

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem DAĞILGAN

**GENİŞ AÇIKLIKLARIN ÖRTÜLMESİNDE KULLANILAN
TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

ADANA, 2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GENİŞ AÇIKLIKLARIN ÖRTÜLMESİNDE KULLANILAN TAŞIYICI
SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ**

Sinem DAĞILGAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Bu Tez **/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Prof. Dr. S. Seren GÜVEN Dr.Öğr. Ü.Mustafa YEĞİN Dr. Öğr. Ü. Gülerhan AKYÜZLÜER
DANIŞMANÜYEÜYE

Bu Tez Enstitümüz Mimarlık Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GENİŞ AÇIKLIKLARIN ÖRTÜLMESİNDE KULLANILAN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Seren GÜVEN
Eş Danışman : Prof. Dr. E. Görün ARUN
Yıl: 2019, Sayfa: 152
Jüri : Prof. Dr. Seren GÜVEN
: Dr. Öğr. Ü. Mustafa YEGİN
: Dr. Öğr. Ü. Gültan AKYÜZLÜER

Bu çalışmada belirlenmiş bir açıklığı örebilecek taşıyıcı sistem seçimi ile ilgili sorunlar ele alınmış, geniş açıklıkları örebilecek sistemler incelenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında taşıyıcı sistem seçimine yönelik ölçütler ortaya konmuş, sistemler bu ölçütlere göre değerlendirilmiştir. Bu bağlamda ölçütler, kullanım ve maliyete ilişkin değerleri veren iki ana gruba ayrılmış, seçenekler aralıklı ölçek yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Seçim ve karar işlemi için ürün seçim yöntemleri incelenmiş, yöneylem araştırması kapsamında Prof. Dr. Ayşe Balanlı'nın yapıda ürün seçim yönteminden yararlanarak bir yöntem kurgulanmıştır. Çalışmada her sistemin tüm ölçütlerdeki sayısal değerlendirmesi yapılmış, bu değerler bilgisayar yazılımıyla oluşturulan bir programa işlenmiştir. Uygulanan yöntemle bütün seçenekler bir arada değerlendirilerek seçim işlemi bu değerlere göre yapılmaktadır.

Tez çalışması sonunda, yanlış sistem seçimleriyle yaşanan malzeme israfı ve performans kayıplarının yanı sıra zaman kaybı gibi zararların önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sistem Seçimi, Geniş Açıklık, Taşıyıcı Sistem

ABSTRACT

MSc THESIS

A MODEL PROPOSAL FOR SELECTING THE STRUCTURAL SYSTEM USED TO COVER WIDE SPANS

Sinem DAĞILGAN

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATUREL AND APPLIED SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

Supervisor : Prof. Dr. Seren GÜVEN
Second Supervisor : Prof. Dr. E. Görün ARUN
Yıl: 2019, Sayfa: 152
Jury : Prof. Dr. Seren GÜVEN
: Asst. Prof. Dr. Mustafa YEĞİN
: Asst. Prof. Dr. Gülertan AKYÜZLÜER

In this study, the problems of the selection of structural systems are handled and the structural systems covering the wide openings were examined. In the light of the information obtained, the criteria for the selection of the structural system were established and the systems were evaluated according to these criteria. In this context, the criteria were divided into two main groups giving values related to usage and cost. The options were evaluated by the intermittent scale method

Product selection methods for selection and decision process were examined and a method was constructed by using Balanlı's method with in the scope of operations research. In this study, numerical evaluation of each system has been made and all of these values have been recorded in a computer program. All the options are evaluated together with the applied method and the selection process is made according to these values.

At the end of the thesis study, it is aimed to prevent the losses such as wasting time and loss of material as well as waste of performance by wrong system choices.

KeyWords: Selection of structuralsystem, Wideopenings, Structure systems

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Zaman içerisinde toplumun değişen sosyo-kültürel yapısı ihtiyaç duyulan yapı türlerini de etkilemiştir. Özellikle endüstri devrimi sonrasında yapı alanında çeliğinde kullanılmaya başlamasıyla yapı sektöründe değişimler gözlenmiş; fuar yapıları, tren istasyonları, hava limanları, stadyumlar, konser salonları, hangarlar ve endüstri yapıları gibi farklı yapı türleri ortaya çıkmıştır. İnsanların yaşantılarında bireysel eylemlerden daha çok birlikte yapılan eylemler ön plana çıkmış bu da yapılarda, toplanma bir araya gelme ve birlikte yapılan eylemler için geniş açıklık ihtiyacını ön plana çıkarmıştır.

Herhangi bir açıklığı örtecek sistemin seçimi, yapının hayata geçirilmesinde tasarım probleminin temelini oluşturur. Yapı teknolojisi ve malzeme biliminde ki gelişmeler açıklık örtme sorununa bazı çözümler sunmuştur. Ancak belirlenmiş açıklığı en uygun sistem ve malzeme ile örtmek hala karmaşık bir süreç olmaktan çıkamamıştır. Karar veren konumundaki tasarımcı mimar ya da mühendis bu seçimleri mevcut yöntemler ve/veya tecrübelerine göre yapmaktadır. Bu şekilde sistemlerin çalışma prensipleri ve özellikleri yeterince bilinmeden malzeme özelliklerinin sisteme etkisi göz ardı edilerek yapılan bir seçim, maddi ve fonksiyonel kayıplar olarak yapıda kendisini göstermektedir.

Strüktürünün yapının işlevini aksatması ya da istenen fiziki ve duyuşsal konfor şartlarına cevap vermemesi, olması gerekenden fazla ilk yatırımlar, malzeme israfları, zaman içerisinde oluşan hasarlar için bakım onarım maliyetleri; seçimin sistemlerin ve malzemelerin özellikleri, optimum sınırları bilinmeden yapılmasıyla oluşabilecek kayıplara örnektir.

Bu çalışmanın amacı oluşabilecek bu kayıpları en aza indirebilmek için belirlenen açıklığa en uygun sistemin ve malzemenin seçimine yardımcı olmaktır. Ancak ürün seçim işlemi karmaşık bir süreçtir. Bu süreci biraz daha basite indirgemek amacıyla bir yöntem önerisinde bulunulmuştur.

Bu doğrultuda, 1. Bölümde çalışmanın konusuna, amacına, kapsamına ve yöntemine değinilmiş, 2. Bölümde daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Çalışmanın 3. Bölümünde geniş bir literatür çalışması yapılmış, geniş açıklık kavramı ve sistemler tanımlanmıştır. Geniş açıklıkları geçebilecek taşıyıcı sistemler sınıflandırılmış, sistemlerin özelleşmiş ve ön plana çıkan özelliklerine değinilmiştir. Farklı yapı malzemeleri ile oluşturulan aynı sistemler ve özellikleri yine bu bölümde incelenmiştir. Bu sistemler son bölümde önerilen yöntemde seçimi yapılacak söz konusu seçenekleri oluşturmaktadır.

4. Bölümde ürün seçimi için yöntem ve önerilere yer verilmiş, mevcut yöntemler, değerlendirme ve karar adımları anlatılmıştır.

5. Bölümde sistem seçimine etki eden ölçütler ortaya konmuş, bu ölçütler tanımlanmış, oluşturulan yöntem önerisinde nasıl değerlendirileceği açıklanmıştır. Bu bağlamda sistemlerin öne çıkan, sistemi diğer sistemlerden ayırtıran özellikleri doğrultusunda ölçütler kullanım değerini veren ölçütler ve maliyetine ilişkin değerleri veren değişim değer ölçütleri olarak iki ana başlığa ayrılmıştır.3. Bölümde açıklanan her bir sistem bu bölümde seçenek olarak ele alınmış ve bu ölçütler doğrultusunda değerlendirilmiş, sayısal değerlerle seçim için yarar değerleri belirlenmiştir.

Prefabrikasyona uygunluk, akustik etki, tesisat için uygunluk, doğal aydınlatma imkanı, geçilen açıklığa göre sistem kesiti, birleşim detayları yangın direnimi, çevresel etkilere dayanım gibi ölçütler kullanım değerini veren ölçütler olarak belirlenmiş ve birbirine göre karşılaştırmalı olarak aralıklı ölçek yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu grup ölçüt değerlendirmesinde 5 yarar değeri sistemlerin istenilen olumlu özelliklerin üst sınırı teşkil etmektedir.

Sistem Üretim enerjisi, işçilik ve iş makinesi gereksinimi, imalat ve montaj süreci, kullanım ömrü gibi ölçütler de değişim değerini veren sistemin maliyetini oluşturan ölçütler olarak belirlenmiştir. Burada maliyet söz konusu olduğu için sonuç seçimin en düşük maliyeti vermesi amaçlanmıştır. Bu nedenle değerlendirme de yine aralıklı ölçek yöntemi kullanılmış ancak bu defa 1 yarar değeri istenilen

olumlu özelliğın üst sınırı olarak kabul edilmiştir. Böylece önerilen yöntemde değışim ve kullanım değeri aynı anda tüm seçenekler için değeriendirmeye katılabilmektedir.

Bölümün ikinci kısmında seçim yöntemi anlatılmış, ölçütlerin, seçeneklerin belirlenen yarar değeriendirmeye ne şekilde katılacağı, yöntem adımları anlatılmıştır. Önerilen yöntemde değışim değeri düşük, kullanım değeri yüksek seçeneğın seçimi ile sonuç karar aşamasına gidilecektir. Bu şekilde karar veren konumundaki kişi ya da kişilerin belirttiğı önem dereceleriend en üst düzeyde cevap veren sistemin seçilebilmesi amaçlanmaktadır.

5. Bölümün son kısmında önerilen yöntem belirlenen bir açıklığa önem dereceleri verilerek örneklendirilmiştir. Yöntemi oluşturan adımlar, seçim işlemin ve sonuç karara nasıl ulaşıldığı örnek üzerinden açıklanmıştır.

6. bölümde çalışmanın sonucunda önerilen yöntemle ile karmaşık olan seçim işleminin sistematik bir şekilde ele alındığında hızlı sonuç verebildiğı, tercihleri ön planda tutarak istenilen özellikte seçeneklerin bir arada tutularak esnek seçim olanağı sağladığı görülmüştür. Bu şekilde yanlış verilen kararların doğuracağı maddi ve zaman ve işçilik gibi kayıpların önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Yöntem tüm seçenekleri bir arada verilen önem dereceleriend göre kıyaslanmasını sağlarken, sonuç seçim karar veren konumundaki tasarımcı, yatırımcı ya da bu konuda yetkili kişilere bırakılmıştır. Ekte sunulan bilgisayar programı ile yöntemin kolay ulaşılabilmesi ve uygulayabilmesi amaçlanmıştır.



TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında fikirleri ile daima yapıcı ve yönlendirici olan, bana olan inancı ile destek ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım saygıdeğer Prof. Dr. Seren GÜVEN'e ve bu süreçte engin bilgilerini benimle paylaşan, değerli vaktini bana ayıran tez eş danışman hocam saygıdeğer Prof. Dr. Görün ARUN'a teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince anlayış ve ilgisini eksik etmeyen, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan Hasan Kalyoncu Üniversitesi Mimarlık Bölümü değerli çalışma arkadaşlarıma, değerli yorum ve katkılarıyla çalışmamı şekillenmesinde önemli katlıları olan Prof. Dr. Ayşe Balanlı'ya ve bilgisayar programı yazımında bana yardımcı olan Arş. Gör. Ali Emre Öztürk'e yardımları için teşekkür ederim.

Son olarak fikirleriyle daima bana yol gösteren, bugünlere gelmemi sağlayan ve tüm eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini ve ilgilerini hep hissettiğim aileme sonsuz minnet ve sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XVI
1.GİRİŞ	1
1.1.Tez Çalışmasının Konusu	1
1.2.Tez Çalışmasının Amacı	2
1.3.Tez Çalışmasının Kapsamı.....	2
1.4.Tez Çalışmasının Yöntemi.....	3
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. GENİŞ AÇIKLIKLIL YAPILAR	7
3.1. Giriş	7
3.2. Geniş Açıklıklı Yapıların Tarihsel Gelişimi	7
3.3. Geniş Açıklıkların Örtülmesinde Kullanılan Yapı Malzemeleri.....	10
3.3.1. Ahşap	10
3.3.2. Çelik.....	13
3.3.3. Betonarme	16
3.3.4. Prefabrik Beton	18
3.3.5. Membran	19
3.4. Geniş Açıklıkların Örtülmesinde Kullanılan Sistemler	23
3.4.1. Çubuk Sistemler	25
3.4.1.1.Tek Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler.....	26
3.4.1.1.(1). Doğru Eksenli Sistemler – Kirişler.....	26

3.4.1.1.(1).(a). Dolu Gövdeli Kirişler.....	26
3.4.1.1.(1).(b). Boşluklu Gövdeli Kirişler	32
3.4.1.1.(1).(c). Kafes Gövdeli Kirişler	34
3.4.1.1.(2).Eğri Eksenli Sistemler	39
3.5.1.1.(2).(a).Kemerler	39
3.5.1.1.(2).(b).Kablo Sistemler	43
3.4.1.2.Çift Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler.....	49
3.4.1.2.(1). Kablo Ağı Sistemler	49
3.4.1.2.(2). Uzak Kafes Sistemler	50
3.4.1.2.(2).(a). Düzlem Uzak Kafes Sistemler	52
3.4.1.2.(2).(b).Eğrilikli Uzak Kafes Sistemler	54
3.4.2. Yüzeysel Sistemler	56
3.4.2.1. Düzlem Yüzeysel Sistemler– Plaklar	56
3.4.2.2. Eğrilikli Yüzeysel Sistemler.....	61
3.4.2.2.(1). Kabuklar.....	63
3.4.2.2.(2). Membran Sistemler	64
3.4.2.2.(2).(a). Açık Membran Sistemler – Çadırlar	64
3.4.2.2.(2).(b). Şişme Sistemler.....	65
4. ÜRÜN SEÇİMİNDE YAKLAŞIM VE YÖNTEMLER.....	69
4.1.Giriş	69
4.1.1. Performans Yaklaşımına Dayalı Yöntemler	69
4.1.2. Yöneylem Araştırmasına (Karar Yöntemine) Dayalı Yöntemler	70
4.1.3. Ürün Seçim Modelini Oluşturan Temel Adımlar	73
4.1.3.1. Ölçütler – Değer Ölçütleri.....	73
4.1.3.2. Seçenekler	73
4.1.3.4. Değerlendirme ve Karar.....	74
4.1.3.3.(1). Değerlendirme Teknikleri ve Seçenek Değerleri	74
4.1.3.3.(2). Karşılaştırma ve Seçim.....	75
4.1.3.3.(3). Geri Besleme	76

