köprülerin uzunlukları

Köprü Adı	Uzunluk
Fatih Köprüsü	1096 m
Messina Köprüsü (İtalya)	1524 m
Golden Gate Bridge (ABD)	1280 m

Asma sistemler, hafiflikleri ve eğilme rijitliklerinin çok az olması nedeniyle rüzgar gibi sinerjik olmayan yükler etkisinde büyük ölçüde yer değiştirebilirler. Bu asma sistemlerin en önemli yanıdır.

Asma sistemlerin bir diğer sorunu kablo uçlarının tespiti dir. Bugün tespit işi çelik konik başlıklar aracılığı ile yapılmaktadır ve bu sorun kesin çözüme ulaşmış sayılmaktadır. Asma sistemlerde kurulan taşıyıcıların üstünün örtülmesi bir başka sorun olarak ortada durmaktadır. Günümüzde çatı örtüsü ışık geçiren veya geçirmeyen şekilde yapılabilir.

Asma sistemler kablo tabakalarının sayısı ve kabloların üzerindeki yüzeyin eğriliklerine göre,

Tek eğrilikli asma sistemler

- Tek tabakalı
- Çift tabakalı

Çift eğrilikli asma sistemler

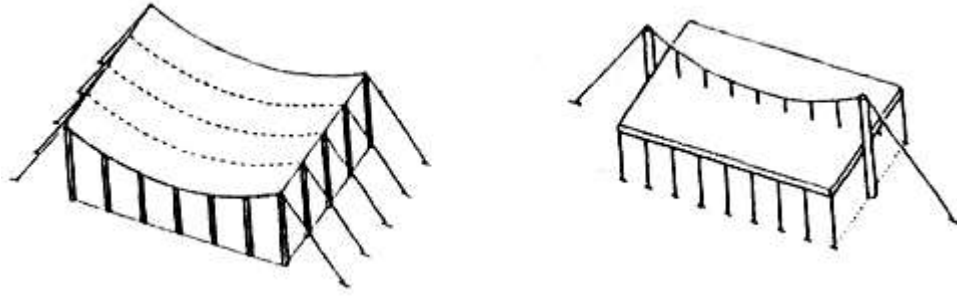
- Tek tabakalı
- Çift tabakalı
- Kablo ağı

şeklinde düzenlenirler.

3.3.5.1. Tek Eğriliği Tek Tabakalı Asma Sistemler

Tek eğriliği kablolarını içbükey bir çatı yüzeyi oluşturacak biçimde birbirine paralel sıralar halinde düzenlenmesiyle elde edilen asma sistemlerdir.

Genellikle dikdörtgen planların örtülmesi amacıyla kullanılan tek eğriliği tek tabakalı asma sistemlerde çatı döşemesi Şekil 3.11’ de görüldüğü gibi ya kabloların üstüne serilir ya da kabloları asılır.



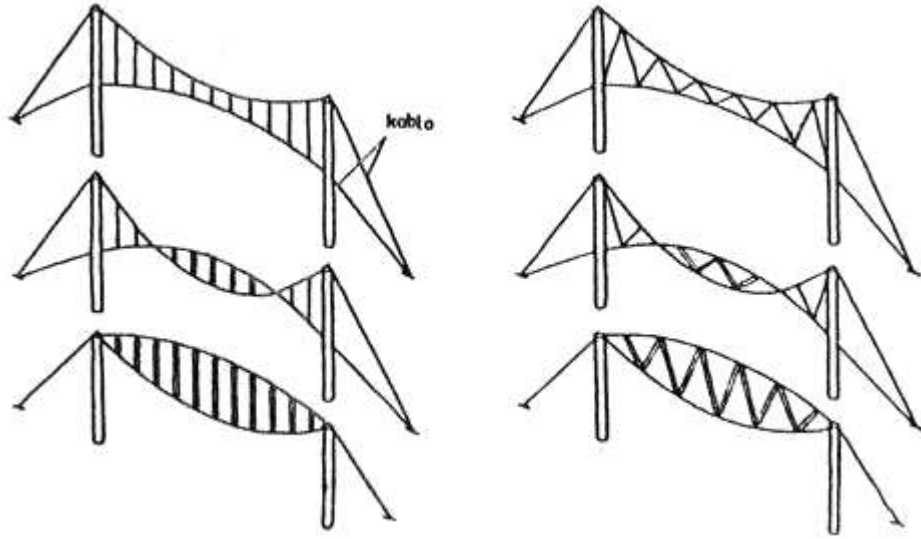
Şekil 3.11 Tek eğriliği tek tabakalı asma sistemler

Çatı değişik yüklerin etkisiyle biçimini değiştirir. Rüzgar gücü bu etkenlerin de en tehlikelisi dir. Tek eğriliği tek tabakalı asma sistemlerinin stabilitesi için çatı örtüsünün ağır olması gerekir. Bu nedenle doğrudan kabloları oturan örtü elemanları düşünüldüğünde prefabrike beton plaklar kullanılmalıdır. Çatı plaklarının, doğrudan kablolar üstüne serilmesi durumunda 30 - 60 m askı çubukları aracılığı ile kabloları asıldığında 45 - 90 m açıklık kolaylıkla geçilebilir.

3.3.5.2. Tek Eğriliği Çift Tabakalı Asma Sistemler

Tek kablo sistemlerinin rüzgar etkisi ve/veya hareketli yükler karşısında dalgalanma eğilimi göstermesi, bu nedenle de çoğu kez ağır bir çatı kaplaması gerektirilmesi, çift kablo sistemlerinin gelişmesine yol açmıştır. Çift kablo sistemler; aynı düzlem içinde bulunan ve eğrilikleri birbirine göreters olan iki kablodan meydana gelir.

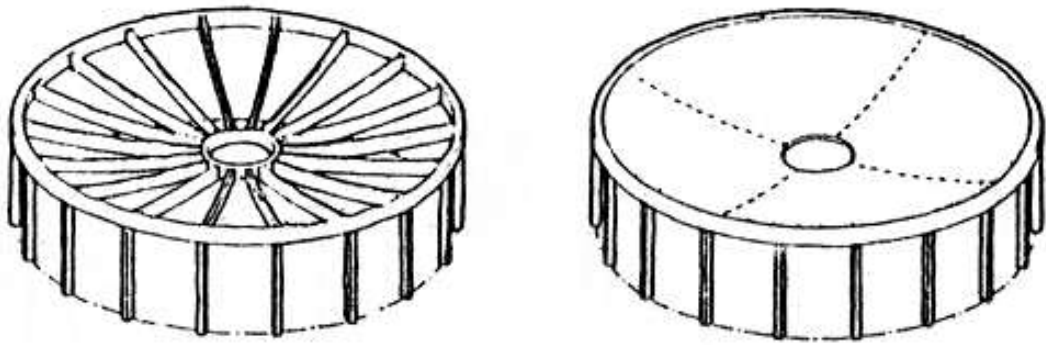
Yüklerin, yerçekimi doğrultusunda etki ettikleri varsayılırsa, sarkan kablolar taşıyıcı kablolar olup tüm yükleri taşırlar. Stabilite kabloları, alta veya üste, fakat bir kenar görünüşünde yerleştirilir. Görevleri taşıyıcı kabloları öngerilme vermedir. Kablo çifti birbirine, çekme veya basınç ögeleri ile bağlanır. Eğer stabilite kablolu üstte, taşıyıcı kablo altta ise, ara elemanlarda basınç bunun tersi durumda ise çekme ortaya çıkar. Bağlama sonucunda, kabloların dalgalanma olasılığı ortadan kalkar. Şekil 3.12’ de olduğu gibi ara elemanlarla öngerilme verilerek tüm kabloların çekmeye çalışmaları sağlanır. Açıklık olanakları 45 - 90 m arasındadır.



Şekil 3.12 Tek eğrilipli çift tabakalı asma sistemler

3.3.5.3 Çift Eğrilipli Tek Tabakalı Asma Sistemler

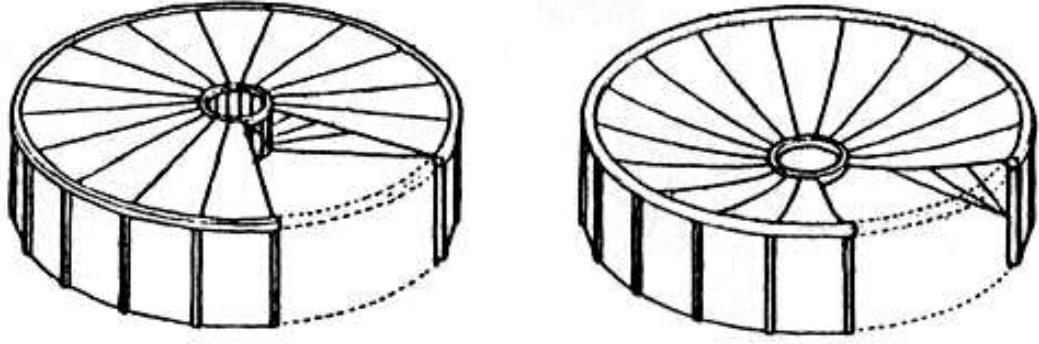
İçte bir çekme çemberi, dışta bir basınç çemberi ve bu çemberler arasında genellikle radyal doğrultuda düzenlenmiş taşıyıcı kablolarla Şekil 3.13' de görüldüğü gibi oluşturulan bu sistemler daire planlı yapıların örtülmesinde kullanılır. Açıklık oranları 45 - 90 arasında vardır.



Şekil 3.13 Çift eğrilipli tek tabakalı asma sistemler

3.3.5.4 Çift Eğrilipli Çift Tabakalı Asma Sistemler

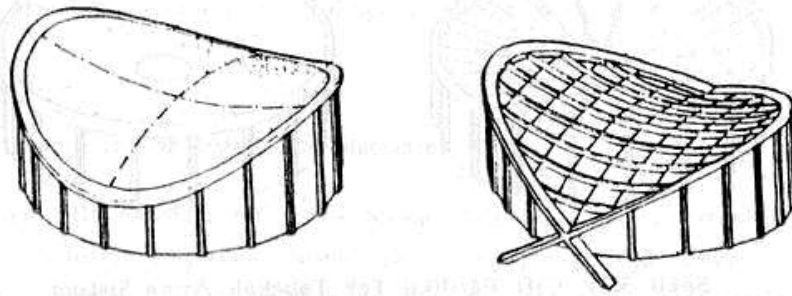
Tek eğrilipli çift tabakalı sistemlerde olduğu gibi stabilize kablo kullanılarak sistemin stabilitesi artırılmakta ve Şekil 3.14' de görüldüğü gibi yapılar elde edilerek çok büyük açıklıkların geçilmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 3.14 Çift eğrilipli çift tabakalı asma sistemler

3.3.5.5 Kablo Ağı Olarak Düzenlenen Çift Eğrilipli Asma Sistemler

Bu sistemi için en çok kullanılan örnek, birbirini dik kesen kablolarla oluşturulan hiperbolik paraboloit biçimindeki asma sistemlerdir. Aşağıdaki Şekil 3.15’ de görüldüğü gibi başlıca elemanları taşıyıcı kablolar, stabilite kabloları ve kenar elemanlarıdır.



Şekil 3.15 Kablo ağı olarak düzenlenen çift eğrilipli asma sistemler

Kablo ağı olarak düzenlenen çift eğrilipli asma sistemler her türlü planın örtülmesine olanak verdikleri için mimarların değişik yapı formları yaratmalarını sağlarlar. Kablolar dan oluşan düzlemler sadece düzleminde etki eden çekme kuvvetlerine karşı dirençlidir. Yüzeye dik etki eden yükleri karşılamak için, bu ağlar sarkmak durumunda kalarak düzlem şekillerini bozarlar.