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM	
ÖNERİSİ.....	77
5.1. Seçim Ölçütleri	77
5.1.1. Kullanım Değerine İlişkin Ölçütler	79
5.1.1.(1). Kullanım Yeri	79
5.1.1.(2). Geçilebilen Açıklık	80
5.1.1.(3). Prefabrikasyona Uygunluk.....	81
5.1.1.(4). Akustik Etki	83
5.1.1.(5). Tesisat İçin Uygunluk	88
5.1.1.(6). Doğal Aydınlatma İmkânı.....	89
5.1.1.(7). Geçilen Açıklığa Göre Sistem Kesiti (H/L)	90
5.1.1.(8). Birleşim Detayları	92
5.1.1.(9). Yangın Direnimi	94
5.1.1.(10). Çevresel Etkilere Dayanım	98
5.1.2. Değişim Değerine İlişkin Ölçütler.....	100
5.1.2.(1). Sistem Üretim Enerjisi	101
5.1.2.(2). İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi	106
5.1.2.(3). İmalat ve Montaj Süreci	108
5.1.2.(4). Kullanım Ömrü	109
5.1.2.(5). Sökülüp Taşınabilme.....	112
5.1.2.(6). Geri Dönüşüm İmkânı.....	113
5.2. Seçim Yöntemi.....	118
5.3. Örnek Uygulama	123
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	133
KAYNAKÇA.....	137
ÖZGEÇMİŞ	141
EKLER.....	143



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çeşitli doğal ahşap yapı elemanı boyutları	11
Çizelge 3.2. Çelik profil çeşitleri ve ölçüleri.....	15
Çizelge 3.3. Lama çeşitleri ve ölçüleri.....	15
Çizelge 3.4. Levha çeşitleri ve ölçüleri	16
Çizelge 3.5. Membranların Ağırlık ve Dayanımları.....	20
Çizelge 3.6. Açıklık Geçen Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırması.....	25
Çizelge 3.7. Açıklığı geçen kiriş türüne göre çatı ve döşeme açıklıkları	29
Çizelge 5.1. Sistem seçim ölçütleri	78
Çizelge 5.2. Sistemler ve geçilebilecek açıklıklar.....	81
Çizelge 5.3. Prefabrikasyona uygunluk ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	83
Çizelge 5.4. Yapı Malzemelerinin birim hacim ağırlık tablosu.	85
Çizelge 5.5. Akustik etki ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	88
Çizelge 5.6. Tesisat için uygunluk ölçütünde sistemlerin yarar değerleri.....	89
Çizelge 5.7. Doğal aydınlatma imkanı ölçütünde sistemlerin yarar değerleri.....	90
Çizelge 5.8. Geçilen açıklığa göre sistem kesiti ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	92
Çizelge 5.9. Birleşim bölgesi detayları ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	94
Çizelge 4.10. Ahşap malzemelerin oda sıcaklığında ısı özellikleri	96
Çizelge 5.11. Yangın durumunda emniyet ölçütünde sistemlerin yarar değerleri ..	98
Çizelge 4.12. Çevresel etkilere dayanım ölçütünde sistemlerin yarar değerleri ...	100
Çizelge 5.13. Değişim değerine ilişkin ölçütler.....	101
Çizelge 5.14. Malzemelerin üretilmesi sırasında açığa çıkan enerjiler.....	103
Çizelge 5.15. 1kg çelik, prefabrike BA, TTA kiriş üretiminde tüketilen enerji ve CO2 salım miktarları.....	105
Çizelge 5.16. Sistem üretim enerjisi ölçütünde sistemlerin yarar değerleri.....	106
Çizelge 5.17. İşçilik ve iş makinası gereksinimi ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	107

Çizelge 5.18. İmalat ve montaj süreci ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	109
Çizelge 5.19. Kullanım ömrü ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	112
Çizelge 5.20. Sökülüp taşınabilmeye uygunluk ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	113
Çizelge 5.21. Malzemelerin geri kazanım oranları	115
Çizelge 5.22. Yapı malzemeleri/bileşenlerinin geri kazanım işlemleri ve kullanım alanları.....	116
Çizelge 5.23. Geri Dönüşüm ölçütünde sistemlerin yarar değerleri	118
Çizelge 5.24. Malzemelerine göre arakat döşemesi oluşturabilecek sistemler	120
Çizelge 5.25. Kullanım değeri hesap tablosu.....	121
Çizelge 5.26. Değişim değeri hesap tablosu	122
Çizelge 5.27. Örnek önem ağırlığı tablosu	124
Çizelge 5.28. Seçenekler için özet tablo	125
Çizelge 5.29. Seçenekler için yarar tablosu	128
Çizelge 5.30. Seçeneklerin Değerlendirilmesi.....	129

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Crystal Palas	9
Şekil 3.2. Membran Özellikleri	22
Şekil 3.3. Lamine ahşap kiriş örnekleri ve açıklıklar	27
Şekil 3.4. Lamine kirişlerin geçebileceği açıklıklar ve kesit yükseklikleri	28
Şekil 3.5. Ana taşıyıcı kiriş kesitleri	30
Şekil 3.6. Üst başlığı ve alt başlığı eğimli kirişler	31
Şekil 3.7. Petek ve Vierendeel Kiriş	32
Şekil 3.8. Castella kiriş	34
Şekil 3.9. Kafes Kiriş Tipleri	35
Şekil 3.10. Ahşap kafes kiriş ve aşık uygulaması	37
Şekil 3.11. Betonarme Kafes Kiriş Tipleri	38
Şekil 3.12. Kemer Eğrisi Yük Dağılımı	39
Şekil 3.13. Kemer Biçimleri	40
Şekil 3.14. Kemerlerde mesnet tepkisi	41
Şekil 3.15. Düzlem kafesle oluşturulan çelik kemer	42
Şekil 3.16. Uzay kafesle oluşturulan çelik kemer	42
Şekil 3.17. Üç mafsallı, iki mafsallı ve ankastre kemer	42
Şekil 3.18. Dikdörtgen, yuvarlak ve elips planlı kablo sistemler	43
Şekil 3.19. Tek tabakalı paralel kablo kirişli çatı sistemi	46
Şekil 3.20. Çift eğrilikli, çift tabakalı radyal kablo sistem	47
Şekil 3.21. Kablolü kubbe sistemler	48
Şekil 3.22. Kablo askılı sistemlerde kablo gerilmeleri	49
Şekil 3.23. Tensegrity sistem ile oluşturulan küre ve basık küre formları	50
Şekil 3.24. Tonoz formun tek tabakalı ve çift tabakalı uzay kafes sistem ile oluşturulması	51
Şekil 3.25. Dairesel planda radyal doğrultuda kemerlerle oluşturulan kubbe form ve tek tabakalı uzay kafes sistem ile düzenlenen kubbe form	52

Şekil 3.26. Uzak kafes modülleri	52
Şekil 3.27. Düzlem uzak kafes.....	53
Şekil 3.28. Betonarme uzak kafes	54
Şekil 3.29. Tek eğrilikli uzak kafes.....	55
Şekil 3.30. Ters yönde çift eğrilikli hiperboloid paraboloid sistem	55
Şekil 3.31. Aynı yönde çift eğrilikli kubbe sistem örnekleri	56
Şekil 3.32. Katlanmış plak çalışma prensibi	57
Şekil 3.33. Katlanmış plaklarda yük iletimi.....	58
Şekil 3.34. Katlanmış plaklarda en kesit çeşitleri	59
Şekil 3.35. Dikdörtgen planlı katlanmış plak çeşitleri	60
Şekil 3.36. Kare- çokgen- dairesel planlı katlanmış plak çeşitleri	60
Şekil 3.37. Sıfır Gauss eğrilikli silindirik ve konik yüzeyler	61
Şekil 3.38. Pozitif Gauss eğrilikli küre ve eliptik paraboloid yüzeyler	62
Şekil 3.39. Negatif Gauss eğrilikli hiperboloid ve konoid yüzeyler	62
Şekil 3.40. Birleşik yüzeyler	63
Şekil 3.41. Şişme yüzeyler	66
Şekil 3.42. Tek ve çift tabakalı şişme sistemler	66
Şekil 3.43. Tek tabakalı şişme sistemler	68
Şekil 3.44. Çift tabakalı şişme sistemler	68
Şekil 5.1. Sıcaklık etkisinde çelik malzemenin gerilme – şekil değiştirme eğrisi	97
Şekil 5.2. Yapıların Yaşam Döngüsü Modeli.....	114
Şekil 5.3. Örtü Sisteminin Uygulanacağı Yerin Seçimi	130
Şekil 5.4. Önem ağırlıklarının verilmesi.....	130
Şekil 5.5. Sonuç ekranı	131

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
°C	: santigrat derece
Cm	: Santimetre
dB	: Decibel
dk.	: Dakika
gr	: Gram
k/cal	: kilo/kalori
m	: Metre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
max.	:Maximum
min.	: Minimum
Pvc	: Poly vinyl chloride
Ptfe	: Polytetrafloretilen
UV	: Ultraviyole
K	: Gauss Eğriliği
vs	: Vesaire
vb	: Ve bazı
yy	: Yüzyıl



1. GİRİŞ

1.1. Tez Çalışmasının Konusu

Mimaride açıklık kavramı, yatay taşıyıcı bir yapı elemanının mesnet noktaları arasındaki uzaklık olarak tanımlanır. Açıklık geçme ise mekanın sahip olduğu açıklığın örtülmesidir. Genel olarak geleneksel sistemlerle geçilemeyen açıklıklar büyük açıklık olarak tanımlanır.

Endüstri devrimiyle birlikte yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni malzeme ve üretim teknikleri ortaya çıkmıştır. Bu gelişmeler yapı endüstrisini de etkilemiştir. Üretim tekniklerinin değişmesi ve yeni ürünlerin bulunması sonucunda yapı ürünleri de çeşitlilik göstermiş ve nitelikleri değişmiştir. Endüstrileşmenin getirdiği bu değişimler kullanıcı gereksinimini ve mimarlık anlayışını da değiştirmiştir. Hem kullanıcılar hem de yapı ürünlerindeki bu nitelik ve nicelik değişimleri, yapı ürünlerini seçme işini daha karmaşık bir duruma getirmiştir.

Toplumun gün geçtikçe artan sosyal, kültürel ve eğlenceye yönelik eylemleri, çok sayıda bireyin bir örtü altında toplanmasını gerektirmektedir. Büyük açıklık gerektiren oditoryumlar, spor salonları, bazı endüstri yapıları, uçak hangarları vb. yapıların hepsi bu gereksinimler nedeniyle ortaya çıkmış mimari taşıyıcı sistemlerdir.

Kullanıcı gereksinimine bağlı olarak yapı türü ve ürünündeki bu değişime rağmen yapı ürünü seçiminde yeterli gelişme sağlanamamıştır. Endüstri devrimi öncesinde olduğu gibi ürün seçimi deneyim ve sezgilere dayandırılmakta bir takım mühendislik hesaplarıyla açıklığı geçecek taşıyıcı sisteme karar verilmektedir. Ancak yapının iç çevresi, kullanıcı; dış çevresi ise doğa, toplum, ekonomi vb. ölçütlerle ilişkilidir. Bu ölçütler göz ardı edilerek sadece fiziki olanaklarla cevap verecek taşıyıcı sistem seçimi, yapının performansı açısından olumsuzluklara sebep olmaktadır. Dolayısıyla her olumsuzluk ölçütlerin tümüne doğrudan ya da dolaylı olarak yansımaktadır.

Tez konusunu belirleme aşamasında yapılan literatür çalışmalarında taşıyıcı sistemlere dair çok sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Çalışmalarda taşıyıcı sistemler, geçebileceği açıklıklar, oluşturulma prensipleri hakkında bilgi verilmesine karşın açıklığı geçecek en uygun taşıyıcı sistemin sistematik olarak saptanabilmesi konusunda tasarımcıya yol gösterecek bir yaklaşıma rastlanamamıştır. Bu çalışma ile tasarımcıya büyük açıklıkları hangi koşullarda hangi sistemle en uygun biçimde geçebileceği ve çözüm seçimi için gerekli ölçütlerin bulunacağı yol gösterici bir model oluşturulması amaçlanmıştır. Oluşturulacak sistematik model ile büyük açıklıkların değişkenleri doğrultusunda hangi yapı ürünüyle en uygun biçimde geçileceğine ilişkin olarak kullanıcıya çeşitli açılardan kolaylık sağlanması planlanmaktadır.

1.2. Tez Çalışmasının Amacı

Bu çalışmada amaç geniş açıklıklı yapıların örtülmesinde kullanılan taşıyıcı sistem tiplerinin incelenmesi ve taşıyıcı sistem seçiminde etkin ölçütlerin ortaya konulmasıdır. Böylece bu ölçütlerle açıklığı geçecek taşıyıcı sistem arasında bir ilişki kurmak mümkün olacaktır. Sonuçta bu ölçütlerin ortaya çıkardığı gereksinimlerin belirlenmesi ile bunlara cevap verecek en uygun taşıyıcı sistem tipinin seçimine yardımcı olacak bir model oluşturularak tasarımcıya yol göstermek hedeflenmiştir.

Böylece tasarımcıya yanlış sistem seçimi ya da en uygun sistemin seçilememesinden ötürü oluşacak malzeme israfı, zaman kaybı ve maddi zararların önüne geçilmesi gibi konularda yardımcı oluna bileceği düşünülmektedir.

1.3. Tez Çalışmasının Kapsamı

Bu tez çalışması kapsamında malzeme özellikleri de dikkate alınarak büyük açıklıkların hangi koşullarda hangi sistemle en uygun biçimde geçebileceği ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Böylece geniş açıklıkların örtülmesinde

kullanılabilecek taşıyıcı sistemlerin seçimi için, tablolar yardımı ile, çok ölçütlü karar analiz yöntemi kullanılarak yapılacak bir çalışma planlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde yapılan kaynak araştırması özetlenmiştir. Üçüncü bölümde geniş açıklık kavramı ve açıklık geçmek için kullanılan taşıyıcı sistemler tanımlanmış ve sınıflandırmaları yapılmıştır. Dördüncü bölümde sistemlerin özellikleri göz önünde bulundurularak sistem seçimine esas oluşturacak ölçütler ortaya konmuş, tanımlanmış ve oluşturulan modelde nasıl değerlendirileceği anlatılmıştır. Önceki bölümde anlatılan ve sınıflandırması yapılan her bir sistem birer seçenek olarak ele alınmış ve dördüncü bölümde ortaya konan ölçütlere göre değerlendirmesi yapılmıştır. Son olarak seçim için bir model oluşturulmuş, seçeneklerin bu modelde nasıl değerlendirileceği anlatılmış ve bir örnekle açıklanmıştır.

1.4. Tez Çalışmasının Yöntemi

Bu tez çalışmasında bilgi toplama, analiz ve sentez yöntemleri kullanılmıştır. Bilgi toplama aşamasında kütüphane taraması ve internet ortamında hazırlanmış kaynakların ve süreli yayınların incelenmesi yapılmıştır. Analiz aşamasında geniş açıklıkların örtülmesinde kullanılan yapı malzemelerinin ve taşıyıcı sistem tiplerinin sınıflandırması yapılmıştır. Sentez aşamasında ise literatür taraması yöntemi ile saptanan çeşitli ölçütler kullanılarak çok ölçütlü bir karar analiz yöntemi uygulaması ile geniş açıklıklı sistemlerin örtülmesinde kullanılacak taşıyıcı sistem seçiminde kullanılabilecek bir yöntem önerisi getirilmeye çalışılmıştır. Sonuç yöntem önerisi bir bilgisayar yazılımıyla desteklenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Temelde geniş açıklıklı yapılarda taşıyıcı sistem seçimini konu alan çalışmada öncelikle, geniş açıklı yapı kavramı, geniş açıklıkları geçebilen taşıyıcı sistemler, taşıyıcı sistem türleri, taşıyıcı sistem malzemeleri, ürün seçim yöntemleri ve ölçütler, yapıya ilişkin sistemlerin seçimini konu alan bilimsel çalışmaların incelemeleri yapılmış ve ilgili çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Bu amaçla yararlanılan çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibidir.

Arun (2018), “Taşıyıcı Sistem Tasarımı” kitabında taşıyıcı sistem tasarımına dair ilkeleri ortaya koymuş, taşıyıcı sistemlerin oluşturulma prensipleri ve özellikleri hakkında bilgiler vermiştir.

Balanlı (1997),“Ürün Seçim Yöntemi” kitabında yapıda ürün seçimleri konusuna değinmiş, ürün seçiminde yardımcı olabilecek yaklaşımlara değinmiştir. Varolan yöntemleri uyarlayarak yeni bir model oluşturmuştur.

Sağlam (2009), çalışmasında büyük açıklı yapıların özelliklerini ve taşıyıcı sistem kullanımını tipolojik olarak incelemiştir.10-25 metre açıklıklarda kullanılacak malzemelerden tutkallı tabakalanmış ahşap, prefabrike betonarme ve çeliği kıyaslayarak bir örnek üzerinden inceleme yapmıştır.

Yıldırım(2003), çalışmasında taşıyıcı sistemlerin özelliklerinden bahsederken avantaj ve dezavantajlarına değinmiş, taşıyıcı sistem seçiminde göz önüne alınan ölçütler incelenmiş ve bunlara tablolarda yer vererek tabloların nasıl kullanılması gerektiği anlatılmıştır.

Ekşi (1999), çalışmasında tasarımcıların pencere için ürün seçimine yardımcı olmak amacıyla ürün seçim yöntemini pencere ürünlerine uygulamıştır.

Hıraoğlu (2007), ahşap ve çelik makas sistemleri malzeme ve sistem özellikleri açısından incelemiş, 15 metre açıklık için iki sistemi tasarım ve üretim ölçütleri açısından değerlendirmiştir.

Bahadır (1997), açıklık geçen sistemleri malzemelerine göre sınıflandırmış ve incelemiştir. Taşıyıcı sistemleri örnek yapı olarak Batı Turizm Merkezi projesi kapsamında gerçekleştirilmiş “Tatilya” temalı park üzerinden analiz etmiştir.

Urfalı (2012), geniş açıklı yapıların çelik taşıyıcı sistemlerini incelemiş, taşıyıcı sistemlerin dünyadaki güncel örnekler üzerinden analizlerini yapmıştır.

Kalay (2016), çalışmasında ahşap, çelik, betonarme taşıyıcı sistemleri inceleyerek, malzemenin etkinliğini, açıklık, toplam madde miktarı ve ekonomikkriterlere göre incelemiş ve birbiriyle kıyaslamıştır.

Özat (2014), çalışmasında membran sistemlerin taşıyıcı sistemler içerisindeki yeri, taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme ve destek elemanları ile ilgili uygulama detaylarına ilişkin bilgiler vermiştir. Geniş açıklık geçme kriterlerini esas alarak yapılmış örnekleri incelemiştir.

Atalay (2002), çalışmasında geniş açıklıkları geçmede yaygın olarak kullanılan kafes kiriş ve uzay kiriş sistemleri incelemiş, bu iki taşıyıcı sistem için Türkiye’deki uygulama durumu hakkında Atatürk Organize Sanayi Bölgesi içindeki yapılarda taşıyıcı sistem analiz çalışması yapmıştır.

3. GENİŞ AÇIKLIKLI YAPILAR

3.1. Giriş

Yapı üretim sürecinde, gereksinime uygun tasarım biçimini belirlemek ve bu biçimi ayakta tutacak taşıyıcı sistemi tasarlamak, mimari eylemin ilk basamağında yer almaktadır. Burada amaç malzeme ve teknik seçim işlemleri doğrultusunda kullanıcıların içinde kendini güvende hissedebileceği bir hacim oluşturmaktır.

Duvar, hacmi sınırlandıran düşey yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Mekan, düşey yapı elemanları ile sınırlandırılmış bir alanın örtülmesi ile oluşturulur. Bir mekanı örtmek için geçilecek açıklık öncelikle kullanılan malzemenin boyutsal olanakları ile sınırlıdır.

3.2. Geniş Açıklıklı Yapıların Tarihsel Gelişimi

Mimarlığın geçmişten bugüne gelişinde, taşıyıcı sistem daima formu biçimlendiren, formu etkileyen en önemli faktörlerden birisi olmuştur. Barınma ihtiyacına ek olarak değişen sosyal ve kültürel etkinliklere cevap verebilecek fonksiyonları karşılayabilen geniş mekan ihtiyaçları da mimarlığın gelişimini etkilemiştir.

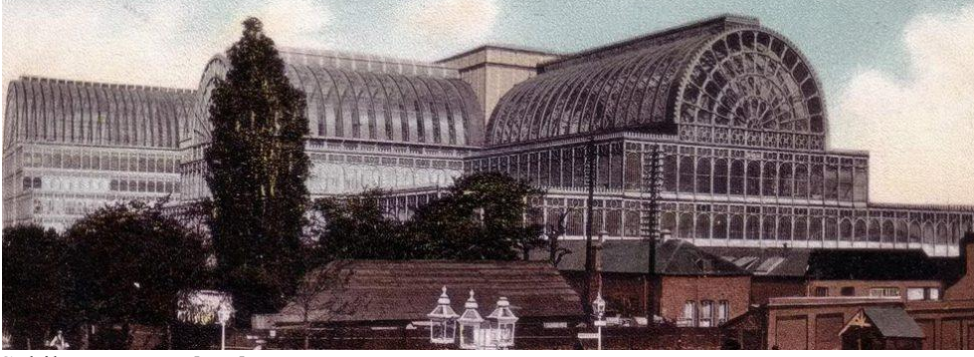
Modern dönem öncesinde özellikle dinsel yapılarda görülen büyük açıklıklı yapı uygulaması uzunca bir süre bu şekilde devam etmiştir. 1789'da endüstri devriminin yaşanması ile modern döneme girilmiş insanların sosyal ve kültürel yaşamlarındaki değişimler mimariye de yansyarak ortaya çıkan yeni fonksiyonlar büyük açıklıklı yapı uygulamaları şeklinde günlük yaşamın içine girmiştir. Ancak o döneme kadar kullanılan geleneksel malzeme ve yapım sistemi, endüstri devrimi sonrasında yetersiz kaldığı için yeni arayışlara gidilmiştir. Demirin endüstriyel olarak üretilmesi ve yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması bu döneme denk gelmektedir(Eyüce, 2001).

Aydınlanma Çağı olarak da kabul edilen bu dönemde aristokrasinin çökerek diğer halk sınıflarının seslerini duyurmaları, milliyetçilik akımları ve toplumsal bilinçlenmenin ön plana çıkmasıyla büyük açıklıklı yapılar yeni sosyal güçlerin simgesi haline gelmiştir. Sanayinin geliştiği özellikle doğu blok ülkelerinin başkentlerinde yönetim binaları, galeriler, müzeler, sergi ve fuar salonları, demiryolu istasyonları açıklık ve görkem yönünden o çağın dini yapılarının önüne geçmiştir(Öztürk, 1997).

19.yüzyılın ortalarına kadar açıklıklar, taşve ahşap gibi geleneksel malzemelerle ve bu malzemelerin olanaklarına göre geçilmiştir(Kayalar, 2010).Bu dönemde taş malzemenin yük taşımada basınç altında çekmeye göre daha güçlü olmasıyla malzemenin bu avantajı forma yansıtmış ve geniş açıklıkları geçmede kemer, tonoz ve kubbe gibi eğri eksenli sistemlerden yararlanılmıştır.

Kubbe ve tonozlar özellikle dini yapılarda yoğun bir şekilde kullanılan örtü sistemleridir. Bir eğri yayının bir eksen etrafında döndürülmesiyle oluşturulan kubbeler ve bir eğri yayının başka bir eğri üzerinde kaydırılması ile oluşturulan tonozların eğrileri daire, parabol, elips gibi şekillerdir. Bu formlar hacimleri en az yüzey ile örten geometrileri nedeniyle oldukça stabil yüzeylerdir (Kayalar, 2010).

Sanayi devriminden sonra yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak demir, çelik ve betonarme kullanılmaya başlanmıştır. Bu dönemde daha önce köprülerin yapımında kullanılan demir malzeme için geniş açıklıklı yapılara ilk örnek Crystal Palace'tır (Şekil 3.1). 1889 Paris fuarı için inşa edilen 111 m açıklıklı Crystal Palace'ın yapımı için demir ve ahşabın yanı sıra standart boyutlardaki cam kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Crystal Palas

Birinci ve İkinci Dünya savaşları sırasında çelik yapı uygulamaları bir duraklama dönemine girmiştir. Ancak savaş sonrasında geniş açıklıkları en az malzeme ile en verimli şekilde geçme çabaları ve asma sistemlerdeki gelişmeler, ölü yükleri azaltarak yapıyı hafifleten, böylece yapının yeni taşıyıcı sistemler ile tasarlanması ve bunların mimari bir anlatım aracı olarak kullanılması sonucunu getirmiştir (Eyüce, 2001).

Bugün geniş açıklıklar; hangarlar, havalimanları, fuar pavyonları, kapalı spor salonları ve stadyumlar gibi farklı fonksiyonları karşılamak için tasarlanan yapılar şeklindedir. Teknoloji ile birlikte gelişen ve değişen sistemler, toplum beklentilerinin değişmesi ve eylemlerindeki yenilikler ve mimarların tasarım ve uygulama açısından farklı arayışlar içerisine girmesi ile çeşitlenmiştir.

Asıl amaç en az gereç kullanarak, en hafif ve ekonomik sistemlerle, olanakların elverdiği ölçüde büyük açıklıkları örtmektir (Bayülgen, 1993).

3.3. Geniş Açıklıkların Örtülmesinde Kullanılan Yapı Malzemeleri

3.3.1. Ahşap

Ahşabın malzeme özellikleri fiziksel, mekanik, kimyasal, ekolojik, ticari ve teknolojik açıdan incelenebilir.

Ahşap malzemenin fiziksel özelliklerini özgül ağırlığı, ısı iletkenliği, sertlik ve akustiği, su ve nem dayanımı, elektrik iletkenliği oluşturur.

Ahşabın özgül ağırlığı ağaç türlerine göre farklılık gösterir. Örneğin çam için bu değer 0.50 gr/cm^3 iken, kayın için 0.86 gr/cm^3 , meşe için 0.89 gr/cm^3 'tür. Birim ağırlık artıka mukavemeti ve ısı iletkenliği artar. Ahşap, gözenekli bir malzeme olması ve bünyesindeki selüloz nedeniyle sıcak ve soğuga karşı geçirimsiz bir malzemedir. Isıyı lif doğrultusunda, liflere dik doğrultuya göre daha fazla taşır (Bahadır, 1997). Isı iletkenlik değerinin düşük olması ve kömürleşme özelliğiyle yangına 30-90dk.dayanabilmektedir. Bu süre çelik için 10dk'dır(Öztürk, 1997). Kuru ahşap elektriği iletmez bu nedenle alçak gerilimlerde yalıtkan olarak kullanılmaktadır. Ancak tamamen kuru ahşaptan bahsedilemeyeceği gibi rutubetinin artmasıyla malzemenin iletkenliği de belirgin bir şekilde artar. Ahşap malzeme bünyesinde özsü ve serbest su olmak üzere iki türlü su bulundurur. Ahşabın nemini serbest su oluşturur. Yeni kesilen ağaçta rutubet genelde %40 ile %50 arasında bir değıerdedir. Ahşap malzemenin bulunduğu ortamın nemini alması sebebiyle tam kuru halde bulunması olanaksızdır. Ahşabın nem miktarının artmasından ya da azalmasından dolayı hacmi değıışir. Büzölme, şişme, çatlama, yarıma gibi deformasyonlar meydana gelir ve bu da ahşabın performansını olumsuz yönde etkiler. Rutubet artışı mekanik mukavemetin düşmesine sebep olur(Bahadır, 1997).