Rüzgar ve asimetrik yüklere direncinden ötürü kablo ağı, merkezi geniş hacimler, büyük açıklıklar için en fazla uygulanan kablo sistemler içinde mimarlık uygulamalarında en önemli olan gruptur. Çift kablo sistemlerde olduğu gibi bunlar da taşıyıcı ve stabilite kabloları olmak üzere iki tip kablo vardır. Yük ve ısı etkisiyle taşıma kabloları sarkınca, stabilite kabloları gevşeyeceğinden sistem dalgalanabilir. Bunu önlemek için kabloları öngerilme verilmesi gerekir.

3.3.6 Mمبرan Sistemler

Mمبرan terimini, taşıyıcı sistemler söz konusu olduğunda “malzemesi esnek - bükülebilir olan, önemli eğilme rijitliği göstermeyen ve sadece çekmeye çalışan bir yüzeysel taşıyıcı öge” anlamında kullanılmaktadır. Butanlama; membran ile kablo arasındaki büyük benzerliği ve yakınlığı göstermektedir. Sözü edilen iki taşıyıcı ögeyi birbirinden ayıran en önemli fark

- Kabloların lineer (çizgisel)
- Mمبرanların yüzeysel

eleman olmalarıdır. Taşıyıcı öğeler arasındaki bu paralellik strüktür sistemlerinde de sürer. Kısaca membran, hem taşıma hem de örtme görevi gören, çekmeye çalışan esnek bir örtüdür. Mمبرanlar çekme etkisi altında statik hesaplamaların gerektirdiği ve inşaatı mümkün olan en ince kalınlıklarda dahi taşıyıcı sistemlerde yer alabilirler. Herhangi bir taşıyıcı sistemdeki basınç gerilmesi ve/veya eğilme momenti ile etkilenen elemanlar, burkulma gibi sınırlayıcı etmenlerden ötürü, malzemenin üst dayanım sınırı ulaşılmadan kullanılmaz duruma gelirler veya artan yüke paralel olarak, elemanın enkesiti gerektiğinden fazla büyür. Çekmeye çalışan elemanlarda ise böyle bir dezavantaj söz konusu değildir.

Mمبرanlara geçmişten verilebilecek en yaygın örnek, çadırlardır. Mمبرanların ölü yükünün az olması, dolayısıyla rüzgar, asimetrik yükler vb. altında dalgalanma eğilimi göstermesi, çadır benzeri membran sistemlerin büyük açıklıklarda kullanılması uzun süre engellemiştir. Günümüzde çadırlar hem geleneksel kullanımda olduğu gibi küçük ve geçici mekanların, hem de çağdaş teknolojiye uygun olarak çok büyük alanların üzerini örtecek örneklerde uygulanmaktadır.

Öngerilmemiş membranların şekilleri sabit değildir. Yük durumuna göre bunlar, düz veya eğri yüzeyli olabilirler. Ouşturdıkları mekanlar ve öngerilmeyi sağlamak için başvurulan yöntemler açısından membran sistemler iki büyük grupta toplanabilir.

- Açık membran sistemler = Çadırlar
- Kapalı membran sistemler = Şişirilebilir (Pnömatik) sistemler

Mمبرan sistemlerde taşıyıcı elemanların toplam ağırlığı, öngerilme kuvvetine oranla çok azdır. Bu da, bu sistemlerin çok hafif olduğunu gösterir. Geleneksel bir örtü sistemine göre malzeme kullanımı 1/30 oranındadır.

3.3.6.1. Açık M embran Sistemler

Bu grupta, m embran örtü t a m a m e n kapalı bir hacim oluşturmaz. Strüktür sistemine tasarlanan biçimi verecek, asıl na noktalarında çekme kuvvetini karşılayarak dengeleyecek ve m embran yüzeyine öngerilme verebilecek destek elemanları gereklidir. Öngerilme için basınç farkından değil destek elemanlarından yararlanır. Açık m embran sistemler başka bir deyişle çadır sistemler olarak da adlandırılabilirler. Çadır sistemlerin, hem taşıma hem örtme görevini bir arada yürütebilmesi, ancak küçük açıklıklarda mümkün olabilmektedir. Saf m embran sistemler olarak nitelendirilebilecek bu durumda, küçük veya orta açıklıklar örtülebilir. Daha büyük açıklıklarda m embran örtü, kablo ağı ile takviye edilir. O zaman rüzgar ve kar yükleri, m embran örtü tarafından alınarak düğüm noktaları aracılığı ile bir kablo ağna aktarılır. Kısaca m embran yüzey, mekan örterek rüzgar ve kar yüklerine dayanmak ve bunlardan kaynaklanan tüm yükleri, destek elemanlarına veya kablo ağna aktarmak görevini görür.

3.3.6.2. Kapalı M embran (Şişirme) Sistemler

Pnömatik sistemler olarak da tanımlanan bu grupta m embran; hem örtme hem de taşıma görevlerini birleştiren bir yüzey olup, t a m a m e n kapalı bir hacim oluşturur. Kapalı bir hacim içerisinde yaratılan basınç farkı ile, m embran örtüye öngerilme verilerek sistemin taşıyıcılığı sağlanır. Dış örtü-dış zar polyamid doku üzerine polyester, cam yünü, PVC, poliüretan gibi malzeme vb. sentetik malzeme ile kaplanır.

Şişirme yapılar süratle inşa edilmeleri söndürülüp toplandığında çok küçük meleri ve birkaç m³ hacme sığmaları, bu şekilde kolayca taşınabilmeleri, götürüldükleri yere birkaç gün ya da saat içinde tekrar şişirilerek kurulabilmeleri gibi üstünlüklere sahiptirler. Bilinen klasik geleneksel yapı türlerine oranla çok ucuza mal olurlar ve herhangi bir şekilde hasar görmeleri halinde tamir edilmeleri kolay ve basittir. Fuarlar, sergiler, gezici gruplar gibi kullanım biçimlerine mükemmel şekilde uyurlar. Yeni bir teknik ve değişik bir iç ve dış görünüm arz ettiklerinden ilgi çekme, reklam açılarından üstünlük arz ederler.

Şişirme sistemlerin en belirgin özelliği, m embran örtünün dayanımıdır. M embran örtünün her yöndeki dayanımının ve m embran gerilmenin eşitliği bu dayanımı artıran bir etkidir. Günümüzde m embranlar, radyasyonu azaltan, yangın dayanımını artıran

maddelerle kaplanarak korunmakta ve ömürleri 10 yılın üzerine çıkarılmış bulunmaktadır. Camel yaf örgülü, teflon kaplamalı, kabl otakviyeli şişirne sistemler, uzun ömürlerinin yanı sıra 500 m'lik açıklıklara kadar yapılabilenktedir.

Bir şişirne yapıda herhangi bir nedenle hava kaynağı yetersiz duruma geldiğinde ya da bir delik açıldığında membranın hafifliği nedeniyle sistem çok yavaş olarak söner. Bu sönmeye olayı bazı durumlarda günlerce sürebildiğinden hiçbir zaman yaşamsal bir tehlike oluşmaz.

Rüzgar şişirne yapıları etkileyen dış etkenlerin başında gelir. Rüzgarın sürati arttıkça dışa direnci artırmak ve yapının sağlanmasını sağlamak için büyük bir iç basınç gerekmektedir. Gerektiğinde pompalanmayı yaparak şişirne yapı kendi kendini rüzgara karşı ayarlayacak duruma getirilir.

Şişirne sistemler içlerindeki basınç düzeyine göre aşağıdaki Tablo 3.3' de olduğu gibi gruplandırılırlar:

Tablo 3.3 Şişirne sistemlerin sınıflandırılması

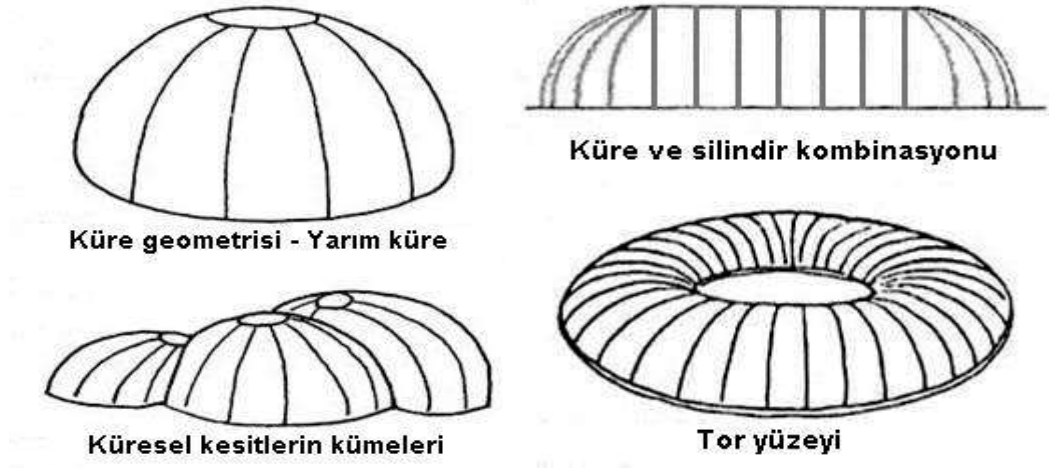
Sistem Tipi	Uygulanan Basınç
Alçak basınçlı şişirne sistemler	~ 200 kgf / m ²
Yüksek basınçlı şişirne sistemler	2.000 - 70.000 kgf / m ²

Basınçlı mekân içine insanların doğrudan doğruya girmesi söz konusu ise, yaratılacak basınç insanın fiziksel ve biyolojik olarak dayanabileceği bir seviyede olması gerekir. Bu gruba giren örnekler alçak basınçlı sistemleri oluşturur. Basınç düzeyi 10 - 200 kgf / m² dolayındadır. Bu değer, 10 - 15 katlı bir binanın ilk katı ile son katı arasındaki basınç farkına eşittir. Alçak basınçlı şişirne sistemlerin diğer adları da "tek zarlı şişirne sistemler" olmaktadır.

Alçak Basınçlı (Tek Zarlı) Şişirne Sistemler

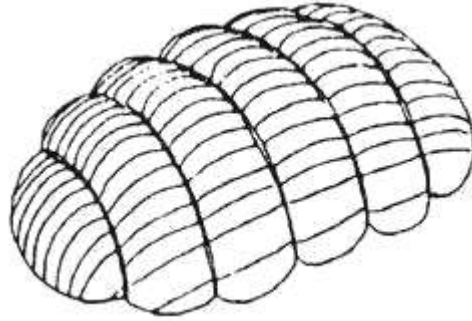
Şişirilmiş tek zarlı yapılarda, içte yükseltilmiş basınç yüzünden zar gerilerek havada durmaktadır. Bu iç basınç sağlamak için hava pompaları kullanılır. Bu tür yapıların ağırlar ve kablolar aracılığı ile yere bağlanması sorunu vardır. İkinci önemli sorunları, yere bağlandıkları çizgide yer ile zar arasından hava kaçağının önlenmesi için mükemmel bir yapıtırmının sağlanmasıdır. Isı değişimi sebebiyle de bir basınç değişimi doğar. Ayrıca kapılardan hava kaçağını karşılamak ve hava değişimini sağlamak amacıyla hava pompalaması sürekli olarak sürdürülür.