Ahşap lifli ve boşluklu yapıda olması nedeniyle hafif, basınca çekmeye, eğilmeye, burulmaya ve kesmeye çalışan bir malzemedir. Ahşabın bu etkilere gösterdiği mukavemet, anatomik yapısına, yoğunluğuna ve rutubet derecesine göre değıışir. Bu nedenle emniyet gerilmeleri düşüktür. Lifli yapısı metal ve beton gibi

aniden çökmesini ve kırılmaya uğramasını engeller. Hacim değişimleri yüzünden çatlamalara uğrayabileceği için liflere dik yönde çekmeye çalıştırılmaz. Liflerin ayrışması belli bir süre gerektirdiği için diğer malzemelerden farklı bir deformasyon eğrisine sahiptir. Ancak liflere dik doğrultuda zorlandığında, liflere paralel düzlemler boyunca kayma meydana gelir (Bahadır, 1997).

Piyasada bulunan doğal ahşap malzemeler kalas, tahta, çıta ve latadır (Çizelge 3.1). Tahta ve kalaslar, geniş yüzeyleri boyunca üst üste yapıştırılarak tutkallı lamine ahşaplar elde edilebilir ve ihtiyacın gerektirdiği biçim ve ölçülerde yapı elemanları oluşturulabilir. Tabakalı kompozit ahşap, masif ahşabın kusurlarından arındırılarak kullanılması ve diğer avantajları ile geniş açıklıklı yapı sistemlerinde çeliğe alternatif olmuştur. Ahşap malzemelerle ağaç boyuna bağlı olarak 5m açıklık geçilirken tutkallı lamine kirişlerle 150 m kolonsuz olarak geçilebilmektedir (Öztürk, 1997).

Çizelge 3.1 Çeşitli doğal ahşap yapı elemanı boyutları

ÇEŞİT	En (cm)	Kalınlık (cm)
Kalas	16 - 28	4.1 -15
Tahta	15 - 50	1 - 4
Çıta	2.4	1.2
Lata	4 - 12	2.4-4.8

Lamine (tutkallı ahşap), esas itibarıyla tahtaların üst üste tutkallanarak gerekli yükseklikte dikdörtgen ve “I” kesitli elemanların elde edilmesiyle oluşur. Lamine ahşap Otto Hetzer tarafından, Hetzer sistemi adıyla taşıyıcı sistemlerde kullanılmıştır. Lamine (tabakalanmış) tahtalar veya kalaslar, kolon ya da kiriş gibi temel biçimlerde fabrikalarda üretilir. Daha sonra bu temel biçimler birleştirilerek kafes kiriş, dolu gövdeli kiriş, çerçeve, kemer, kubbe, kabuk ve katlanmış plak şeklinde yapı elemanlarına dönüştürülür (Sungur, 2005).

Ahşap üretimi ve işlenmesi diğer yapı malzemelerine göre daha az enerji gerektirir. Düşününün aksine yapı malzemesi olarak kullanılması ormanların

azalmasına değil bilinçli olarak yaşıatılmasına olanak sağlamaktadır. Bilinçli üretim ve kullanımla kaynağı tükenmeyecek geri dönüşümlü bir yapı malzemesidir. Hafifliği, üretimi ve işlenmesi sırasında düşük enerji ihtiyacı, yangın dayanımı, amorf form oluşumlarına imkân vermesi gibi olumlu özellikleri ahşabı büyük açıklıkları geçmede kullanışlı bir yapı malzemesi yapar.

Organik bir malzeme olması nedeniyle mikroorganizmalara ve atmosferik etkilere karşı korunması gerekir. Havadaki oksijen, nem ve karbon asidi ahşap hücrelerini asitleyerek çürütürler. Bu da liflerin mukavemetinin azalmasına neden olur. Ahşap çürümeye karşı; süblimatlı banyoya batırılabilir, özsuğunun dışarı atılması için kabuklu ağacın uçlarından bakır tuzları şırınga edilebilir ya da su geçirmez hale getirmek için ahşabın gözenekleri kimyasal maddelerle doldurulur (Bahadır, 1997).

Bakteri, mantar, böcek ve kurtlar ahşabın yapısındaki selüloz ve ligninle beslenerek ahşabı kimyasal ayrıştırmaya uğratırlar. Ahşabın dokusuna zarar vermeleri nedeni ile önlem alınması gerekir. Mikroorganizmaların zararlı etkilerine karşı su eriticili kimyasal bileşikler (krezot, bitüm, katran, bakır, krom, çinko ve arsenik esaslı bileşikler) ve organik eriticili kimyasal bileşikler (metalik klor naftalinleri, benzen, çam reçinesi, poliestere...) kullanılır.

Piyasada kolaylıkla temin edilebilen normal boyuttaki tahta ve kalasların usulüne göre tutkallanmasıyla istenilen büyüklükte, çok uzun boylarda ve değişken kesitlerde tutkallı – tabakalı (lamine) taşıyıcı sistem elemanları oluşturulabilir. Lamine ahşap hafif olduğu için yapıya gelen deprem yükünü de azaltacağından depreme dayanıklılık açısından olumlu özellik gösterir. İşçiliği betonarme ve çeliğe göre daha basit, kolay ve ucuzdur. Lamine ahşap elemanların çürümeye karşı dayanımları da fazladır. Tutkallamanın gerektirdiği yapay kurutma işlemi sırasında ahşabın içinde bulunması muhtemel parazitler, böcekler ve yumurtaları yok edilir. Genel kanının aksine lamine ahşaplar çelikle karşılaştırıldığında yangına karşı daha dayanıklıdır. Ahşap eleman yandıktan sonra dışında oluşan kömür tabakası yangının kesit içine doğru ilerleme hızını keser. Bu nedenle lamine ahşap

elemanlar yangın direnci en yüksek olan, yangın sırasında yük taşıma gücünü en geç kaybeden yapı elemanlarıdır (Sungur, 2005).

3.3.2. Çelik

Çelik, demir madenine 1300°C’lerde karbon ilavesiyle oluşan bir alaşımdır. Karbon alaşımın sertliğini ve dayanımı artırır. Ancak kırılganlığını da artırır. Özgül ağırlığı 7.85 g/cm³ olan çeliğin, diğer malzemelere göre özgül ağırlığının taşıdığı yüke oranının çok düşük olması yapıya hafiflik kazandırır(Kayalar, 2010). Çeliğe değişik oranlarda alaşım elementleri katılarak kullanım amacına göre değişik özelliklerde çelik üretilebilir (Hıraoğlu, 2007). Basınç ve çekme dayanımları aynı olduğundan yapıda tek başına da kullanılabilir. Çeliğin üretimi kontrollü olarak fabrikada yapıldığı için kusur oranı betona göre daha azdır (Gündoğ, 2007).

Çelik kimyasal bir alaşım olduğundan bileşimindeki her elementin oransal değerleri değiştirilerek çeliğin özelliğini belli bir yönde azaltmak ya da artırmak mümkündür. Çeliğin kimyasal özelliklerini içeriğindeki elementler etkiler. Örneğin içerisindeki karbon oranı sertlik ve çekme dayanımını; mangan ve nikel tokluğunu; bor sertliğini; krom ısı ve dayanımını; molibden, vanadyum ve volfram kızıl sertliğini ve aşınma dayanımını etkiler. Bu oranların üretim sırasında ayarlanmasıyla istenilen özellikteki çelik elde edilir (Hıraoğlu, 2007).

Isısal değişimin önemli olduğu uygulamalarda çeliğin türüne bağlı olarak ısı iletkenliğinin ve ısıl genleşmenin bilinmesi ve tasarımda göz önüne alınması gerekir. Diğer yapı malzemelerine göre daha yüksek ısı iletkenliğine sahiptir. Çeliğin ısı iletkenlik katsayısı 25-40 kcal/mhc arasında değişmektedir. Yanmaz ve alev almaz bir malzeme olmasına karşın, 400°C den yüksek ısı etkisinde taşıyıcılık özelliğini daha yüksek sıcaklıklarda ise tüm mekanik özelliklerini kaybetmektedir (Kayalar, 2010). Çelik malzeme yangın sırasında ısısal etkiyle ortaya çıkan sorunları yapının diğer bölümlerine iletir. Bu nedenle yapıda kullanılırken ısı yalıtımı ve yangın yalıtımı gibi önlemleri de gerektirir.

Korozyon, demir ve çelikte meydana gelen bozulmalardan bir tanesidir. Paslanma şeklinde oksijen ve rutubet etkisiyle ortaya çıkar. Nem oranı %60'ın üzerine çıktığında, havadaki oksijen ve demir reaksiyona girer ve paslanma gerçekleşir. Asit, baz ve elektrik gibi etkiler de çelik üzerinde korozyona sebep olur (Kayalar, 2010). Korozyona karşı yüzey kaplaması ile ya da alaşıma bakır ve fosfor katılarak korunabilir.

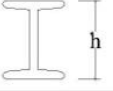
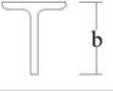
Bunun yanı sıra yapısal çelik istenilen biçim ve boyutlarda üretilebilir. Ön üretimli olması ve milimetrik ölçülerde üretim gerçekleştirilebilmesi montaj ve uygulamada kesin sonuçlar sağlar. Çeliğe, dövme, haddeden geçirme, germe, tel çekme, kalıplama, bükme gibi mekanik işlemlerle istenilen şekil verilir. Çelik yapı elemanlarının birleşiminde perçin, bulon ve kaynak gibi birleşim araçları kullanılır. Perçin ve kaynak sökülemeyen birleşim araçları iken bulonlu birleşimler sökülebilen birleşimlerdir.

Yapı sektörünün betonarmeye dayalı olduğu Türkiye'de, çeliğin inşaat sektöründe toplam payı %5 seviyelerindedir. Üretilen çelik, genelde alt yapı projeleri ve endüstriyel yapılar için kullanılmakta ya da ihracatı yapılmaktadır. Kullanım süresi dolan çeliklerin %60'ı geri dönüştürülmektedir. Çeliğin üretimi sırasında, %20 oranında geri dönüştürülen hurdalar, %20 oranında üretim sırasında oluşan hurdalar ve %40 oranında yeni hammaddeler kullanılmaktadır (Sağlam, 2009).

Çelik fabrikalarında şekillendirilen çelik malzemeye hadde ürünleri denir. Profiller, lamalar, levhalar ve özel kesitli profiller yapıda kullanılan başlıca hadde ürünleridir.

Profiller: Profiller yükseklikleri ile tanımlanırlar. Başlıca profil tipleri; I profil, [profil, ve T profillerdir (Çizelge 3.2). I profiller, normal I profili, IPE profili ve IPB profili olarak 3 şekilde üretilir.

Çizelge 3.2. Çelik profil çeşitleri ve ölçüleri

I Profilleri		h= 80- 600mm
		h= 80- 600mm
		h= 100- 1000mm
I Profili		h= 30- 40mm
Korniyerler		a=b= 20- 200mm t= 3-28 mm
		a = 20-100 mm b = 30- 250 mm t = 3 - 16 mm
T Profili		h= 20- 140mm

Lamalar: Lamalar dikdörtgen kesitli çubuklardır. Genişliklerine göre 3 çeşidi vardır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Lama çeşitleri ve ölçüleri

LAMALAR	GENİŞLİK (mm)	KALINLIK (mm)
Dar lamalar	10~50	5-60
Geniş lamalar	151 -1250	5-60
İnce lamalar	12-630	0,1 - 5

Levhalar: Kalınlıkları diğer boyutlarına göre çok ince olan elemanlardır. Kalınlıklarına göre 3 çeşidi vardır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Levha çeşitleri ve ölçüleri

LEVHALAR	DİKDÖRTGENİN BOYUTLARI (b) (l)		KALINLIK(t)
İnce levhalar	530 -1250	760-2500	5 -60
Orta levhalar	2500	7000	3 <t >4.75
Kaba levhalar	3600	8000	t > 5

Özel Kesitli Profiller: Özel biçimlerde üretilen hadde ürünleridir. Boru profiller, kutu profiller, raylar, (Z) profilleri gibi çeşitleri vardır.

3.3.3. Betonarme

Betonarme diğer yapı malzemelerinden farklı olarak iki ayrı özellikteki malzemeden, beton ve çelikten oluşur. Beton, belirli oranlarda kum, çimento, katkı malzemeleri ve suyun karıştırılması ile oluşan kompozit bir malzemedir. Basınca karşı dayanımı çok yüksek olmasına rağmen çekme dayanımı oldukça düşüktür. Çelik ise hem çekmeye hem basınca karşı yüksek mukavemet gösterir. Bu yüzden çekme dayanımı zayıf bir malzeme olan beton yapıda yük taşıma elemanı olarak, çelikle birlikte kullanılmaktadır.

Aderans betonarme için önemli bir faktördür. Çelik ve betonun birbirine yapışması olarak tanımlanır. Aderans, betonarme elemanların mukavemetini iki şekilde etkiler. Basınç ve çekme etkisi altında, donatıları betondan ayırmaya çalışan yüke karşı donatının beton malzemeye ankrajını sağlar. Buna dış aderans denir. Çekme ve eğilmeye çalışan, donatı çubuklarını ayırmaya zorlayan betonarme elemanlarda, aderans iki malzemenin birlikte hareket etmesini sağlar. Buna da iç aderans denir (Kayalar, 2010).