Alçak basınçlı sistemlerde geometrik şekiller Şekil 3.16’ da görüldüğü gibi silindir ve küre kesitleri, koniler veya bunların benzerleri olan, tek ve çift eğriliği yüzeylerin kombinasyonudur.



Şekil 3.16 Tek zarlı şişirme sistemleri

Membran örtüdeki gerilmeleri azaltmak için, şişirme örtüyü kablo ile takviye etmek yolu yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Kablo ile takviyenin bir başka yararı da, Şekil 3.17’ de görüldüğü gibi taşıyıcı sistemin yüksekliğini ve hacmini azaltmaktır.



Şekil 3.17 Kablo takviyeli silindirik geometrili şişirme sistemi

Bina giriş tek zarlı şişirme yapılarının ana sorunlarından biridir. İç mekana belirli aralıklarla hava pompalanması hem basınç farkını sağlama, hem de tüketilen oksijenin (pis havanın) yeni, temiz hava ile değiştirilmesine yarar. Ancak basınç farkının korunabilmesi için giriş ve çıkışların kontrollü olması gerekmektedir, başka bir deyişle, dış kapılarda hava kaçmasını en aza indirecek önlemler alınmalıdır. Aynı hava pompalanması ısınmış bir mekana, soğuk hava girişi de mek olduğundan, aynı zamanda ısıtma giderlerini de etkileyen bir faktördür.

Teorik olarak şişirne binalar soğuk ve sıcak geçirimsizliği açısından korumasız sayılır. Soğutmayı sağlamak için ise klasik hiç bir binada mümkün olmayan şekilde şişirne yapının dışını su ile ıslatmak mümkündür.

Tek zarlı yapılarda, aydınlatmada bazı sorunlar ve özellikler gösterir. Dış zar ışığı geçiren veya geçirimsiz olabilir. Yapının dış çevresine, yere projektörler monte edilip projektörlerle yapı dıştan aydınlatılabilir.

Binanın içine konacak aydınlatma araçlarını şişme sisteme asmak doğru değildir. Rüzgarlı havalarda sallanan bu araçlar göz kaşıması yapar. Yere tespit edilecek projektörlerle içten aydınlatma olanağı vardır. İç basınç düşüşü, sarkan zarın bu araçları devirnesi tehlikesi unutulmamalıdır.

Gerçiniç cidarlar sesi çok iyi yansıtmaktadırlar. Bu yüzden şişirne yapılarını içinde önemli bir akustik sorunu doğmaktadır. Tam bir yarımdaire akustik açısından en kötü sonucu vermektedir. Bu durumun ortadan kalkması için daire merkezinin yer altında teşekkül edecek şekilde kesilmesi önerilebilir.

Yüksek Basıncılı (Çift Zarlı) Şişirne Sistemler

İki cidarlı membranlar bir hortum veya bir deniz yatağı gibi şişirilir. Bu sistemlerde, basınç fazlası iki zar arasında yaratılır, yani canlıların içinde yaşadıkları, eylemlerin gerçekleştiği mekanlar normal hava basıncı altında kalırken, membran örtünün gerilmesi, iki cidar arasına pompalanan hava basıncı fazlası ile sağlanır.

Tek cidarları uygulamalarının tersine, mekana giriş ve çıkışlarda hava kaçmasını önleyecek kontrollü geçişler veya kapılar gerekmez. Kompresörler artan rüzgar şiddetine göre daha çok çalışarak normalden fazla basınç yaratmalı ve böylece şişirne sistemi rüzgara karşı koyabilmelidir. İki cidarlı şişirne sistemler her ne kadar alçak veya yüksek basınçlı uygulanabilirse de yüksek basınçlı sistemler çoğunluktadır.

Kablolar yardımıyla membran yüzeyi daha küçük parçalara bölünerek, rüzgar etkisiyle dalgalanmaları bir ölçüde önenebilir. Yine kablolar yardımıyla şişirne taşıyıcı sistemlerin yüksekliği bastırılabilir. Bu şekilde ısıtma ve havalandırma gereksinmesi azalırken, iç basınç daha büyük tutulabilir.

4. TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ

4.1. Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Bir yapıyı inşa etmeye karar verince önce tasarım yapılır. Tasarlama mimari proje ile başlar. Yapının taşıyıcı sistemi de bu ilk çalışmalarda belirlenmelidir. Bunun için mimarlar, çoğu zaman taşıyıcı sistemin düzenlenmesi yanında malzemesini de seçerler. Bu sırada mimarların çeşitli seçenekleri inceleyip o binaya en uygun olan sistem ve malzemeleri seçebilmeleri için belli bir deneyi ve bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. Bu bilgiler arasında en üstün malzemeyi tanımlamak veya belli bir malzeme dışlamak olmalıdır. Her seferinde karşılaştırmalar yapıp söz konusu binaya ve çevre koşullarına en uygun olan seçilmelidir.

Bir yapının taşıyıcı sistemi nin tasarımı nda izlenecek aşamalar vardır. Bunlar;

- İsteklere en uygun yapı formu (çubuk sistem, plak, kabuk, kafes kiriş vb.) ve malzeme cinsi (betonarme, çelik, ahşap vb.) seçilir.
- Yapının formu ve kullanılacak malzeme ye göre bir taşıyıcı sistem şeması yapılır.
- Taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri belirlenir.
- Yapıya etki edecek yüklerin cins ve şiddetleri belirlenir. Bunun için yönetmeliklerden yararlanılır.
- Taşıyıcı sistemde yüklerden meydana gelen kesit tesirleri ve gerilmeler bulunur.
- Sınır gerilmeleri, elastisite modülü gibi deney sonuçlarına göre belirlenmiş olan malzemenin mekanik özellikleri saptanır.
- Gerilmelerin emniyet gerilmelerinden küçük olup olmadığı, yapıda yeterli bir rijitliğin bulunup bulunmadığı kontrol edilir. Uygunluğun sağlanmadığı durumlarda kesitler yeniden gözden geçirilerek hesaplar tekrarlanır.

İsteklere cevap verecek çeşitli sistem çözümleri vardır. Bunların arasından en ekonomik olanı seçilir.

4.2 Seçim Ölçütleri

Bu bölümde taşıyıcı sistemlerin en belirgin özelliklerini ifade eden ölçütlere yer verilmiştir. Bu ölçütler kullanıcılar tarafından öncelikli olarak göz önüne alınan ve aranan niteliklerdir. Aynı zamanda farklı tür taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılabilirliği için gerekli olan anahtar ölçütlere yer verilmeyle çalışılmıştır. Her bir başlıkta, farklı bir ölçüt hakkında bilgiler verilmiş, ilerleyen bölümde yer almakta olan karşılaştırma tablolarını açıklayıcı ön çalışma gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Dış Koşullara Dayanıklılık

Dış koşullara dayanıklılık yapının hizmet süresini belirleyen en önemli ölçütlerden biridir. Kullanılan yapı malzemesinin cinsi belirleyici etken olmakla beraber farklı tür taşıyıcı sistemlerde çeşitli tipte malzemelerin kullanılabilir olması genel bir hüküm vermeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle taşıyıcı sistem çeşidinin kararlaştırılması aşamasında ağırlıklı olarak kullanılacak yapı malzemesinin dikkate alınması gerekmektedir.

Ahşap malzeme bünyesinde yıkım etkisi olan böcek ve kurtçukların ahşap bünyesinde barınma ve üreme eylemlerini sürdürebilmeleri için ısı ve rutubetle doğrudan ilişkileri yoktur. Ancak +50 C°'nin üzerindeki sıcaklıklarda yaşamlarını sürdüremezler. Organizmaların yıkım etkilerine karşı bazı ahşap türleri, dokularının sıklığı nedeniyle daha dayanıklıdır. Ayrıca ahşabın bünyesindeki maddelerden bazıları organizmalar için zehirlidir. En etkinleri fenolik maddelerdir. Ahşap dokunun sıklığı ve zehirli maddelerin oranı, ahşabın doğal dayanımını belirler.

Ahşap malzeme organizmaların vereceği zararlara karşı korunmada organizmalara karşı zehirli olan kimyasal koruyucular kullanılır. Ahşabın bünyesindeki etkili ve kalıcı bir koruma uygulamak amacıyla çeşitli kimyasal maddelerin emdirilmesi işlemi genelde 'enprenye' olarak adlandırılmaktadır. Enprenye işlemi mantarlarla mücadelede ve yanmaya karşı uygulanmaktadır. Alman normları enprenyeli ahşap kullanıldığında kesitlerin %16 oranında düşürülmesini kabul etmektedir.

Betonarme inşaatın bakım, ahşap ve çelik inşaatı göre çok düşük olup, yok denecek kadar azdır. Hava şartlarına, su ve nem olan dayanım çelik ve ahşap yapılara göre daha iyidir. Dış ortamsertleşmiş betonu fiziksel ve kimyasal yönden hasara uğratar. Fiziksel etkenler arasında donma - çözülme, tekrar tekrar oluşan ıslanma ve

kurumayı, trafik araçlarının kum fırtınalarının, deniz ve ırmaqlarda meydana gelen dalgaların yaptığı aşınmaları sayabiliriz. Kimyasal etkenler arasında da asitli, sülfat, klorlu suların ve atmosferin varlığı bulunmaktadır. Ayrıca betonun iç yapısında mevcut ve zamanla ortaya çıkan kimyasal öğelerin tahribatı da unutulmamalıdır. Buna örnek alkali - agrega reaksiyonudur. Betonu hasara uğratan nedenlerden bazıları da biyolojik kökenlidir, betona zarar veren aerobik, anaerobik bakteriler, yosunlar da mevcuttur. [26]

Tüm dayanıklılık problemlerinde ilk çare olarak boşluk oranı düşük dolu bir beton üretimi önerilmektedir. Dolu bir beton mekanik yönden yüksek mukavemetli olması yanında aynı zamanda ilk akla gelen su ve buhar geçirimsizliği de.

Çelik yapıların korozyona karşı boyanması gerektiği veya ahşabın nem karşı korunmasının önemli bir masraf ortaya çıkardığı hatırlanırsa, betonarme yapıların bu bakımdan üstünlüğü daha kolay anlaşılır.

Korozyon yapısal çeliğin ciddi tehlike oluşturur. Korozyon tehdidi a) Rölatif nem % 60'ın üstüne çıkıyorsa, b) ziraat bölgesinde, c) endüstri bölgesinde d) deniz kenarında bulunur. Korozyonun önlenmesi için özel tedbir alınmalıdır. Tedbirler kısaca:

- 1- Boya ile korozyon önemi: Kimyasal veya mekanik yoldan çeliğin yüzeyi temizlendikten sonra kurşun veya çinko esaslı astar veya bitümlü boya ile örtülür.
- 2- Galvanizleme yolu ile korozyon önemi: Yüzey temizlendikten sonra kimyasal yoldan veya daldırma yoluyla galvanizlenir.
- 3- Aşımı yoluyla korozyon önemi.
- 4- Strüktürel tasarımda alınacak korozyon önemi.

Hafif çelik taşıyıcılarda kullanılan çelik sacın keskin ince olduğundan (gereğine göre 0.6 mm' den başlamak üzere), hafif çelik taşıyıcılar korozyondan daha çok zarar görürler. Bükme profil malatında kullanılan çelik sacında çoğunlukla daldırma galvaniz tekniği kullanılır.

Membran sistemlerde malzemenin cam elyaf örgülü, teflon kaplanmalı ve kablo takviyeli olması halinde dış koşullara dayanıklılık arttırılabilir ve uzun ömürlü sistemler oluşturulabilir.

4.2.2 Deprem Güvenliği

Orta şiddetteki bir depremde yapıda herhangi bir hasar oluşmaz, şiddetli bir depremde ise ana taşıyıcı sistem çökmez ve içerdeki insanların boşaltılması sağlanabilirse depreme dayanıklı yapıda amaçla ulaşılmış olur.

Depreme dayanımaçısından yapının uyması gereken iki koşul vardır:

- Yapı hafif olmalıdır.
- Yapı planda ve yüksekliği boyunca basit ve simetrik olmalıdır.

Taşıyıcı sistemin depremde hasar görmesindeki nedenler önem sırasına göre;

- a) Taşıyıcı sistemin iyi düzenlenmemiş olması,
- b) Malzeme dayanımlarının düşük olması,
- c) Yapısal ayrıntılara dikkat edilmemiş olması,
- d) Statik hesaplarının yeterli olmaması, olarak sıralanabilir.

Buradan, yapısal esaslara uymamanın statik çözümlerlemeden önce gelen bir hasar nedeni olduğu anlaşılmaktadır.

Yurdumuzun çok büyük bir bölümü deprem bölgesi olduğu için yığma duvarların kalınlıkları ve kapı pencere gibi açıklıklara özen göstermek gerekir.

İskelet sistemlerde hem taşıma hem eğilme karşı direnci yüksek malzemelerle bir taşıyıcı iskelet elde edildiği ve diğerk duvarlar yalnız kendilerini taşıyan elemanlar olduğu için iskelet yapılar yığma yapılardan daha hafiftir ve hafiflik yüzünden depreme karşı dirençleri yükselir.

Ahşapta taşıyıcı sistemlerin depremandaki davranışının diğerk sistemlere oranla daha başarılı olduğu bilinmektedir; hafiflik aynı zamanda, yatay kuvvetleri de azaltmaktadır. Yüksek bir sağlamlık/ağırlık oranına sahip olan ahşap ile depreme daha dayanıklı yapılar üretilebilir. Ancak ahşap taşıyıcı sistemlerin dört kata kadar başarılı olduğu unutulmamalıdır. [20]

Betonarme iskelet bir yapı çelik veya ahşap iskelet bir yapıya oranla daha ağırdır. Betonarme iskelet sistemde, ancak ön üretilerle ön gerilme birleştirildiğiz zaman daha hafif elemanlar üretilebilir. Betonarmenin ağırlığına göre dayanımının düşük olması ağır yapı elemanlarını ortaya çıkarır. Bu ise yapıya sabit yük olarak etkir ve elemanlarda ilave zorlamalar oluşturur.

Çeliğin büyük bir şekil değiştirebilme sığası olan, betonarme ye göre en az on sekiz kat fazla sünek bir malzeme olması, depremde enerji yutması ve bazı biçim bozukluklarına uğrasa bile yıkılmayabilme olanağını sağlar. [2]

Çelik, ahşap ve alüminyum hariç diğer bütün yapı malzemelerinden daha hafif yapılara götürür. Örnek olarak, döşemesi geleneksel biçimde betonarme plaklı ve duvarları hafif kagir de olsa, çelikskeletli bir yapı betonarme iskeletli ye göre ancak yüzde elli ile elli beş ağırlıktadır. Deprem açısından aktif bölgelerde çeliğin betonarme ye karşı üstünlüğü tartışılmaz seviyededir.

Betonarme kabuklarının depremaçısından en büyük avantajı hafiflikleridir. Hafiflikten dolayı yapıya etkiyen depremkuvveti azalmaktadır.

Tek cıdarlı bir şişme yapıda herhangi depremgibi bir nedenle hava kaynağı yetersiz duruma geldiğinde ya da bir delik açıldığında membran hafifliği nedeniyle sistem çok yavaş olarak söner. Bu sönmeye olayı bazı durumlarda günlerce sürebildiğinden hiçbir zaman yaşanmasal bir tehlike oluşmaz.

4.2.3 Yangın Güvenliği

Yangın dayanımını belirleyen faktörler yapıda kullanılan malzemelerdir. Ahşap konstrüksiyon sisteminin yangında mukavemet gösterme kabiliyeti kesitine bağlıdır ve bu değer en fazla 1 - 1,5 saattir. Kesit arttıkça mukavemet artmaktadır. Eğer ağaç içine gizli (ankastre) çelik bağlantılar yapılacaksa o zaman yangına mukavemet önemli ölçüde artar. Çelik bağlantılar dıştan uygulanırsa o zaman yangına dayanıklı malzemelerle kaplanması gerekir. Ahşap yapı elemanlarında budak ve çatlaklardan sakınmak gerekir, çünkü bu olumsuz etkenler yangının etkisini artırır ve ahşabın mukavemetini düşürür. [25]

Genel kanının aksine tutkallı ahşap yangın direnci en yüksek yapı elemanıdır; yangında taşıma yeteneğini en geç kaybeden yapı elemanıdır. Yalın çelik yangın sürecinde 15 dakikada doğal şeklini ve taşıma yeteneğini kaybeder. Aynı zamanda çok iyi bir iletici olduğu için ısını yayılmasını da hızlandırır. Beton, çelikten iyi olmasına karşın, demir donatısının beton içindeki pas payı ortadan kalktığı anda, inşaat demiri çelik yapıdaki gibi iletken olmakta ve yaklaşık 30 dakika sonra taşıma özellikleri ortadan kalkmakta ve bir daha kullanılmamaktadır. Ancak, ahşabın statik hesaba göre aldığı minimum kesit, yangın anda minimum 30 dakika yangın direnci sağlamaktadır. [21]

Betonarme yapılarda kolon, kiriş gibi çubuk elemanların kesit boyutları ve perde, plak, kabuk gibi yüzeysel elemanların kalınlıkları ve her iki grubunda pas payları yangına karşı koyma göstergesini kontrol etmektedir. Betonun cinsi de (hafif, ağır) ek bir faktör olmaktadır. Betonarme yapılarda eleman kalınlığı ve pas payının yangın göz önünde tutularak belirlenmesi yerinde olacaktır. Beton pas payının özellikle kolonlarda en az 4 cm olması uygun olacaktır. [22]

Yüksek ısı çelikte elastisite modülü ve akma limitini azaltır. Böylece çelik taşıyıcı sistemler büyük deplasmanlara maruz kalarak dayanımlarını yitirirler. Çelik yapıların yangına karşı sıvama, kaplama, beton içine alma gibi yöntemlerle korunmaları gerektir. Bu konuda enteresan bir uygulama da çelik elemanların borudan imal edilip içlerinin su ile doldurulmasıdır. Böylece ısı yükselme hızı azaltılmış olmaktadır. Sıcaklığa taşıyıcı profillerden uzak tutulabilmesi için mantolama yapılır. Mantolama için kullanılan malzemeler yanma sırasında zehirli gazlar veya aşırı duman çıkartmamalıdır. Taşıyıcı sistemin yangından korunması iç kaplamalarda alçı levha kullanılarak sağlanabilmektedir. Ayrıca galvanizli saçların yangın sırasında zehirli gaz çıkardığı göz ardı edilmelidir. [23]

Yangına karşı korunmamış durumda olan bir çelik direnci süratle düşer. Bu sebeple bir yanındaki dengesi bozulan bina süratle çöker. Patlamalar dışında, zeminde oturma gibi sebeplerle çökmeekte olan bir betonarme iskelet yapı, çatlakların görünmesi, çatlakların büyümesi ve çökme gibi bir zaman süreci içinde gelişen, adeta çökeceğini önceden bildiren bir gelişme geçirir.

Hafif çelik sistem bir veya iki katlı konut yapısında kullanılıyor ise yanmakta olan yapıdan dışarıya kolaylıkla çıkar. Yangın güvenliğindeki prensip yapıyı bir an önce terk etmektir.

Günümüzde şişirme sistemlerdeki membranlar yangın dayanımını artıran maddelerle kaplanarak korunmaktadır.

4.2.4 Rüzgar Dayanımı

Yüksek katlı yapılarda çok önemli olan rüzgarın dinamik etkisi, betonarme yapıya oranla daha hafif ve deformasyon kabiliyetinin daha çok olması nedeniyle, çelik yapıda çok daha fazla sorun yaratmaktadır. Betonarme yapılar ve yığma yapılar daha rijit olduklarından kullanma durumunda rahatsız edici büyük yer değiştirmeler ortaya çıkmaz.

Asma sistemler, hafiflikleri ve eğilme rijitliklerinin çok az olması nedeniyle rüzgar gibi statik olmayan yükler etkisinde büyük ölçüde yer değiştirebilirler. Bu asma sistemlerinin olumsuz yanıdır. Kablo ağırları, rüzgar direncinden ötürü, merkezi geniş hacimler, büyük açıklıklar için en fazla uygulanan asma sistem çeşididir.

Çadırların rüzgar etkisi altında dengesiz, kontrol edilmesi zor olan titreşim eğiliminden ötürü, büyük ve serbest açıklıklı mekanlarda ve yapılarda kullanılması uzun süre gecikmiş ve ancak 20. yüzyıl da gerçekleşebilmiştir.

Rüzgar şişirme yapıları etkileyen dış etkenlerin başında gelir. Rüzgarın sürati arttıkça dışa direnci artırmak için büyük bir iç basınç gerekmektedir. Şişirme sistemlerde kompresörler artan rüzgar şiddetine göre daha çok çalışarak normalden fazla basınç yaratmalı ve böylece şişirme sistemi rüzgara karşı koyabilmelidir. Kablo lar yardımıyla şişirme sistemlerinin membran yüzeyi daha küçük parçalara bölünerek, rüzgar etkisiyle dalgalanmaları bir ölçüde önenebilir.

4.2.5. Yapı Enerjisi

Yapı enerjisi, yapının inşaatı sırasında inşaat alanında harcanan enerjiyi ifade etmektedir.

Yığma ve ahşap yapılar kısa süre içinde ve genellikle makine kullanımına gerek kalmadan inşa edildiğinden yapı enerjisi ihtiyacı oldukça düşüktür.

Betonarme yapılar, yerinde yapı tekniğiyle monolitik üretildiği gibi sonradan şantiyede montajı yapılmak üzere fabrikada da üretilebilir. Fabrikada üretimi çok sayıda bulunan betonarme yapı elemanlarının ve parçalarının ekonomisi, hız ve kontrol kolaylığı sağladığından tercih edilen bir yapı yöntemidir. Bu sayede inşaat sırasında fazla enerji harcamadan yapı işlemini gerçekleştirilebilir.

Çelik yapıların inşaatı sırasında ağırlıklı olarak kaynaklama tekniği kullanıldığından yapı enerjisi yüksek değerlere ulaşabilmektedir.

4.2.6. Malzeme Üretim Enerjisi

Malzeme üretim enerjisi, yapıda kullanılacak malzemelerin üretilmesi için harcanan enerjidir. Yığma yapılarda ve betonarme yapılarda kullanılan tuğlanın ısıtma işlemine tabii tutulması gerekmektedir.

Tutkallı ahşaplarda, yapı elemanının ürettiğinde çok düşük enerji kullanılmaktadır (yakıt ve elektrik enerjisi). Tüm bunlar genel anlamda enerji tasarrufunu arttırmaktadır. Kurutma ve böceklerden korunma tekniğinin fırında ısı ile kurutma şeklinde yapılması nedeni ile zehir veya benzeri sentetik kimyasallar kullanılması da ekolojik açıdan önemli bir unsurdur.

Betonarmeyi oluşturan maddelerden biri olan çimentonun üretimi sırasında yakıt ya da elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Çelik malzemenin üretimi sırasında fırınlarda yüksek miktarda enerji harcanmaktadır. Bu işlemler sırasında katı ve gaz atıklar da meydana çıkmaktadır.