Betonarmenin birim ağırlığı, içindeki çelik miktarına bağlı olarak değişmektedir. Ancak yürürlükteki şartnamelere göre 2500 kg/m^3 ortalama değeri kabul edilmiştir. Isıl genleşme için ise ortalama 10^{-5} katsayısı kabul edilmiştir. Betonun çekme etkisi altında kopma uzaması değeri çeliğe göre oldukça küçüktür. Bu yüzden beton belirli bir sınır gerilmesinden sonra, çekme etkisi altında donatı

çubuklarının şekil değiştirmesini takip edemez ve çatlama meydana gelir. Betonun prizinden sonra yükler altında büzülmesine rötre denir (Bahadır, 1997).

Betonarme malzemede rötreten dolayı birtakım ek gerilmeler meydana gelir. Bunun sebebi çelik donatıların, rötreten dolayı betonun boyunun kısılmasına engel olmaya çalışmasıdır. 400°C -700°C 'de %2 oranında rötre meydana gelir. Sıcaklığa bağlı gerilmeler meydana gelse de betonarme, beton gibi kısa süreli yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir malzemedir. 1400 °C erime sıcaklığına sahip çelik betonun içinde korunmuş durumdadır. Bu yüzden betonarme malzeme, kısa süreli sıcaklık etkisinden çok, uzun süreli sıcaklık etkisinden olumsuz etkilenir. Sünme, sabit yük etkisi altında betonun şekil değiştirmesi olarak tanımlanan diğer bir mekanik özelliğidir. Önceden göz önüne alınmayan bu mekanik özellikler yapıda hasarlara sebep olacaktır. Betonarme geri dönüşümü oldukça zor bir malzemedir.

Betonarmenin dökme bir malzeme olması kalıplar yardımıyla istenilen biçimde üretilmesine olanak sağlar. Betonarmenin ticari özellikleri ve üretimi, betonarmeyi oluşturan bileşenleri açısından ele alınmalıdır. Çimento, kil ve doğal kalker taşları karışımının yüksek sıcaklıkta pişirilip öğütülmesi ile hava da ve suda katılaşma özelliği gösteren, kül renginde toz bir malzemedir. Piyasada 50 kg'lık torbalar halinde satılır. Kum ise dane çaplarına göre ince kum, orta kum ve iri ya da kaba kum olarak adlandırılır. Elek analizi sırasında taneler farklı delik çaplarına sahip eleklerden geçer. Kum delik çapı 7 mm olan elekten geçerken, çakılların çapı 7-70 mm arasındadır. Yapıda kullanılacak olan kum silisli olmalı, içinde toprak, kil ve organik maddeler bulunmamalıdır. Bu bileşenler şantiyede uygun ölçülerde birleştirilebildiği gibi, hazır olarak da temin edilebilir. Transmikser yardımıyla kum, çakıl, çimento ve su karıştırılıp beton haline getirilir. Betonarmede kullanılan çelikler ise TS708'e uygun olmalıdır (Bahadır, 1997).

Betonarme yerinde yapım tekniği ile monolitik olarak üretilbildiği gibi sonradan şantiyede montajı yapılmak üzere fabrikada da ön yapımlı olarak üretilir. Prefabrikasyon adı verilen bu yöntemde, yapı malzemesi olarak beton ve türevleri (beton, betonarme, öngermeli beton) yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.3.4. Prefabrik Beton

Prefabrikasyon kavramı, yapıyı oluşturan elemanların önceden fabrikalarda üretilerek, şantiyede birleştirilmesi esasına dayanan ön üretimli bir yapım yöntemidir. Prefabrikasyon uygulamalarında ahşap, çelik, plastik gibi malzemeler kullanılsa da taşıyıcı eleman prefabrikasyonunda beton ve türevleri (beton, betonarme, öngermeli beton...) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Betonarme yapı elemanlarının prefabrik olarak üretilmesiyle, kalıp, iskele malzemesi ve işçiliğinden tasarruf sağlanır. Bileşenlere en uygun kesitlerin verilmesiyle çelik tasarrufu sağlanır. Bu sayede yapı elemanlarının hafif ve ince kesitli olması yapıya gelen deprem yükünü önemli ölçüde azaltır. Donatı kontrolünün ve sıkıştırma, sertleştirme gibi işlemlerin iyi şartlar altında yapılması, montaj zamanına kadar betonun rötresinin tamamlanması ile rötreden doğacak deformasyonların önlenmesi, montajdan hemen sonra yükleme yapılıp binada kullanılabilmesi, uygun bağlantı türü ile elemanları demontajı ve yeniden yapımına veya binanın büyütülebilmesine imkan verecek şekilde seçilebilmesi bu yöntemin diğer avantajlarıdır (Başkan, 2009).

Ön yapım betonarme bileşenlerle oluşturulan prefabrik sistemlerde, monolitik konstrüksiyonun rijitliğini sağlamak zordur. Birleşim noktalarının büyük yatay kuvvetlere göre hesaplanması ve detaylandırılması gerekir. Statik hesapların yanı sıra deneylerinde yapılması, beton bileşenlerdeki ağırlık sorunu ve buna bağlı nakliye ve montaj güçlükleri bu sistemin dezavantajlarıdır (Başkan,2009).

Betonarmenin bütünlüğünü koruyacak şekilde ön yapımli elemanların inşaat yerinde birleştirilmesi önemlidir. Filiz (bekleyen donatı) bırakarak birleştirme bu yöntemlerden biridir. Filiz şeklinde bırakılan prefabrike elemanlar üzerindeki çelik çubuklar, yeterli bindirme boyu ile yerinde dökülen betonun içine yerleştirilen ekleme donatısı ile birleşimi sağlar. Negatif moment sıkışması ile birleşim bu yöntemlerden bir diğeridir. Negatif moment ile sürekli kiriş ve panolarının alt kısımlarının ana kirişlere iyice sıkışıp yapışması sağlanır. Üstteki çekme zoru ise çekme donatılarıyla karşılanır. Bulonlarla ya da ön gerilme

kabloları kullanarak sıkıştırma ile de birleşim sağlanabilir. Kabloların prefabrik elemanların dışında düzenlenmesi tüm sisteme basitlik ve ekonomi sağlar (Bahadır, 1997).

3.3.5. Membran

Membran, esnek özellikte bir dokuma kumaştır. Esnek yapısı nedeniyle oldukça çeşitli formlar oluşturabilir. Sistemin açıklığına, uygulanacak yerdeki iklim koşullarına ve ısı-ses direnci gibi kriterlere göre farklı özellikte membran üretilmektedir. Membran hem taşıma hem örtme özelliği gösteren, esnek, bükülebilen, eğilme rijitliği göstermeyen, ısı ve ses yalıtımına yardımcı, kar, rüzgar, yangın ve güneş ışınları gibi etkenlerden etkilenmeyen özellikte bir malzemedir. Membran sistemler için önerilen 3 tip malzeme vardır. Bunlar; plastik filmler, metalik örgü ya da folyeler ve plastik kaplı dokumalardır(Arun, 2018). Ancak membran malzemeler en temelde; homojen membranlar ve örgü (dokuma) membranlar olarak iki gruba ayrılabilir. Plastik membranlar homojen bir yapıya sahipken örgü membranlar heterojen bir yapıya sahiptir (Özat, 2014).

İzotrop yapıdaki plastik kökenli membranların her noktalarında özellikleri aynıdır. Plastik membranların ısı iletkenlikleri düşüktür. Plastiğin ısı geçirgenliği nedeniyle sera ve geçici üst örtülerde kullanımı uygundur. Çekme dayanımı örgü ve dokuma membranlara göre düşük olduğu için yapılarına lif eklenerek çekme dayanımı artırılabilir. Elektrik iletkenlikleri yoktur, yangın dayanımları ise azdır.

Örgü ve dokuma membranlar doğal ve yapay ipliklerin dokunmasıyla elde edilirler. Çekme kuvvetini dokumanın belirlediği bu malzemede iplikler çözgü ve atkı lifleriyle dik açılı bir şekilde örülür. Atkı yönündeki lifler dokuma süresince gerilir bu nedenle uzamaları diğer çözgü yönüne göre daha fazladır. Atkı yönünde ise deformasyonlar daha az ve çekme direnci daha yüksektir(Sarıay, 1999).

Çizelge 3.5. Membranların Ağırlık ve Dayanımları (Türkçü, 2003)

Membranlar	Ağırlık	Yırtılma Direnci
Organik Bezler	600 gr/m ²	300 kg/ 5cm
Trevira – PVC Kaplı	850 gr/m ²	330 kg/ 5cm
Diolen – Pvc Kaplı	813 gr/m ²	451 kg/ 5cm
Yapay Membranlar	700 – 1000 gr/m ²	6 – 10 t/m

Bunlara ek olarak homojen plastik membranlara ip veya tel takviyesiyle, homojen/örgü membran kombinasyonu oluşturulur. Davranışı homojen membranlara benzemesine rağmen takviye edilen tabakadan dolayı çekme direnci daha fazladır(Türkçü, 2003). Sentetik veya organik liflerle dokunurlar. Dokumaların mekanik özelliklerindeki farklılıklar liflerin örülme şekillerinden kaynaklanır. Dokuma şekli ise çekme mukavemetini etkiler. Homojen/örgü membranlar, plastik membranlara göre daha kolay kir ve nem tutmalarına rağmen, yırtılma dayanımları daha yüksek olduğu için taşıyıcı sistemlerde daha yaygın olarak kullanılır. Hava geçirimsizliği ise plastik membranlara göre daha az olduğundan pnömatik sistemlerde kullanıldıklarında pvc (polivinil klorür), ptfe (polietrafloroetilen), slikon, pvdf (polyvinylidene flüoride) gibi malzemelerle ayrıca kaplanmaları gerekir. Dokunmuş membranlar 50 cm uzunluğunda, 1.80 - 2.00 m genişliklerinde rulolar halinde üretilirler (Özat, 2014).

Membran malzemeler, üretici firmalar tarafından standartlaştırılan boyutlarda üretilirler. İstenilen formları elde etmek için kumaşlar; yapıştırma, dikişli birleşim, ısı kaynaklı birleşim ve mekanik birleşim gibi yöntemlerle birleştirilir.

Membran malzemenin temizliği ve bakımı üretici firmaların önerdiği biçimde yapılmalıdır. Aksi takdirde kumaşı temizlemede kullanılan kimyasallar kumaşa zarar verebilir ve kullanım ömrünü kısaltabilir. Bunun yerine nanotek

malzemelerin kullanılmasıyla kendi kendini temizleyebilen membran malzemeler de üretilmektedir.

Uv ışınları, nem ve ısı değişimleri membran malzemenin yapısını olumsuz yönde etkiler, ömrünü kısaltır ya da kullanılmaz hale gelmesine sebep olabilir.

Örgü dokuma membran üst örtüde meydana gelen küçük deformasyonlar yerinde giderilebilir. Büyük yırtıklar gibi zarar gören kısımların olduğu durumlarda ise bu kısımlar çıkarılıp kalıp ve kesim planına göre yeni malzeme uygun birleştirme yöntemleri ile yerine konabilir. Ortam koşullarının da verebileceği zararlı etkiler göz önünde bulundurularak membran sistemlerin 6 ayda bir kontrolleri yapılmalıdır (Özat, 2014).

PROPERTY	FABRIC	
	PVC-COATED POLYESTER	PTFE-COATED FIBERGLASS
Short term structural properties		
Tensile strength	Medium	High
Tensile modulus	Medium	High
Tear strength	Medium	High
Directionality	Stiffer in warp than weft, but there are fabrics available with virtually identical properties in both directions.	Similar properties to PVC-coated polyester.
Long term structural properties		
Construction stretch	Medium	Low
Dimensional stability	Medium	High
Non-Structural properties		
Durability	Lifetime normally 10 to 12 years, depending on the exposure and opacity of coating. Design life could be only 3 to 5 years with highly translucent coatings and up to 15 years with opaque coatings. A white finish will reduce surface temperature and enhance durability.	25 years or more.
Translucency	8% to 30%	5% to 15%
Appearance	All colors available. Can be opaque or translucent. Suffers from dirt retention so that visual rather than physical deterioration is likely to determine working life.	White and a few other colors are available. Dirt is not retained and surface remains clean. No discoloration occurs during lifetime.
Ease of Installation		
Flexibility	High, making for easy fabrication, transportation, and installation.	Low, creating a risk of damage during fabrication, transportation, or installation. Accurate cutting and installation vital.
Jointing	Easily done.	Special techniques needed.
Summary	Overall the most popular coated fabric, and there are many experienced installers. Cheap enough to be replaced every 10 years to maintain pristine appearance.	Used for membrane structures where long life and/or low maintenance are more important than low cost or ease of installation.

Şekil 3.2. Membran Özellikleri(Agnesi, 1998)

3.4. Geniş Açıklıkların Örtülmesinde Kullanılan Sistemler

Strüktür kelimesi Latince ‘‘struere –inşaa etmek’’ fiilinden türetilmiş bir kelime olup, bir araya getirme anlamına gelmektedir. Türkçedeki yapı kelimesiyle de çıkışı ve kullanımı açısından benzemektedir(Özat, 2014). Bazı yabancı sözlüklerde ve literatürde ise strüktür;

- inşa edilmiş bir şey (köprü,kule,apartman vb.)
- küçük parçalardan oluşan bir nesnenin bütünü
- parça, eleman ve bileşenlerin sistemli düzenlenmesi olarak da tanımlanmaktadır.

Strüktür terimi benzer şekilde taşıyıcılık anlamını içerir. Strüktür elemanları taşıyıcı fonksiyonu olan bir sistemin taşıyıcı parçalarıdır.

Taşıyıcı sistemler, belli bir amaç ve işlevi karşılamak için inşa edilir. Mimarlık alanında taşıyıcı sistemler, uygun bir biçimde hacmi, mekanı tanımlamakta, tamamen veya kısmen örtmekte ve sınırlandırmaktadır. Taşıyıcı sistem, üzerine etki eden yükleri bağlı olduğu elemanlara aktarır, öngörülen statik dengeyi sağlamak ve sürdürmek amacıyla oluşturulmuş sistematik bütündür(Türkçü, 2003). Statik açıdan strüktür; mekanı sınırlandıran öğeleri ayakta tutan, örtü ile taşıyıcılar arasında bir denge sistemi olarak tanımlamaktadır(Kuban, 1992).