4.2.7. Malzemenin Yeniden Kullanım

Malzemenin yeniden kullanımı başlığı altında en yaygın olarak kullanılan üç yapı malzemesi olan ahşap, beton ve çelikin incelenmiştir.

Bir ahşap veya çelik sistemi sökme, az bir kayıpla başka bir yerde kurmak ya da çıkan malzeme yeni bir inşaatda kullanmak, sistemin biçimini değiştirmek, ekler yapmak mümkün ve kolay olmasına karşılık bir betonarme sistemi kısmen veya tamamen sökme, çıkan malzeme bir başka yapıda kullanmak ya da yeni mesnetler ekleyerek taşıma gücünü arttırmak, taşıma biçimini ve sistemini değiştirmek olanak dışıdır.

Çelik bir yapı herhangi bir nedenle yıkılsa ve enkaz haline gelse, yani içindeki çelik malzeme artık kullanılmayacak hurda niteliğinde olsa bile gene bir değeri vardır. Hurda fiyatına satılarak paraya çevrilme suretiyle önemli bir gelir sağlanabilir. Buna karşılık betonarme iskelet yıkıldığında bir moloz yığını haline gelir, içinden çıkarılabilecek demir ise çoğu zaman yıkmaya masraflarını bile karşılamaz.

Hafif profiller eritilip tekrar başka bir imalatda kullanılabilirler. Her türlü çelik söküldükten sonra % 100 geri kazanılabilir ve tekrar kullanılabilir. Günümüzde kullanılan çeliğin % 50 si dönüştürülmüş malzeme, % 50 si cevherdendir. Yapılan çalışmalar geriye kazanılabilen plastik, alüminyum, kağıt, cam gibi malzemelerden çeliğin % 55,1 ile en fazla oranda geriye kazanıldığını göstermiştir. Diğer malzemelerin geri kazanılma yüzdeleri ise Tablo 4.1’de verildiği gibidir:

Tablo 4.1. Farklı malzemelerin geri kazanı oranları [23]

Malzeme	Geri Kazanım Oranı
Plastik	% 6,8
Alüminyum	% 38,3
Kağıt	% 40,7
Cam	% 43,2
Çelik	% 55,1

4.2.8 Kat Sayısı

Kat sayısı yapıların kullanıma macını belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Daha çok konut amaçlı yapılarda kat sayısının yüksek olması tercih edilmektedir. Özellikle yüksek, çok katlı yapıların yağma sistemi ile inşa edilmeleri alt duvarların büyük ölçüde genişlemelerine, yapıların gereksiz yere ağırlaşmalarına yol açmaktadır. Ayrıca bütün kat duvarlarının birbiri üstüne gelmesi zorunluluğu vardır. Topografyası dümlüz ve depremle ilişkisi olmayan ülkelerde on kat ve daha fazla tuğla yağma yapılara rastlanmaktadır.

Ahşap karkas binaların yükseklik sınırı olduğundan bu yapılar dört kata kadar olan sistemlerde yaygındır. Betonarme iskelet bir yapı çelik veya ahşap iskelet bir yapıya oranla daha ağırdır. Çürük zemlerde ve çok yüksek katlı yapılarda bu ağırlık büyük önem kazanır. Gökdelenler gibi yüksek yapılar bu yüzden çelik iskelet yapılıdır.

Günümüzde asma sistemler genel olarak tek katlı yapılarda kullanılmasına karşın, çok katlı yapılarda da uygulanmaktadır. Bu durumda, asma sistem bir yardımcı eleman vazifesi görür. Membran sistemler de yaygın şekilde tek katlı olarak kullanılmaktadır.

4.2.9 Geçilecek Açıklıklar

Düşey yapı elemanları kullanmadan ve hacimleri bölmeden geçilebilecek açıklıklar, yapıların kullanıma macıları açısından önem kazanmaktadır.

Doğal çimento ile yapılan betonun da kullanıldığı dönemlerde büyük açıklıklar kenarlarla geçilmiş, örtü elemanı olarak kubbe ve tonozlar kullanılmıştır. Günümüzde tabakalı tutkallı sistemler ile çelik taşıyıcı sistemlerle geçilen açıklıklar geçilebilmektedir.

Katlanmış plaklarda, plaklar birbirlerini burkulmaya karşı rijitleştirdiği için büyük açıklıklar ince levhalarla kirişsiz olarak ekonomik şekilde geçilebilir. Betonarme katlanmış plaklar oldukça ekonomiktir. Çelik ve alüminyum yüksek mukavemetlerine karşı levha olarak kullanıldıklarında buruşma tehlikesi boyutlarını sınırlandırır. Bu nedenle çelik kafes taşıyıcılarla oluşturulan katlanmış plaklar daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Betonarme kabuklar, hafif, malzeme açısından ekonomik, estetik ve strüktürel etkinliklerine karşın yapılarındaki güçlükler nedeniyle yaygın olarak uygulanmamaktadır. Kabuk tasarımı yüzey eğrisinin sürekli olması önemlidir.

Asma sistemler büyük açıklıkları kolonsuz geçmek için başarı ile kullanılan yöntemlerden biridir. Eğri biçimlerinin yarattığı taşıyıcılık üstünlüğüne ek olarak kabloların yalnızca çekme etkisinde olmaları asma sistemleri büyük açıklıkların geçilmesinde en etkili sistemlerden biri durumuna getirmektedir.

Çadır (açık membran) sistemlerinin hem taşıma hem örtme görevini bir arada yürütebilmesi, ancak küçük açıklıklarda mümkün olabilmektedir. Camelyaf örgülü, teflon kaplamalı, kablo takviyeli tek cidarlı şişirme sistemler, uzun ömürlerinin yanı sıra 500 m'lik açıklıklara kadar yapılabilir.

Tablo 4.2 Taşıyıcı sistemler ve ekonomik olarak geçebilecekleri açıklıklar [3]

Sistem Tipi	Geçilen Açıklık (m)
Plak	0 - 7
Kirişli Plak	7 - 13
Nervürlü Plak	9 - 18
Düzlem Kafes Kiriş	14 - 30
Keçer	18 - 30
Katlanmış Plak	25 - 50
Uzay Kafes	25 - 100
Tonoz	60 - 150
Hiperbolik Paraboloid Kabuk	60 - 200
Şişirme Sistem	40 - 500
Kablo Ağı Asma Sistem	80 - 500

Tablo 4.2’de taşıyıcı sistemler ile ekonomik olarak geçebildikleri açıklıklar ve en fazla geçebilecekleri açıklıklar malzeme türü belirtilmeden verilmiştir. Genellikle çelik kullanıldığında ve çelik ya da betonarmeye öngerilme uygulandığında geçilen açıklık büyüktür.

4.2.10. Kullanılabilir İç Hacı m

Kullanmakta olduğumuz yapılardan aldığımız verileri gösteren değerlerden biri de toplam hacim/ kullanılabilir iç hacim oranıdır. Yığma yapılarda alt kata doğru genişleyen duvar kalınlıkları nedeniyle yararlı alan kaybı olmaktadır. İskelet yapılarda bütün kat planları çok ince duvarlar kullanarak elde edildiği için yararlı alan kaybı olmaz. Yığma inşaatlarda alt kata doğru genişleyen duvar kalınlıkları nedeniyle yararlı alan kaybı olmaktadır.

İskelet sistemlerde çelik yapı elemanları kullanıldığında betonarme göre kolon kesitleri önemli oranda küçülür ve bir kattaki kullanılabilir alan miktarını arttırmaktadır.

Betonarme kabuklar, katlanmış plaklar, asma sistemler ve membran sistemlerde büyük alanlar direksiz olarak geçilebilir ve çok geniş kullanım alanları oluşturulabilir. Bu yapıların kullanılabilir iç hacimleri diğer sistemlere nazaran son derece yüksektir.

4.2.11. Dış Görünüm

Betonarmenin en önemli özelliklerinden biri malzemenin, döşeme, kiriş, kolon yanında kemer ve kabuk gibi çok değişik şekillerde dökülebilmesidir. Şekil verme kolaylığından dolayı estetik ağırlıklı mimari isteklerin kolaylıkla gerçekleştirilmesini sağlar. Örneğin değişik şekillerde yüzeysel taşıyıcı elemanları kalıbının yapılmışıyla betonarme olarak elde etmek mümkündür. Kargir inşaatla göre daha narin yapılar gerçekleştirilebilir ve daha küçük boyutlar kullanmak imkanı dahilindedir.

Çelik sistemlerin şekillendirilmesi oldukça zordur. Bu yapılarda kaynaklama ve bulundurma teknikleri kullanıldığından ve genellikle düz profiller tercih edildiğinden sıradışı şekiller oluşturabilir pek mümkün değildir.

Asma sistemlerin dış görünüşlerini değişik bir biçimde, yapı blokları içinde etkileyici bir görünüme sahip olduğu ve bu sebeple pek çok yapıcının asma sistemleri kullanmaya istekli olduğu görülmüştür.

Kabuk inşaatlar ince cidarları ile pek güzel ve zarif yapılar vermektedir, ince kabuklar aynı zamanda çok büyük bir malzeme ekonomisi sağlamaktadır. Kabukların hafifliği, donatıda ve temellerde ekonomikliği sağlanmasında da etkin rol oynar.

Şişirme sistemler dikkat çekici dış görünümleri nedeniyle etkileyici şekilde reklam aracı olarak da kullanılabilir.

4.2.12. Değiştirilebilirlik

Yapının kullanıma macının değişmesi veya ihtiyaçları karşılamaması durumunda ek bölümler ve/veya güçlendirme yapılması gerekebilir.

Ahşap taşıyıcı sistemlerde tasarımın değişebilirliği mümkündür. Çelik çok katlı yapılarda değişen ihtiyaçları karşılamak amacıyla ile değişiklik yapmak, ana taşıyıcı sistemin veya döşeme sisteminin yük taşıma kapasitesini arttırmak veya bir merdiven ilavesi için mevcut döşemelerde delik açmak gibi tadilatlar hem ucuz ve hem de kolay olarak gerçekleştirilebilir.

Çelik çerçeve sistemi ile birlikte kullanılan döşeme sistemlerinin asma tavan sistemi ile arasında kalan boşluktan, tüm yapı için gerekli tesisatın, havalandırma ve ısıtma kanallarının geçirilmesi mümkündür. Betonarme kullanılması halinde, bütün bu tesisat kanallarının betonarme döşeme üzerine yerleştirilmesi ve üzerlerine uygun kalınlıkta bir beton tabakası dökülmesi gerekmektedir. Bu ise pahalı ve esnek olmayan bir çözümdür. Halbuki çelik kullanılması halinde, mevcut tesisatta değişen ihtiyaçlar karşısında gerekli tadilatı yapmak oldukça kolaydır.

4.2.13. Sökülüp Taşınabilirlik İnkam

Bazı durumlarda yapıların yer değiştirilmesi söz konusu olabilir. Özellikle geçici konutların, sergi, konser, spor vb amaçlı yapıların taşınabilir olması çok büyük faydalar sağlamaktadır.

Ahşap ve çelikten yapılmış yapılar bu açıdan önemli bir avantaja sahiptir. Bu malzemeler çok fazla zayıf vermeden sökülebilir ve yeniden bir araya getirilebilirler. Bunun nedeni montaj sırasında bulunma ve kaynaklama tekniklerinin kullanılmasıdır.

Betonarme yapılar kalıp kullanılarak ve donatı üzerine beton dökülerek elde edildiğinden bu yapıların parçalara ayrılması mümkün değildir. Prefabrike esaslı

olarak oluşturulan bir betonarme yapı parçalara ayrılabilir bu parçaların taşınması ve tekrar bir araya getirilmesi son derece zordur.

Asma yapılar çelik malzeme kullanılarak elde edildiklerinde, gerekli önlemler alındığı takdirde sökülüp taşınabilir inşaatına sahiptir.

Şişirme yapılar süratle inşa edilmeleri söndürülüp toplandığında çok küçük meleri ve birkaç m³ hacme sığmaları, bu şekilde kolayca taşınabilir meleri, götürüldükleri yere bir kaç gün ya da saat içinde tekrar şişirilerek kurulabilir meleri gibi üstünlüklere sahiptirler.

4.2.14. Yapı Maliyeti

Yapı maliyeti çok geniş bir konu olmakla beraber; kabaca malzeme, işçilik, nakliyat ve teçhizat masraflarını kapsamaktadır.

Ahşap yapı malzemesi hafif olduğundan dolayı nakil aşamasında kolaylıklar sağlamaktadır. Böylelikle nakil harcamaları düşmektedir. Seçilen açıklığın büyüklüğü ile sistemin maliyeti doğru orantılıdır. Geçilen açıklık büyüdükçe nakil süreci de zorlaşmaktadır. Bunun sebebi uzun yapı elemanlarının taşınması sürecinde bu taşıma uygun araç ve yardımcı ekipmanları gerektirmesidir.

Betonarme, kum çakıl gibi her ülkede kolayca bulunan yapı malzemesinden elde edilir, inşası kolaydır. Kalifiye işçiye gereksinim az orandadır. Diğer taraftan, taze betonun sertleşinceye kadar yerinde tutulabilmesi için kalıp ve bunun desteklenmesi için iskele ihtiyacı vardır. Kalıp maliyeti betonarme inşaatla önemli yer tutar. Kalıp ve iskele malzemesi ve bunun hazırlanması için yapılan sarfiyat toplam maliyetin yarısına yaklaşabilir.

Bu sakınca elemanların standart boyutlara getirilmesi ve yeniden kullanımı fazla olan kalıp kullanımıyla azaltılabilir. Seri üretimin ekonomik avantajları betonarme taşıyıcı sistemlerin üretiminde kullanılır. Betonarme taşıyıcıları, şantiyede birleştirmek üzere ön üretimi olarak üretmek kalıp açısından büyük bir ekonomi sağlar. Fabrikadaki üretimde zamandan sağlanan kazanç prefabrik üretimin daha ekonomik olmasını sağlar. Çalışma şartlarını zorlaştıran veya önleyen hava koşulları fabrika ortamını etkileyemez. Buharla sağlanan kür ortamı fabrikada daha kolaydır. Daha iyi kalıplama ve kontrol imkanı betonarme taşıyıcı elemanların daha kaliteli üretilmesini sağlar.

Yararlarının yanında, ön üreti m bet onar ne taşı yıcı lar iç in dezavantajlara da sahiptir. Büyük ve ağır betonarme ele manların taşınması ve şantiyede birleştirilmesi en öne mli iki sorundur. Ön üreti mli ele manların ağırlık ve hacimleri nin küçült ül mesi nakli yede maliyeti azaltılabilir. Ön üreti mile ön geril ne birleştirildi ğ i za man daha hafif ele manlar üretilebilir.

Bazı hallerde çok katlı yüksek yapılarda bet onar neni n terci h ediliş i ni n bir nedeni, yapı yüksekli ğ i ni n aynı kat sayısındaki çelik yapıya göre daha az olabil mesi (%40); bu nedenle de yapı malze mesinden tasarruf edilebil mesi dir. Bunun nedeni, bet onar ne yapı da kirişsiz döşe me sistemi kullanıldı ğ ında, döşe me kalınlı ğ ı 20 - 25 c m ci varında olabılırken, çelik yapı da döşe me kirişleri ve üzerindeki düşe me sistemi ni n topla m kalınlı ğ ı 60 c mci varına ulaşabil mesi dir.

Otopark, otel ve konut fonksiyonundaki çok katlı yapılarda daha ziyade bet onar ne terci h edil mektedir. Bunun nedeni; bu tür yapılarda bet onar ne döşe menin alt yüzü alt katın tavanı olarak kullanılabil mekte, böylece bir asma tavan sistemi gerek me mektedir. Çünkü bu tür yapılarda, işyeri fonksiyonundaki çok katlı yapılar da oldu ğ u gibi döşe me altına yerleştiril mesi gereken tesisat kanallarına, havalandır ma veya ısıt ma kanallarına i htiyâç yoktur. Hâlbuki , eğer otel veya konut fonksiyonundaki çok katlı yapılar çelik konstrüksiyon olarak i mal edilirse, projeci sadece çelik kirişleri saklamak a macıyla asma tavan kullan ma mecburiyetinde kalacaktır. Öe yandan, çelik yüksek yapı nın yangına karşı korunması iç in alınması gereken tedbirler, bet onar neye göre daha pahalıdır.

Çelik yapıların korozyona karşı boyanması gerekti ğ i veya ahşabın ne me karşı korunması nın öne mli bir masraf ortaya çı kar dı ğ ı hatırlanırsa, bet onar ne yapıların bu bakı mdan üst ünl ü ğ ü daha kolay anlaşılır.

Kabukların en öne mli özelli ğ i olan hafiflik hem te neller, hem donatıml arda çok büyük ekonomi sağ la masına yol açar. Buna karşılık çelik donatı ve kalıp işçili ğ i nde kusursuzluk iste ğ i maliyeti artır maktadır.

Katlanmış plaklar düz yüzeyler den oluşt ukları iç in kalıp gi derleri kabuklara göre çok daha azdır.

Şişir ne yapılar ise bilinen klasik geleneksel yapı türlerine oranla çok ucuza mal olurlar ve herhangi bir şekilde hasar gör meleri halinde tamir edil meleri kolay ve basittir.

4.2.15. İşletme Masrafları

Yapım maliyeti ilk aşamada daha çok dikkat çekmektedir. Ancak yapı m sona erdikten sonra karşılaşılan ve yapının zaman içinde neden olduğu masraflar bazen daha önemli değerlere ulaşabilmektedir. Bu nedenle karşılaştırılması gereken değer toplam yapı maliyeti dir.

Ahşabın avantajı bakım maliyetinin azlığıdır. Uygun ve periyodik bir şekilde bakılması onu uzun yıllar kullanılır kılar. Betonarme inşaatın bakım, ahşap ve çelik inşaatı göre çok düşük olup, yok denecek kadar azdır.

Su veya bir kimyasal maddeyle ilişki, çelik malzeme de paslanma (korozyon) olayını başlatır. Bunu önlemek için çelik elemanlar boyanmalı, periyodik boya bakım yapılmalıdır. Bu husus çelik yapının bakım (işletme) giderlerini arttırır. Örneğin çelik iskelet bir yapı olan Eiffel Kulesi devamlı olarak paslanmaya karşı korunmak için boyanmaya gerek duyar.

Tek cidarlı şişirme sistemlerde basınç fazlalığı, kompresörler yardımıyla sağlanır. Sürekli olmasa da ara ara kompresörlerin çalışması şarttır. Basınç farkının korunabilmesi için giriş ve çıkışların kontrollü olması gerekmektedir, başka bir deyişle, dış kapılarda hava kaçmasını en aza indirecek önlemler alınmalıdır. Aynı hava pompalanması ısınmış bir mekana, soğuk hava girişi de nek olduğundan, aynı zamanda ısıtma giderlerini de etkileyen bir faktördür. Bazı durumlarda dış çeperde kablo kullanılarak, hem membranın gerilmesi azaltılmakta, hem de iç mekân hacmi ve yüksekliğinin aşırı büyümesi önlenmektedir. Böylece ısıtma ve havalandırma giderleri de azaltılabilir.

İki cidarlı şişirme sistemlerde mekân giriş ve çıkışlarda hava kaçmasını önleyecek kontrollü geçişler veya kapılar gerekmektedir.

4.2.16. İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi

İşçilik ve iş makinesi gereksinimi yapı m maliyetini etkileyen faktörlerdir. Yapılan çalışmanın sıra dışı olması halinde hem bu işi gerçekleştirecek işçinin alacağı ücret fazla olacak hem de bu tip kalifiye bir işçiyi bulmak daha zorlaşacaktır. Yapı m tekniklerinin değişkenlik göstermesi, bazı durumlarda özel ekipmanlar ve makineler kullanılması gerektirmektedir.

Tutkalı tabakalı ahşabın ön üretimi, kesitlerin büyük olmasından dolayı fabrikalarda gerçekleştirilir. Ön üretim şantiyedeki işleri hafifletir ve inşaat hız kazandırır. Şantiyede genel de değişik büyüklükte mobil vinçler kullanılır. Yine de ahşabın kolay işlenebilirliğini düşündüğümüzde montajın beton veya çelik eleman montajına göre daha rahat çözümlenebileceğini söylemek mümkündür.

Betonarme nin inşası kolaydır. Kalifiye işçiye gereksinime az orandadır. Betonarme yapı yekpare olarak inşa edildiğinden dolayı çelik ve ahşap yapılarda düzenlenmesinde ek bir özen gerektiren birleşim bölgelerini oluşturmak basittir.

Çelik konstrüksiyonun betonarme konstrüksiyona göre gerçek zorluğu, gerek projelendirme ve gerekse imalat ve montaj gibi inşaat aşamalarında, çok daha vasıflı teknik eleman gerektirir. Sıradan bir mühendis ve usta, sıradan bir atölye, çelik konstrüksiyon hesabı, imalat ve montajı yapamaz.

Kabuk yapılar ne beton dökümünde, ne teçhizatla, ne de kalıpta en küçük hataları bile kabul etmemektedir. Bu yüzden kabuk kalıplarının imalinde bir doğramacı işçiliği değil, çok dikkatli ve hassas bir nevi mobilya imalatı söz konusu olmaktadır.

Şişirme yapılar kolay bir şekilde ve süratle inşa edilebilmekte, söndürülüp toplandığında çok küçük hacimler kaplayıp kolayca taşınabilmektedirler.

4.2.17. Yapım Süresi

Yapım süresi, gerçekleştirilen yatırımların karşılığı nın ne kadar zamanda alınacağını gösterdiğinden oldukça önemli bir ölçüttür. Toplam yapı maliyetinin yanında yapıım süresinin de göz önüne alınması, sağlıklı bir karşılaştırma yapabilmek için gerek şarttır. Yapının süratle tamamlanıp kullanılabilir hale gelmesi toplam proje maliyetini etkileyen bir faktördür.

Çok katlı olarak gerçekleştirilemeyen yığma ve ahşap yapılar kısa sürede tamamlanmaktadır. Yüksek çok katlı çelik yapıların gerçekleştirilmesi hava ve şantiye koşullarından etkilenmediği için betonarme çok katlı yapılara nazaran çok daha çabuk olur. İmalat, daha ziyade atölye koşullarında gerçekleştiği için kötü hava koşullarından hem zamanlanma ve hem de kalite açısından etkilenmez. Aynı kapalı alana sahip bir betonarme binaya göre çelik taşıyıcılı bir binanın yapıım süresini yarıya, üçte birine indirmek mümkündür.

Betonarme kabuklar oldukça hassas işçilik gerektiren ve en ufak hatalara izin vermeyen yapılar olduklarından yapı süreleri nispeten uzundur.