Taşıyıcı sistemler yapısal özellikleri göz önüne alınarak birçok defa sınıflandırılmıştır. FreiOtto sınıflandırmasında, strüktür ve sisteme ait malzemenin fiziksel hali (plastik, katı, sıvı gibi) ve gerilme türlerine bağlı (eğilme, çekme, basınç gibi) iki ölçüt belirlemiştir. Heino Engel ise strüktür sistemi içerisindeki elemanları kuvvet türüne göre ayırmıştır. Bunlar;

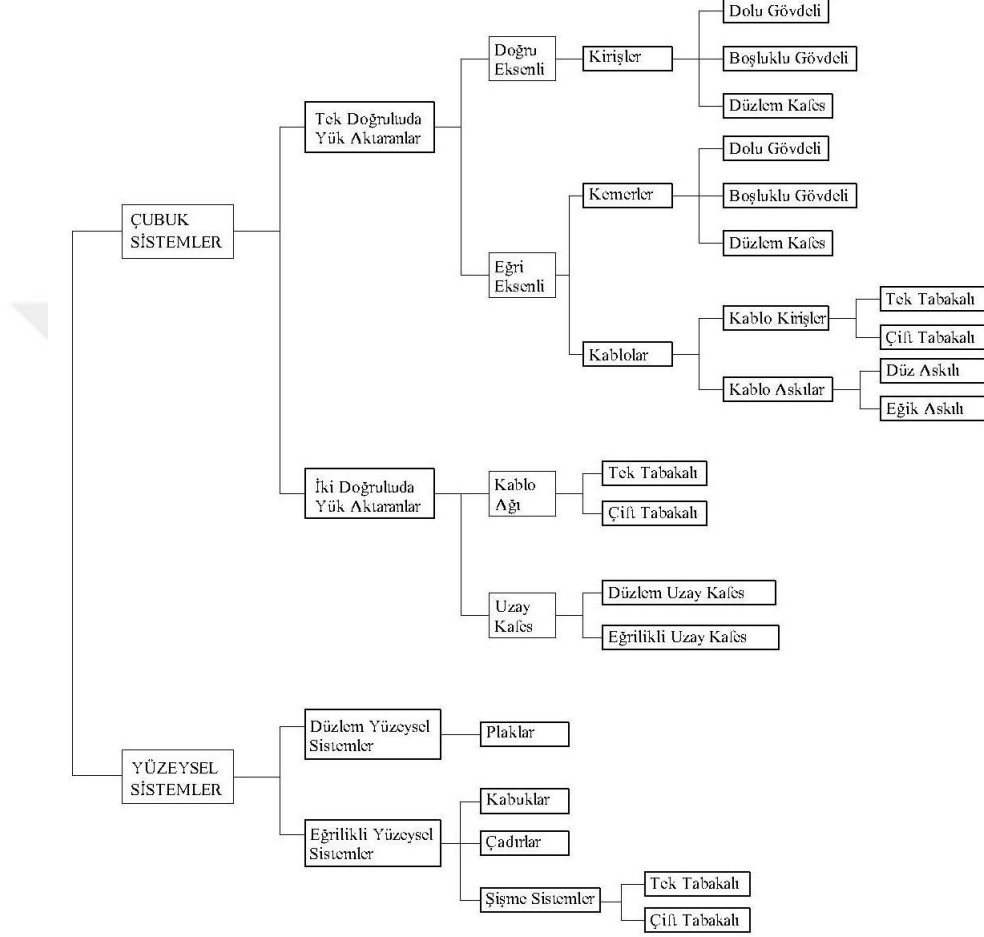
- kütle etken strüktür sistemler,

- yüzey etken strüktür sistemler,
- biçim etken strüktür sistemler,
- vektör etken strüktür sistemler,
- düşey taşıyıcı sistemlerdir.

Engel'in sınıflandırmasında malzeme, biçim, gerilme gibi ölçütler belirleyici değildir. Çetin Türkçü tarafından yapılan bir diğer sınıflandırma ise strüktür sisteminin geometrik özellikleri temel alınarak hazırlanmıştır(Özat, 2014). Bu sınıflandırmada da malzeme özelliği etkin değilken, gerilme türleri bilinen strüktür sistemlerini örneklemek ve gruplandırmak için kullanılmıştır. Tüm cisimleri geometrik yönden tanımlayan nokta, çizgi, düzlem ve hacim kavramlarından hareket edilmiş ancak nokta tek başına bir strüktür sistemi oluşturmadığı için sınıflandırmada yer verilmemiştir.

Bu çalışmada da taşıyıcı sistemler geometrik özellikleri ve yük aktarma prensipleri esas alınarak sınıflandırılacaktır. Ancak strüktürü oluşturan malzeme, sistemi ve tasarımcıyı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Her taşıyıcı sistemin yapım yöntemi malzeme özellikleri ile sınırlıdır. Büyük açıklıkları geçmede malzemenin sistem üzerindeki etkileri tasarımcıyı kısıtlar nitelikte olabilir. Aşağıdaki tabloda ilk aşamada, geniş açıklık olarak tanımlanan açıklıkları örtebilecek sistemlerin malzemeleri göz ardı edilerek bir sınıflandırması yapılmıştır (Çizelge 3.6).Malzemeler bir sonraki aşamada sınıflandırmaya dahil edilerek sistemlerin çalışma prensipleri ve özellikleri açıklanmıştır.

Çizelge 3.6. Açıklık Geçen Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırması (Görün Arun'un Taşıyıcı Sistem Sınıflandırması için oluşturduğu tablodan yararlanarak hazırlanmıştır)



3.4.1. Çubuk Sistemler

Uzunlukları diğer boyutlarına oranla daha büyük olan çubuk elemanlarla oluşturulan sistemlere çubuk sistemler denir. Çubuk sistemler ağırlık merkezinden geçen doğru ya da eğri eksenli ile tanımlanır. Kirişler ve düzlem kafes kirişler doğru eksenli, kemerler ve kablolar eğri eksenli çubuklardır. Kirişler, kemerler, kablo kirişler ve düzlem kafes kirişler yükü tek doğrultuda, uzay kafes sistemler, kablo ağı sistemler ise yükü iki doğrultuda mesnetlere aktarır.

3.4.1.1. Tek Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler

Bu sistemde yükler tek doğrultuda, çubukların uzun eksenleri doğrultusunda, mesnetlere aktarılır. Kolon-kiriş sistemler, çerçeveler, kemerler ve kablolar bu sistemlere örneklerdir. Ancak çalışma kapsamında açıklıkların örtülmesi esas alındığı için kolonlar dikkate alınmamıştır. Dolu gövdeli ve doğru eksenli kirişler, açıklık artıyıcı artan en kesitleri nedeniyle ağırlaşır ve ekonomik olmazlar. Bu nedenle büyük açıklığın tek doğrultuda geçilmesi söz konusu olduğunda ya kirişleri hafifletiren düzlem kafes kirişler ya da eksen eğilerek bu şekilde mukavemeti artırılan kemer kirişler daha fazla tercih edilir (Özşen & Yamantürk, 1991).

3.4.1.1.(1). Doğru Eksenli Sistemler – Kirişler

Kirişler, kolonlar ve perde ve duvar gibi düşey taşıyıcıları birbirine bağlayan yatay taşıyıcı elemanlardır. Taşıyıcı sisteme etkiyen yüklerin dağılımı, kirişlerden mesnet noktalarına, mesnet noktalarından kolonlara ve temellere iletilerek gerçekleşir.

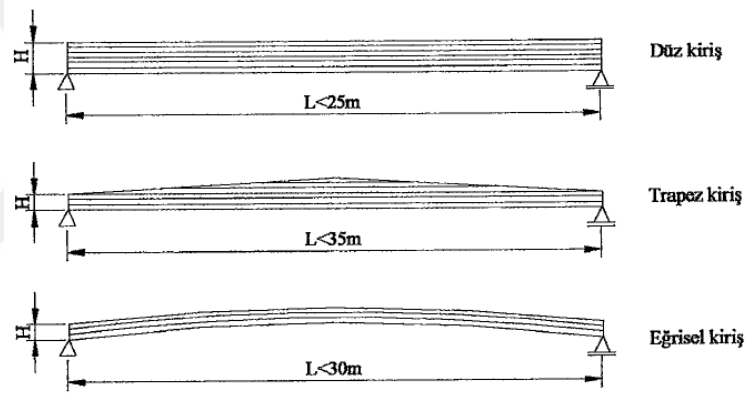
Kullanılan malzemeden bağımsız olarak mesnet açıklığı arttıkça, bu açıklığı geçebilecek kirişinde yüksekliği artmaktadır (Kayalar, 2010). Malzemelerine göre kirişler yerinde dökme betonarme, ahşap, çelik ya da ön yapımlı olarak prefabrike betondan üretilir. Geçeceği açıklık ve taşıdığı yüke bağlı olarak kirişler dolu gövdeli, boşluklu gövdeli ya da kafes gövdeli yapılır.

3.4.1.1.(1).(a). Dolu Gövdeli Kirişler

Dolu gövdeli kirişler malzeme olarak betonarme, ahşap, çelik, ya da prefabrike olarak yapılabilir. Döşemeden alınan yük bağlı oldukları kiriş, kolon ya da duvarlara eğilme momenti ve kesme kuvvetleri ile iletilir. Seçilen malzeme sistem özelliklerini etkilediği için kirişler oluşturuldukları malzemelere göre aşağıda alt başlıklar altında incelenecektir.

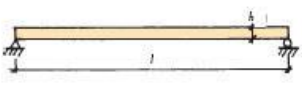
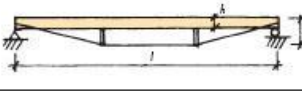
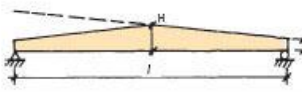
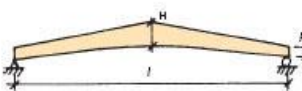
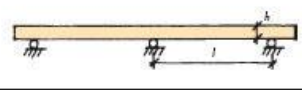
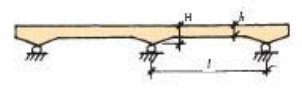
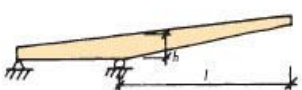
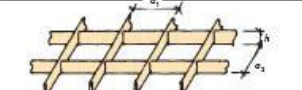
➤ **Ahşap Dolu Gövdeli Kirişler**

Ahşap eski bir yapı malzemesi olmasına rağmen gelişen teknoloji ile tasarım gereksinimlerini daha iyi karşılayacak strüktürel uygulamalar için işlenmiş ahşap bileşikler olarak da adlandırılan elemanlar olarak kullanılmaktadır. Standart boyutlardaki dolu gövdeli ahşap elemanlarla geçilebilen açıklıklar sınırlıdır. Daha büyük açıklıkları geçebilmek için standart kesitli ahşap elemanların yüksek basınç altında birbirlerine tutkallanması ile lamine ahşap kirişler oluşturulur. Lamine ahşap kirişler düz, eğrisel veya trapez şekillerinde olup dolu gövdeli ahşap elemanlara göre daha dayanıklıdır (Şekil 3.3)(Atalay, 2002).



Şekil 3.3. Lamine ahşap kiriş örnekleri ve açıklıklar (Atalay,2002)

Bu kirişler farklı kesit özelliklerine sahiptir ve geçilebilecek açıklıklar bu özelliklere bağlı olarak değişir (Şekil 3.4). Çizelge 3.7'de ahşap kiriş tiplerine göre geçebileceği çatı ve döşeme açıklıkları gösterilmiştir.

Sistem	Teknik	Eğim	Açıklık	Kesit Yüksekliği
	Sabit kesitli kirişler	$\geq 3^\circ$	< 30	$h \sim \frac{l}{17}$
	Dolu gövdeli destekli kirişler	$3-30^\circ$	< 50	$h \sim \frac{l}{40}$ $H \sim \frac{l}{12}$
	Dolu gövdeli trapez kirişler	$3-10^\circ$	$10-30$	$h \sim \frac{l}{30}$ $H \sim \frac{l}{16}$
	Değişken kesitli kirişler	$3-15^\circ$	$10-20$	$h \sim \frac{l}{30}$ $H \sim \frac{l}{16}$
	3 Mafsallı kirişler	$\geq 3^\circ$	< 25	$h \sim \frac{l}{20}$
	3 Mafsallı Makas kirişler	$\geq 3^\circ$	< 25	$h \sim \frac{l}{24}$ $H \sim \frac{l}{16}$
	Konsollu Sistemler	$< 10^\circ$	< 15	$h \sim \frac{l}{10}$
	Makaslar	$\geq 3^\circ$	$30-85$	$h \sim \frac{l}{10}$
	Izgara Sistemler	$\geq 3^\circ$	$12-25$	$h \sim \frac{l}{20}$ ($a = 2,4 - 7,2$ m)

Şekil 3.4. Lamine kirişlerin geçebileceği açıklıklar ve kesit yükseklikleri (Sağlam, 2009)

Çizelge 3.7. Açıklığı geçen kiriş türüne göre çatı ve döşeme açıklıkları (Bahadır, 1997)

AÇIKLIK	ÇATI (m)	DÖŞEME (m)
Tek Açıklık		
Dolu Gövdeli	1,8 -12	1,8 – 6
Lamine Ahşap	3 – 30	1,8 – 12
Eğrisel	7,5 – 30	
Konsol Kiriş		
Lamine	3 - 27	
Sürekli Kiriş		
Tutkallı Lamine	3 – 15	7,5 – 12
Dolu Gövdeli	3 – 15	7,5 – 12

➤ Betonarme Dolu Gövdeli Kirişler

Yaygın olarak kullanılan betonarme kirişlerin, büyük açıklıkların geçilmesi söz konusu olduğunda, yerinde yapılmaları kalıp maliyeti ve işçilik bakımından ekonomik olmamaktadır. Ön yapım yöntemleri ile ön germeli olarak üretildiklerinde daha büyük açıklıkları daha ekonomik olarak geçebilirler.