Şişirme yapılar süratle inşa edilmeleri söndürülüp toplandığında çok küçük meleri ve birkaç m³ hacme sığmaları, bu şekilde kolayca taşınabilmeleri, götürüldükleri yere birkaç gün ya da saat içinde tekrar şişirilerek kurulabilmeleri gibi üstünlüklere sahiptirler.

4.2.18. Kullanım Ömrü

Yapı süresi, inşaişlenini gerçekleştirenler için ne derece önemli ise kullanım ömrü de bu yapıyı kullanacak olanlar için o derece önemlidir. Yapıcı yaptığı masrafın karşılığını en kısa sürede almayı isterken kullanıcılar ödedikleri bedelin karşılığını en uzun kullanım ömrü şeklinde almak isteyeceklerdir.

Kargir yapıların kullanım ömrü oldukça uzundur. Ahşap yapıların kullanım ömrü uygulanan bakım ve çevre şartlarına bağlı olarak oldukça değişkendir.

Diğer yapılarla kıyas edildiğinde, betonarme yapılar çok uzun kullanma ömrüne sahiptirler. Normal şartlarda betonarme yük taşıma gücünden herhangi bir şey kaybetmeksizin, süresiz kullanılabilir. Gerçekte de betonun dayanım zamanla azalmaz, tamaksine artar.

Çelik sistemlerde zaman içinde yorulma sonucu deformasyonlar gözlenebilmektedir. Bu sistemlerin kullanım ömrünü belirleyen en önemli faktör kullanım sırasında gerçekleştirilen bakım sıklığı ve kalitesidir.

Şişirme sistemlerle taşınabilir binalar, geçici binalar, acil afet binaları, askeri, ticari, sosyal binalar yapılabilir. Membran malzemelerinin ömürlerini kısaldığından ötürü en uygun uygulama alanları, geçici yapılar olmaktadır. Günümüzde membranlar, radyasyonu azaltan koruyucu maddelerle kaplanarak korunmakta ve ömürleri on yılın üzerine çıkarılmış bulunmaktadır.

4.3. Öçütleri Özetleyen Tablolar

Anlatılmış olan tüm ölçütlerin ve taşıyıcı sistem türlerinin bir arada kolay bir şekilde görülebilmesi için basit ve açıklayıcı tablolar hazırlanmıştır. Bu tablolarda ölçütlerin farklı sistemler için aldığı değerler sayısal büyüklükler olarak verilmiş, sadece birbirleri arasında kıyaslanabilirliği için ‘iyi-orta-kötü’ türünden değerler

verilmiştir. Bu nedenle ölçütlerin aldığı değerler yaklaşık değerler olarak kabul edilmeli ve tüm sistemi si ngeleyen bir değer olarak varsayıldığı unutulmamalıdır. Bu tablolar da amaçlanan taşıyıcı sistem türleri arasında kıyaslanma yapılabilmesidir.

Hazırlanmış olan ilk tabloda, ölçütlere karşılık gelen değerler, tüm taşıyıcı sistemler bir katlı varsayılarak verilmiştir. İkinci tabloda ise birden fazla katlı olarak yapılabilen taşıyıcı sistem türleri değerlendirilmiştir.

Tablo 4.3. Bir kat olarak düşünülen taşıyıcı sistemlerin farklı ölçütlere göre karşılaştırılması

SEÇİM ÖLÇÜTLERİ		TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ												
		YĞMA		İSKELET			BETONARME		KATLANMIŞ PLAK		ASMA		MEMBRAN	
		Ahşap	Tuğla	Ahşap	Betonarme	Çelik	KABUK	Ahşap	Betonarme		Açık	Kapalı		
MEKANİK	Dış Koşullara Dayanıklılık Deprem Güvenliği Yangın Güvenliği Rüzgar Dayanımı	Düşük Yüksek Düşük Orta	Yüksek Düşük Yüksek Yüksek	Düşük Yüksek Düşük Orta	Orta Yüksek Yüksek Yüksek	Düşük Yüksek Düşük Yüksek	Orta Yüksek Yüksek Yüksek	Düşük Yüksek Düşük Orta	Orta Orta Yüksek Yüksek	Düşük Orta Düşük Orta	Orta Yüksek Düşük Düşük	Düşük Yüksek Düşük Düşük		
EKOLOJİ	Yapım Enerjisi Malzeme Üretim Enerjisi Malzemenin Yeniden Kullanımı	Düşük Düşük Kolay	Düşük Yüksek Zor	Düşük Düşük Kolay	Orta Orta Zor	Yüksek Yüksek Kolay	Orta Orta Zor	Düşük Düşük Kolay	Orta Orta Zor	Yüksek Yüksek Kolay	Düşük Düşük Kolay	Düşük Düşük Kolay		
HACİM	Açıklıklar Kullanılabilir İç Hacim	Dar Düşük	Dar Düşük	Orta Orta	Geniş Orta	Geniş Yüksek	Çok geniş Yüksek	Geniş Yüksek	Geniş Yüksek	Çok geniş Yüksek	Çok geniş Yüksek	Çok geniş Yüksek		
ESTETİK	Dış Görünüm Değiştirilme: Ek Yapma Sökülüp Taşınabilme İmkânı	Çeşitli Kolay Yüksek	Klasik Zor Yok	Çeşitli Kolay Yüksek	Çeşitli Zor Yok	Klasik Kolay Yüksek	Çeşitli Zor Yok	Klasik Kolay Yüksek	Klasik Zor Yok	Çeşitli Zor Orta	Çeşitli Kolay Yüksek	Çeşitli Kolay Yüksek		
MALİYET	Yapım Maliyeti İşletme Masrafları İş Makinası Gereksinimi İşçilik	Yüksek Düşük Düşük Düz	Düşük Yok Düşük Düz	Yüksek Düşük Düşük Nitelikli	Düşük Yok Orta Düz	Yüksek Yüksek Orta Nitelikli	Düşük Yok Yüksek Nitelikli	Yüksek Düşük Düşük Düz	Düşük Yok Orta Düz	Yüksek Yüksek Yüksek Nitelikli	Düşük Düşük Düşük Düz	Düşük Çok yüksek Düşük Düz		
ZAMAN	Yapım Süresi Kullanım Ömrü	Kısa Orta	Kısa Uzun	Kısa Orta	Uzun Uzun	Orta Uzun	Uzun Uzun	Kısa Orta	Uzun Uzun	Orta Uzun	Kısa Kısa	Kısa Kısa		

Tablo 4.4. Bir den fazla katlı olarak yapılabilen taşıyıcı sistem türlerinin farklı ölçütlerle karşılaştırılması

SEÇİM ÖLÇÜTLERİ		TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ				
		YİĞMA		İSKELET		
		Ahşap	Tuğla	Ahşap	Betonarme	Çelik
MEKANİK	Dış Koşullara Dayanıklılık Deprem Güvenliği Yangın Güvenliği Rüzgar Dayanımı	Düşük Orta Düşük Orta	Yüksek Düşük Yüksek Yüksek	Düşük Yüksek Düşük Orta	Orta Orta Yüksek Yüksek	Düşük Yüksek Düşük Orta
EKOLOJİ	Yapım Enerjisi Malzeme Üretim Enerjisi Malzemenin Yeniden Kullanımı	Düşük Düşük Kolay	Düşük Yüksek Zor	Düşük Düşük Kolay	Orta Orta Zor	Yüksek Yüksek Kolay
HACİM	Açıklıklar Kullanılabilir İç Hacim	Dar Düşük	Dar Düşük	Orta Orta	Geniş Orta	Geniş Yüksek
ESTETİK	Dış Görünüm Değiştirilme, Ek Yapma Sökülüp Taşınabilme İmkânı	Çeşitli Kolay Yüksek	Klasik Zor Yok	Çeşitli Kolay Yüksek	Çeşitli Zor Yok	Klasik Kolay Yüksek
MALİYET	Yapım Maliyeti İşletme Masrafları İş Makinası Gereksinimi İşçilik	Yüksek Düşük Düşük Düz	Düşük Yok Düşük Düz	Yüksek Düşük Düşük Nitelikli	Düşük Yok Orta Düz	Yüksek Yüksek Yüksek Nitelikli
ZAMAN	Yapım Süresi Kullanım Ömrü	Kısa Orta	Kısa Uzun	Kısa Orta	Uzun Uzun	Orta Uzun

4.4 Seçim Yöntemi

Bir yapının taşıyıcı sisteminin tasarlanması aşamasında isteklere en uygun yapı formunun belirlenebilmesi için, yapıyla ilgili gerçekleşmesi istenen ana ölçütlerin kararlaştırılıp önem sırasına göre dizilmesi gerekmektedir. Bu ölçütler yapının yer alacağı çevre koşulları ve kullanıma macıyla ilgili olabileceği gibi aynı zamanda yapı sahibinin istekleri doğrultusunda da şekillenebilir. Önceki bölümde anlatılan seçim ölçütlerinin her birinin farklı tip taşıyıcı sistemlerde değişik şekillerde karşılandığı görülmektedir.

Seçimişlemi, hazırlanmış özet tablolar aracılığıyla ve adımadımyapılan kontroller eşliğinde gerçekleşmektedir. Önem sırasına göre sıralanmış ölçütleri karşılayan

taşıyıcı sistemler her adımda azalmakta ve sonuca ulaşılmaktadır. Gerçekleştirilen analiz işlemini ana başlıklar halinde özetlemek gerekirse:

1. Yapının tek katlı yada çok katlı olmasına göre kullanılacak tablo seçilir.
2. Seçilmişleminde kullanılacak ölçütler ve bu ölçütlerin alınması istenen değerler belirlenir.
3. Ölçütler önem derecesine göre sıralanır.
4. Birinci ölçüt tabloda bulunarak istenen değeri sağlayan taşıyıcı sistem türleri işaretlenir.
5. İşaretlenmiş olan taşıyıcı sistem türlerinin ikinci ölçütü sağlayıp sağlamadığı kontrol edilip bu ölçütü sağlamayanlar elenir.
6. Bu işlem her bir ölçüt için aynı şekilde tekrarlanarak tek bir taşıyıcı sistem türü kalana kadar ya da belirlenen ölçütler sona erene kadar devam edilir.
7. Son ölçüt de irdelendikten sonra birden fazla taşıyıcı sistem türüne ulaşılmışsa, diğer ölçütler de incelenerek nihai seçilmişlemini gerçekleştirilir.

4.5. Uygulamalar

Örnek 1:

Tek katlı bir yapıyla ilgili olarak, yapıcı tarafından belirlenmiş olan ölçütler önem sırasına göre şöyle olsun:

1. Yapı msüresi kısa,
2. Sökülüp taşınabilme imkanı yüksek,
3. Açıklıkları geniş,
4. Dış görünümü özel,
5. İşletme masrafları düşük

Tablo 4.3 kullanılarak kıyaslanma yapıldığında, ilk adımdaki kısa yapı msüresi ölçütünü sağlayan taşıyıcı sistem türlerinin, ahşap yığma, tuğla yığma, ahşap iskelet, ahşap katlanmış plak, açık ve kapalı membran sistemler olduğu belirlenir.

Tablo 4.5 Önek 1, birinci adı m

SEÇİM KRİTERLERİ	TAŞIYICI SİSTEM TİPLERİ										
	YIGMA		İSKELET			BETONARME	KATLANMIŞ PLAK		ASMA	MEMBRAN	
	Ahşap	Tuğla	Ahşap	Betonarme	Çelik	KABUK	Ahşap	Betonarme		Açık	Kapalı
Yapım Süresi	Kısa	Kısa	Kısa	Uzun	Orta	Uzun	Kısa	Uzun	Orta	Kısa	Kısa

İkinci adı m sadece bu sistemler sorgulanarak gerçekleştirildiğinde, tuğla yığma dışındakilerin bu ölçüti gerçeklediği görülmektedir.