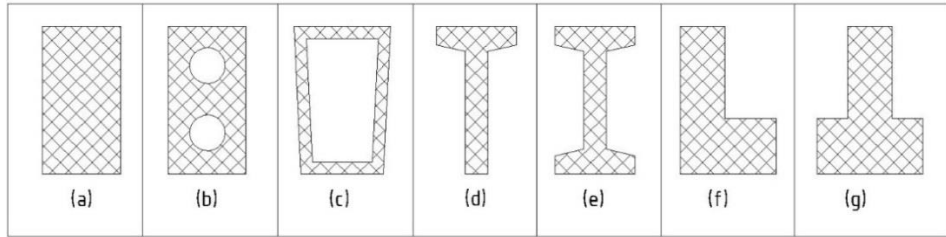
Dolu gövdeli kirişlerle oluşturulan taşıyıcı sistemlerde sistem bileşenleri, ana ve tali kirişler ile kolonlardır.

➤ Prefabrike Betonarme Dolu Gövdeli Kiriş

Prefabrik betonarme iskelet sistemler, ankastre kolonlara kirişlerin mafsallı ya da rijit şekilde bağlanması ile oluşturulur. 15 m açıklığa kadar betonarme dolu gövdeli kirişler; 12-25m’lik açıklıklarda daha çok ön gerilmeli dolu gövdeli kirişler kullanılır. Kiriş uzunluklarındaki 25m’liksınır, ülkenin trafik şartları izin verdiği takdirde 30m’ye çıkabilir. Dolu gövdeli kirişlerin üst başlığına % 10-12 ye kadar

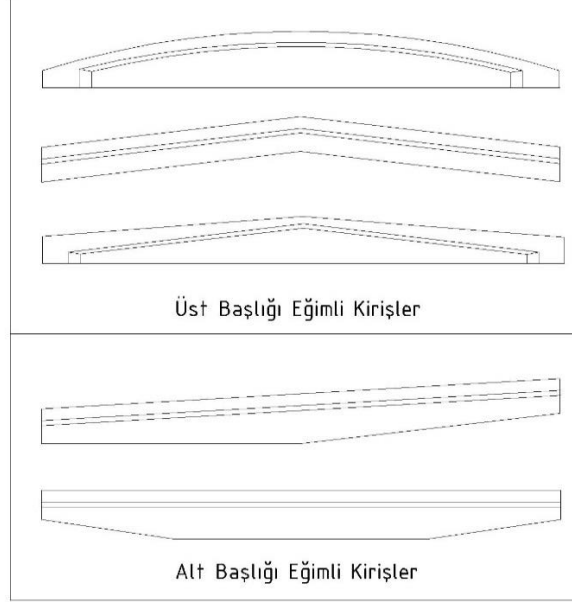
eğim verilebilir. Keson (kutu) kesitli dolu gövdeli kirişlerle 25 - 40 m açıklık geçilebilir (Şekil 3.5) (Ayaydın, 1989).

Betonarme kirişlerin kesit ve biçimleri; üretim, montaj yöntemi, geçilen açıklık, ön gerilme yapımı, kalıp, tesisat bağlantıları ve kullanılacak aşık tipi gibi değişkenlere bağlı olarak değişir. Genel olarak; paralel başlıklı ve üst başlığı eğimli olmak üzere iki gruba ayrılır. Ancak alt başlığı eğimli kirişlerde bulunmaktadır (Şekil 3.6). Normal donatılı olarak en fazla 15 m geçerken, hafiflik ve malzeme tasarrufu sağlayan ön germeli ya da ard germeli kirişlerle 30 m açıklıklar geçilebilmektedir. Paralel başlıklı kirişler dikdörtgen kesitli, T, L ve I kesitli olarak üretilirler. Kirişler kayma gerilmelerine karşı baş ve sonlarından ankraj edilerek güçlendirilir ve kolon ya da döşeme gibi başka bir elemanla bağlanabilmesi için baş tarafında levha ve ankraj çubukları bırakılır. Kirişler döşemelere bu çelik donatılarla bağlanır (Sağlam, 2009).



Şekil 3.5. Ana taşıyıcı kiriş kesitleri; (a) Dolu gövdeli kiriş, (b) Boşluklu gövdeli kiriş, (c) Keson kiriş, (d) T kiriş, (e) I kiriş, (f) L kiriş, (g) Ters T kiriş

Üst başlığı eğimli kirişler trapez kirişler olarak da adlandırılır ve mesnetlere doğru eğim alan kirişlerdir. Kirişlerin başlık eğimleri çatı kaplama malzemesine bağlı olarak %2-15 arasında, I veya T kesitli olarak üretilir. Kirişin orta kısımlarında yüksekliğin artması momentin bu kısımda fazla olması nedeniyle avantaj olurken, diğer yandan kirişin ağırlığını da artırmaktadır.



Şekil 3.6. Üst başlığı ve alt başlığı eğimli kirişler

Aşıklı uygulamalarda kiriş aralıkları 5-8 m arasındadır ve genelde 6m'lik aşıklar tercih edilir. 8-10m den büyük kiriş aralıklarında, aşıkların deformasyona uğramaması için kesitini artırmak, ön germe vermek ya da kafes kiriş şeklinde uygulamak gerekmektedir(Ayaydın, 1989).

➤ Çelik Dolu Gövdeli Kirişler

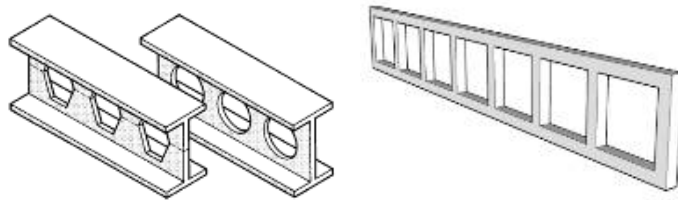
Çelik kirişler I, H, U, T, kutu ya da boru profil gibi dolu profillerle ya da bu profillerin kaynak, bulon yada perçin gibi birleştirme yöntemleri ile istenilen şekilde birleştirilmesi ile üretilebilir. Hadde ürünü dolu gövdeli kirişler genellikle geniş I profil şeklinde yapılır. I profillerin başlıklarında malzeme yoğun olduğundan eğilme etkisindeki kirişler için kesiti uygundur. Simetrik olmayan U ya da T gibi profillerde eğilme momentinin yanı sıra burulma momenti de oluşacağı kirişler yüklenirken göz önünde bulundurulmalıdır(Sağlam, 2009).

Kiriş yüksekliğinin sınırlandırıldığı ya da kiriş yüksekliğinin artırılmasının ekonomik olmadığı, profil kesitinin kirişin taşıdığı yük bakımından yeterli olmadığı durumlarda, momentin büyük olduğu noktalarda kiriş levhalarla takviye edilir. Levhalı en kesitli kirişler, genellikle iki başlık levhasının tek gövde levhasına eklenmesi ile oluşturulur ve hazır profillerin, takviyeli profil en kesitlerinin yetmediği, büyük açıklıkların geçildiği durumlarda kullanılır. Levhalı yapma en kesitli kirişlerde kiriş yüksekliği artırıldığında gövde levhası da ona oranla kalın yapılmalıdır. Kirişin ince yapıldığı durumlarda burkulmaya uğramaması için gövde düşey ya da yatay levhalarla berkitilir. Ancak berkitilme levhaları kirişi ağırlaştırır. Kutu kesitli kirişler ise iki başlık levhasına iki gövde levhası kaynaklanarak oluşturulur(Arun, 2018).

Yapılarda 15 m den büyük açıklılarda ve kesit yüksekliğinin 1.5 m den fazla olduğu durumlarda dolu gövdeli kirişler, kendi ağırlıkları ve yapıya getirdiği yük bakımından ekonomik değildir. Bu nedenle geçebileceği en büyük açıklık 35 m olarak belirtilmiştir. Dolu gövdeli kirişlerde kiriş yüksekliği ile açıklık arasındaki oran basit kirişlerde; $L/12 - L/16$, sürekli kirişlerde; $L/16 - L/24$ düzeyindedir(Arun, 2018).

3.4.1.1.(1).(b). Boşluklu Gövdeli Kirişler

Boşluklu gövdeli kirişler; ahşap ve prefabrike yapım sisteminde Vierendeel kiriş, çelik yapım sisteminde Castella, Litska ya da Vierendeel kiriş olarak yapılır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Petek ve Vierendeel Kiriş (Urfalı, 2012)

Boşluklu gövdeli kirişler yükleri eğilmeye çalışarak taşır. Artan kesit yükseklikleri nedeniyle eğilme dayanımı artar bunun sonucunda daha geniş açıklıkları geçebilmeye olanak sağlar. Dolu gövdeli kirişlere göre daha hafiftirler ve maliyeti artıracak takviye işlemlerine gerek kalmadan hafif ve orta büyüklükteki tekil yükleri taşıyabilirler (Urfalı, 2012). Boşluklu olmaları nedeniyle temele iletilen toplam yapı yükünün azalmasına ve geniş açıklıkların daha az malzeme ile geçilmesine olanak verirken gövdesindeki boşluklardan tesisat geçirilebilmesi gibi avantajlar sağlar.

➤ Ahşap Boşluklu Gövdeli Kirişler

Ahşap boşluklu gövdeli kirişler Vierendeel kirişler olarak uygulanmaktadır. Vierendeel kirişi, aynı düzlem içerisinde alt ve üst başlıklar ile aralarında dikmelerden oluşan, düğüm noktalarının rijit olduğu yapı elemanıdır. Düzlem kafes kiriş ile Vierendeel kirişi ayıran nokta, Vierendeel kirişte diyagonal çubukların bulunmamasıdır.

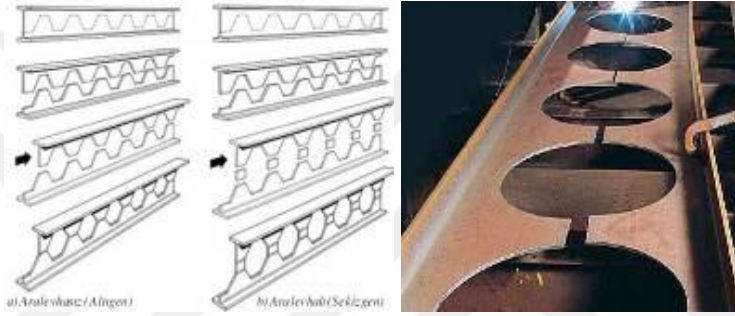
➤ Betonarme Boşluklu Gövdeli Kirişler

Dolu gövdeli kirişin içerisinde boşluklar düzenlenerek oluşturulan kirişlerdir. Boşluklu ve keson prefabrik kirişler bunlara örnektir. Kirişin üzerindeki ölü yükleri azaltmak ve daha büyük açıklıklar geçebilmek için kiriş kalınlığı içinde silindirik ya da keson şeklinde boşlukların düzenlenmesiyle oluşturulur.

➤ Çelik Boşluklu Gövdeli Kirişler

Açıklıklar büyüdükçe çelik kirişlerin dolu gövdeli olarak düzenlenmesi kiriş yüksekliğini ve dolayısıyla ağırlığını artırır. Bu nedenle kiriş gövdesini boşluklu düzenlemek kirişi hafifletir. Boşluklu gövdeli kirişler; boru profiller, kutu

profiller, raylar, Z profiller gibi özel üretilmiş hadde ürünü profillerdir. I profilin gövdesi boyunca zig-zag'lı olarak kesilmesi, elde edilen iki parçanın birbiri üzerinde kaydırılarak uç bölgelerinden istenildiğinde ek parça kullanarak kaynakla yeniden birleştirilmesi ile ya da doğrudan boşluk açılarak oluşturulur. Bu şekilde kirişler ile daha çok düzgün yayılı yük taşınır. Eğilmeye çalışan bu kirişlerdeki boşluklar tesisat borularının geçirilmesine olanak tanır. Castella (petek) (Şekil 3.8), Litska ve Vierendeel kirişler boşluklu gövdeli kirişlerdir(Arun, 2018).



Şekil 3.8. Castella kiriş (Urfalı, 2012)

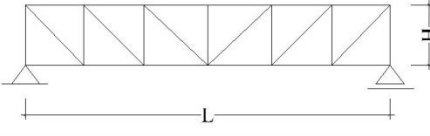
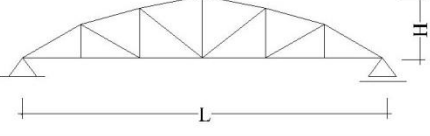
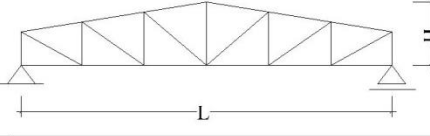
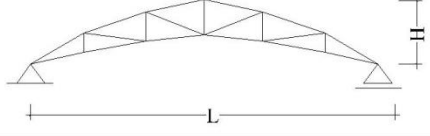
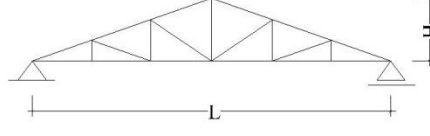
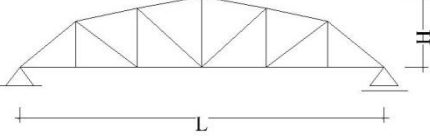
Yapıda mesnet bölgelerinde veya tekil yüklerin etkidiği durumlarda, kesit gövdesinde büyük kayma gerilmeleri oluşmaması için gövde kapatılır. Gövdesi boşluklu kirişler ile 9m – 20m arası açıklıklar geçilebilmektedir(Urfalı, 2012).