Tablo 4.6 Önek 1, ikinci adı m

SEÇİM KRİTERLERİ	TAŞIYICI SİSTEM TİPLERİ										
	YIGMA		İSKELET				KATLANMIŞ PLAK			MEMBRAN	
	Ahşap	Tuğla	Ahşap				Ahşap			Açık	Kapalı
Yapım Süresi	Kısa	Kısa	Kısa				Kısa			Kısa	Kısa
Sökülüp Taşınabilme İmkânı	Yüksek	Yok	Yüksek				Yüksek			Yüksek	Yüksek

Üçüncü adı msonunda ise, geniş açıklık i nkamı da veren taşıyıcı sistemler olarak geriye ahşap katlanmış plak ile açık ve kapalı membran sistemler kalmaktadır.

Tablo 4.7. Önek 1, üçüncü adı m

SEÇİM KRİTERLERİ	TAŞIYICI SİSTEM TİPLERİ										
	YIGMA		İSKELET				KATLANMIŞ PLAK			MEMBRAN	
	Ahşap		Ahşap				Ahşap			Açık	Kapalı
Yapım Süresi	Kısa		Kısa				Kısa			Kısa	Kısa
Sökülüp Taşınabilme İmkânı	Yüksek		Yüksek				Yüksek			Yüksek	Yüksek
Açıklıklar	Dar		Orta				Geniş			Çok geniş	Çok geniş

Özel bir dış görünüm e sahip olma i nkamını ise sadece membran sistemler sağlayabilmektedir.

Tablo 4.8 Önek 1, dördüncü adı m

SEÇİM KRİTERLERİ	TAŞIYICI SİSTEM TİPLERİ									
						KATLANMIŞ PLAK		MEMBRAN		
						Ahşap		Açık	Kapalı	
Yapım Süresi						Kısa		Kısa	Kısa	
Sökülüp Taşınabilme İmkânı						Yüksek		Yüksek	Yüksek	
Açıklıklar						Geniş		Çok geniş	Çok geniş	
Dış Görünüm						Klasik		Çeşitli	Çeşitli	

Son ölçütte yer alan işletme masraflarının düşük olma i nkamı ise sadece açık membran sistemler tarafından sağlandığı için bu analiz sonucunda ‘açık membran sistemi tavsiye edilmektedir.

Tablo 4.9 Örnek 1, beşinci adı m

SEÇİM KRİTERLERİ	TAŞIYICI SİSTEM TİPLERİ										MEMBRAN	
											Açık	Kapalı
Yapım Süresi											Kısa	Kısa
Sokulup Taşınabilme İmkânı											Yüksek	Yüksek
Açıklıklar											Çok geniş	Çok geniş
Diğ Görünüm											Çeşitli	Çeşitli
İşletme Masrafları											Düşük	Çok Yüksek

Bu analiz sonucunda tavsiye edilen sistem istenen ölçütleri sağlaması yanında bazı kabul edilemeyecek eksik yönleri de barındırabilir. Örneğin açık membran sistem rüzgar dayanımının düşük olması nedeniyle kabul edilemeyecek bir taşıyıcı sistem olabilir. Bu durumda, analiz işlemine başlamadan önce rüzgar dayanımının yüksek olması şartı ölçütlerden biri olarak belirtilmelidir.

Örnek 2:

Çok katlı bir yapıyla ilgili olarak istenenler:

1. Deprem güvenliği yüksek,
2. Kullanılabilir iç hacim yüksek,
3. Ek yapma imkanı kolay,
4. Kullanım süresi uzun.

Tablo 4.4, ilk ölçüte göre incelendiğinde, ahşap ve çelik iskelet sistemler belirlenir. İkinci inceleme yapıldığında, büyük iç hacim olanağı sağlayan tek sistemin çelik iskelet sistem olduğu anlaşılır. Bu durumda diğer ölçütleri irdelenmeden çelik sistem sonucuna ulaşılır. Çelik iskelet sistemi, ek yapma imkanı ve kullanım ömrü bakımından incelendiğinde bu şartları da sağladığı görülmektedir.

5. SONUÇ

Yapı tasarımı görevini üstlenecek olan mimar ve mühendisler, bu özet tablo ve analiz yöntemi sayesinde zaman kazanma imkânına sahip olabileceklerdir. Tez kapsamında verilen bilgilerin de yardımıyla kişilerin daha bilinçli bir yaklaşımla olabilmeleri ve taşıyıcı sistemlerle ilgili daha tutarlı seçimler yapabilmeleri hedeflenmiştir. Hazırlanmış olan yöntem belirli yaklaşımlara dayandığı ve matematiksel bir formülde olduğu gibi sabit kurallar içermediğinden her dene sonucunda en doğru sonuçların alınması beklenmemiştir.

Kat sayısı ayrımına göre farklı tabloların kullanılmasına imkân verilmesi, analiz işleminin en başından hızlanmasını sağlamaktadır. Bu iki tablo kullanılarak elde edilecek sonuçlar yanında, geçmişten günümüze dek inşa edilen yapıların getirdiği bilgi birikiminin ışığında bazı tavsiyelerde bulunmak olasıdır.

Çeliğin yapıların tercih edildiği alanlar:

- Büyük açıklıkların kolonsuz geçilmesi: Hafiflik, yüksek mukavemet, yüksek çekme mukavemeti gibi nedenlerden,
- Temel zeminini zayıf nitelikli yapılar: Hafiflik, süneklik gibi nedenlerden,
- Deprem bölgelerindeki yapılar: Hafiflik, süneklik, takviye olanakları gibi nedenlerden,
- Çok katlı yapılar: Hafiflik, yüksek mukavemet, yüksek elastiklik modülü, süneklik gibi nedenlerden,
- Taşıyıcı sistemleri özellik gösteren yapılar: Özellikle yüksek çekme mukavemeti nedeniyle,
- Endüstri yapıları: Yüksek mukavemet, yüksek elastiklik modülü, takviye olanakları, yapı hızı gibi nedenlerden,
- Portatif yapılar: Hafiflik, sökülebilme gibi nedenlerden,
- Hız isteyen her türlü yapılar: Atölyelerde prefabrikasyon ve hava koşullarından bağımsızlık, monte edildiğinde hemen tam yükte çalışabilme gibi nedenlerden,

- Köprüler: Yüksek mukavemet, yüksek elastiklik modülü takviye olanağı, yapım hızı gibi nedenlerden

Geleneksel ve çağdaş ahşap yapı sistemlerinin uygulama alanları;

- Kapalı ve Açık Spor yapıları,
- Kapalı tribün yapıları,
- Kapalı yüzme havuzu,
- Endüstriyel tesisler, hangar ve depolar ile kapalı arıtma tesisleri,
- Yaya ve taşıt köprüleri,
- İdari-sosyal yapılar, okullar, kiliseler, konferans salonları, alışveriş merkezleri,
- Kongre, tiyatro ve konser salonu gibi kültür mekanları,
- Oteller, konutlardır.

Betonun yapılarda geniş ölçüde bir kullanım bulmasının çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Bu nedenler kısaca;

- Çimento bir yana bırakılırsa, diğer malzemelerinin yerel ya da inşaat yerine yakın olarak ve ucuza sağlanabilmesi,
- Yangına ve iklim koşullarına dayanıklı olması,
- Basınç dayanımının yüksek olması
- Plastik halde istenilen şeklin verilebilmesi olarak özetleyebiliriz [20].

Bilgisayar programcılığının imkanları da kullanılarak çalışmanın daha gelişmiş bir versiyonu hazırlandığı takdirde analiz işlemi daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Ayrıca taşıyıcı sistemlerin karşılaştırıldığı Tablo 4.3' deki seçim ölçütlerinin sayısı artırılarak daha kapsamlı bir sorgulama olanağı elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Çakıroğlu A ve Çetmeli E**, 1995. Yapı Statiği Glt 1, Beta Basım Yayı m Dağıtım İstanbul.
- [2] **Aka İ., Keskinel E ve Arda T.S**, 1983. Betonarme Yapı Elemanları, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [3] **Özgen E.G ve Yaman Türk E**, 1991. Taşıyıcı Sistem Tasarım, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [4] **Çetiner İ.**, 1997. Yük Dağıtım Doğrultuları Açısından Strüktürel Formlar, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Sunguroğlu İ.**, 1982. Taşıyıcı Sistemler, Ders Notları.
- [6] **Gerçek C**, 1989. Yapıda Taşıyıcı Sistemler, Yaprak Kitabevi, Ankara.
- [7] **Ayaydın Y.**, 1989. Büyük Açıklıklı Prefabrike Betonarme Yapılar, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [8] **Wenzel E**, 1989. Taşıyıcı Sistemler, Ders Notları.
- [9] **Salvadori M and Heller R**, 1980. Mimarlıkta Taşıyıcı Sistemler, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Yayını, İstanbul
- [10] **Eriç M**, 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık Ltd, İstanbul.
- [11] **Cassie W.F. and Napper J. H**, 1958. Structure in Building The Architectural Press, London.
- [12] [http:// www.ins.itu.edu.tr/kulu/kdr/civtr.htm](http://www.ins.itu.edu.tr/kulu/kdr/civtr.htm)
- [13] **Bahadır Ş.**, 1997. Büyük Açıklıklı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] **Türkçü Ç.**, 1997. Çekmeye Çalışan Taşıyıcı Sistemler, Dokuz Eylül Yayıncılık İzmir
- [15] **Vela E and Verl. P.**, 1979. R Gaefe, Mainz, W.Germany
- [16] **Anabrittanica**, 1993, Glt 3 s.165

- [17] **Türkçü H Ç**, 1988. Çağdaş Yapı m ve Srüktür Sistemleri 1, Dokuz Eylül Yayıncılık İzmir.
- [18] **Verlag K K**, 1983. Dr üsedau- Henni cke: Lufthallenbuch, IL-15, Stuttgart
- [19] [http:// www.oranmimarlik.com.tr/yazi1.htm](http://www.oranmimarlik.com.tr/yazi1.htm)
- [20] **Yorulmaz M**, 1989. Beton, Betonarme ve Öngerilmeli Betonun Özellikleri, *İnşaat Dergisi*, **Nisan 1989**.
- [21] **Tokyay V**, 1998, Tutkallı Tabakalı Ahşap Teknolojisi, *Yapı Dergisi*, YEM Yayınları, **170**, s. 114
- [22] **Ersoy U ve Çıftıoğlu E**, 1988. Yüksek Yapıların Tasarım ve Yapımında İzlenecek Temel İlkeler, Ankara.
- [23] **Işık B**, 1999. Çelik Hafif Taşıyıcı Sistemlerin Konut Yapımında Kullanılması, Mimarî Tasarım ve Uygulamaya Açısından Çelik, YEM Yayınevi, İstanbul.
- [24] **Kızılhan A**, 1988. Ahşap Kabuk Sistemler, *Yüksek Lisans Tezi*, M S Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [25] **Saracık S**, 1995. Ahşabın Yanmaya Mukavemeti, Yapı 164, İstanbul.
- [26] **Akman M S**, Yapı Malzemeleri, İ. T. Ü. Matbaası, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Mızafter Görkem Yıldırım 11.01.1977 tarihinde İstanbul’da doğdu. 1995 yılında Kağıthane Profilo Anadolu Teknik Lisesi’nden, 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Mezuniyetini takiben 2000-2001 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı’na bağlı olan Yapı Bilgisi programında yüksek lisans öğrenimine başladı.