3.4.1.1.(1).(c). Kafes Gövdeli Kirişler

Kafes kirişler, genelde ahşap ve çelik malzeme ile yapılan düzlem kafes kiriş ve uzay kafes kiriş olarak uygulanan taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Sistem, üst başlık, alt başlık ve örgü çubuklarından oluşur. Çubukların birleşim yerlerine düğüm noktası denir. Sistemde çubuklarla oluşturulan alan üçgendir. Doğru eksenli çubuklar ile düğüm noktaları aynı düzlem içerisindeydir. Sisteme dış yükler aşıklar vasıtasıyla etkir. Yükler kafes gövdeli kirişlerin düğüm noktalarına etkidğinde, çubuklar sadece çekme ve basınca çalışır.Bu şekilde, ince en kesitlerle büyük açıklıklar az malzeme ile hafif olarak geçilir (Özşen & Yamantürk, 1991). Düzlem

kafes kirişlerin taşıyıcı olabilmeleri için üçgenlerle oluşturulması gerekir. Hafif ve rijit oluşları, havalandırma ve tesisat için uygun boşlukları bulundurması gibi avantajları ile tercih edilir. Düzlem kafes kirişler doğrudan kolon ya da duvar üzerine oturtuluyorsa mesnetlerden biri kayıcı diğeri sabit mesnetli olarak düzenlenir (Urfalı, 2012).

Makas olarak da adlandırılan düzlem kafes kirişler başlık şekillerine göre adlandırılırlar. Kafes kirişlerin üst başlığı döşeme ya da çatı örtüsüne bağlı olarak; paralel başlıklı, trapez, üçgen, parabolik veya Mansard olarak yapılır (Şekil 3.9).

Paralel Başlıklı	Üst Başlığı Parabolik
	
Trapez	Her İki Başlığı Parabolik
	
Üçgen	Mansard
	

Şekil 3.9. Kafes Kiriş Tipleri

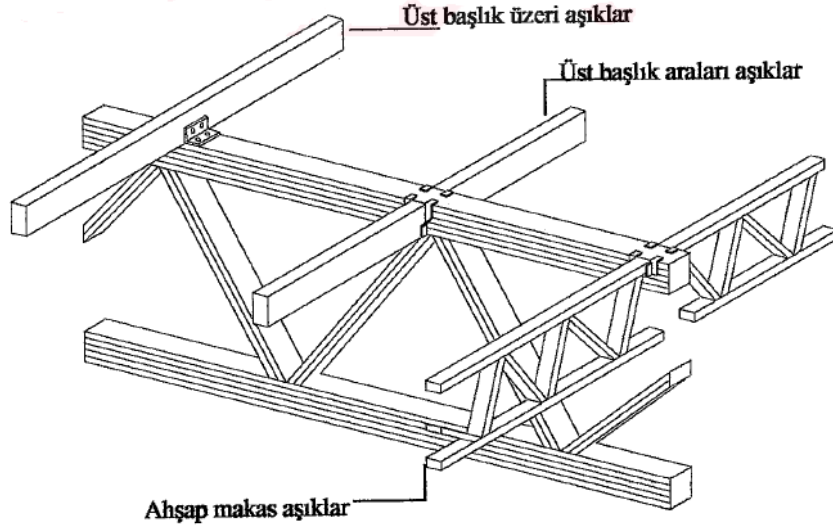
➤ Ahşap Kafes Gövdeli Kirişler

Düzlem kafesi oluşturan doğrusal çubukların tümünün ahşap malzemeden oluştuğu sistemlerdir. Doğal ahşabın boyutsal özelliklerinin yetersizliği nedeniyle lamine ahşaplar daha etkin sonuçlar vermektedir. Düzlem kafes kirişlerde kiriş yüksekliğin açıklığa oranı ve geçebileceği en büyük açıklık malzemeye bağlı

olarak değişmektedir. Ahşap malzeme ile kurulan düzlem kafes kirişte bu oran $H/L = 1/6$ ile $1/10$ arasındadır(Çatak, 1997).

Üçgen başlıklı düzlem kafes kirişler, üst başlıkların bir veya iki yönde mesnet noktalarına doğru eğimli olarak düzenlenmesiyle oluşur. Genelde %25 den daha az eğimin söz konusu olduğu çatılarda tercih edilir. Üçgen başlıklı Belçika ve Pratt tipi kafes kirişler 18m'nin altındaki açıklıklarda ekonomik olsa da, 27m'ye kadar olan açıklıklarda uygulanabilir. Lamine ahşap kullanılması ile malzeme özelliğinden dolayı 25-80m açıklıklar geçilebilmektedir. Bu kirişlerde yüksekliğin açıklığa oranı $1/6-1/8$ arasında, başlık elemanının derinliği de $1/30$ oranında olmaktadır. Geçilen açıklığın ve etkiyen yüklerin etkisiyle kirişlerde oluşan sarkmayı karşılamak için üretim sırasında alt başlıklara kiriş ortasından yaklaşık olarak açıklığın $1/200$ ' ü kadar ters sehim verilir (Atalay, 2002).

Çatı döşemesi aşıklar tarafından taşınan sistemde kuvvetler eksenel olarak aktarıldığından aşıklar kafes kiriş üzerinde düğüm noktalarına yerleştirilmelidir. Aşıklar Şekil 3.10'da gösterildiği gibi dolu gövdeli lamine olabileceği gibi makas aşıklar olarak; üst başlık üzerine ya da yan yüzeyine özel bağlantı parçaları veya köşebentlerle uygulanır.



Şekil 3.10. Ahşap kafes kiriş ve aşık uygulaması (Atalay, 2002)

➤ Çelik Kafes Gövdeli Kirişler

Şekil 3.9’da verilmiş olan düzlem kafes kiriş tiplerinin hepsi çelik kafes kirişlerde de uygulanabilmektedir.

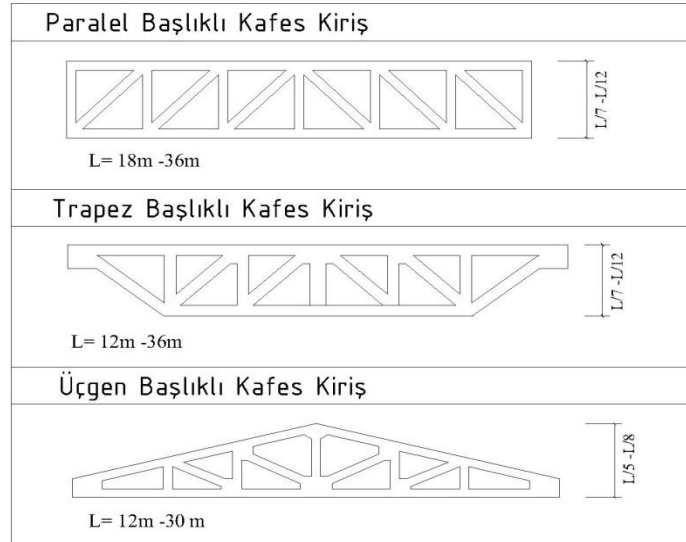
Çelik kafeslerin oluşturulmasında alt ve üst başlıklar çubukları genelde I, T ve çift korniyerler olarak, dikme ve diyagoneller ise I,T, tek ve çift korniyerler olarak kullanılır. Çelik kafes kirişler, avantajı; kesitlerinin eğilmeye karşı iyi dayanım göstermeleri ve aynı kesitte olmaları (üretim kolaylığı) olan kutu ve boru profillerden de üretilirler(Kayalar, 2010).

Çelik düzlem kafeslerde, kiriş yüksekliğinin açıklığa oranı $1/12 - 1/16$ arasındadır. Bu oran ön gerilmeli çelik kullanıldığında, $1/16 - 1/25$ arasında değişmektedir(Arun, 2018). Geçilebilecek en büyük açıklıklar ise normal çelikte 50m, ön germeli çelik için 60 m dolaylarındadır(Kayalar, 2010).

➤ **Betonarme Kafes Gövdeli Kirişler**

Betonarme kafes kirişler geniş açıklıklar söz konusu olduğunda işçilik, kalıp ve uygulama zorluklarından dolayı tercih edilen bir sistem değildir. Düğüm noktalarının rijit olması nakliye ve montaj sonrasında bu noktalarda yan gerilmeler oluşması, yalnız çekmeye çalışan çubuklarda beton kullanılmasının malzeme özelliklerine uymaması ve bu çubukların betonunda çatlakların oluşması kafes kirişlerin betonarme olarak yapılması için sakıncalı durumlardır. Bu sorunlar kafes kirişin eşit bölümler veya tek tek çubuklar şeklinde üretilip yapı yerinde bulonlama, kaynaklama veya ön germe gibi yöntemlerle birleştirilerek giderilebilir. Ancak bu yöntem kalıp ve nakliye sorunlarına çözüm getirmesine rağmen birleştirme işlemleri masraflıdır (Ayaydın, 1989).

Betonarme kirişler ön germeli olarak dolu gövdeli yada trapez, paralel, üçgen gibi farklı tip başlıklarla düzlem kafes olarak üretilebilirler (Şekil 3.11). Betonarme kirişlerin çelik elemanlarına ön gerilme verilerek taşıma gücü artırılır ve bu şekilde daha küçük kesitlerle daha büyük açıklık geçilebilir.



Şekil 3.0.11. Betonarme Kafes Kiriş Tipleri

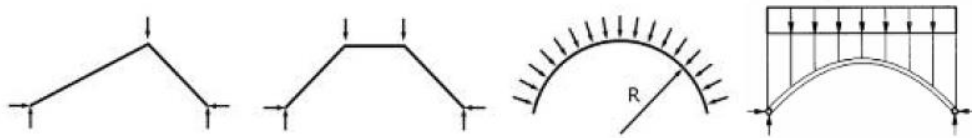
Paralel başlıklı düzlem kafes kirişler en çok uygulanan türleridir. Vierendeel tipi kafes kiriş çubuklarının yalnızca düşey olmasından dolayı, şed doğrama yüzeyi olarak iyi sonuç verir ancak yük dağılımı diğer kirişlerden farklı olduğundan hesaplama ve donatı konumunda dikkat edilmelidir. Kolon ve kiriş birleşimleri kolonda bırakılan donatı filizlerinin kirişlerdeki yuvalarına yerleştirilmesi ile gerçekleşir. Paralel başlıklı kirişlerin üst başlığına % 10 kadar eğim verilebilir.

Kirişlerin yüksekliği, açıklığın $1/12$ - $1/15$ i civarındadır. Betonarme kafes kirişler, 12-25m'lik açıklıklara kadar tek parça, 25-30m'lik açıklıklarda ise bu bölümlerin birleştirilmesi ile oluşturulur. Üçgen başlıklı düzlem kafes kirişler eğimli çatılar için uygun bir çözüm getirir. Trapez başlıklı kirişlerde çubuk düzeni çok çeşitli yapılabilir(Ayaydın, 1989).

3.4.1.1.(2).Eğri Eksenli Sistemler

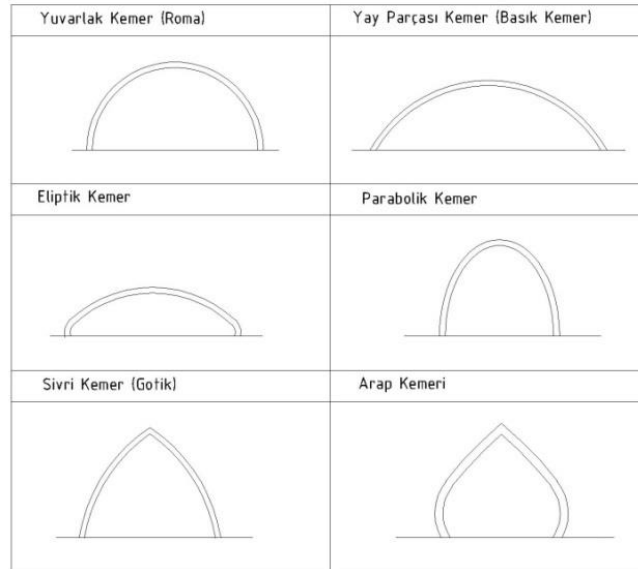
3.5.1.1.(2).(a).Kemerler

Kemer sistemler, basınca çalışan ve üzerine etkiyen yükleri iki ucundaki taşıyıcılara aktaran eğri eksenli, geniş açıklıkları örtmek için kullanılan en eski sistemlerdendir. Eğilme momentinin oluşmadığı zincir eğrisi kemerin geometrik açıdan çıkış noktasını oluşturur. Kemer itkisi yani yatay mesnet tepkisi kemer yüksekliği ile ters orantılıdır. Kemer yüksekliği artıkça ters orantılı olarak kemer itkisi azalır (Şekil 3.12)(Urfalı, 2012).



Şekil 3.12. Kemer Eğrisi Yük Dağılımı (Urfalı, 2012)

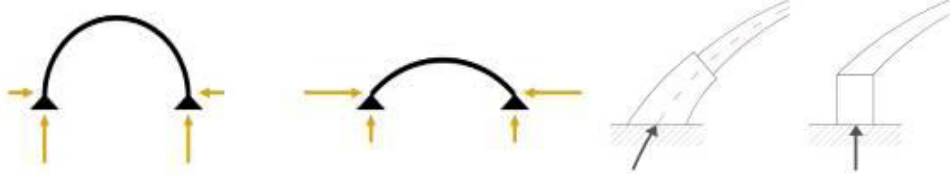
Büyük açıklıkların tek doğrultuda geçilmesi söz konusu olduğunda, dolu gövdeli doğru eksenli kirişler artan en kesitleri nedeniyle ekonomik olmazlar. Bu nedenle kirişi hafifletiren düzlem kafes kirişler ya da eksenleri eğriltilerek mukavemeti artırılan kemer kirişler kullanılır (Yıldırım, 2003). Kemerler dolu gövdeli, boşluklu gövdeli, düzlem kafes ya da uzay kafes sistemle oluşturulabilmektedir. Basınç kuvveti altında, doğru eksenli çubuklarda olduğu gibi burkulma olur. Kemerler, sehim kazandıkça yarım daire, tam sivri, eliptik kemer, basık kemer ve parabolik kemer gibi isimler alırlar. Bazı kemer çeşitleri Şekil 3.13'te gösterilmiştir. Kemerin açıklığının yüksekliğine oranı arttıkça mesnet itkileri de artar. Bu durumda artan itki kuvveti mesnet durumları uygun değilse gergi çubukları ile karşılanır. Kemer yüksekliğinin açıklığa oranı $1/5$ - $1/6$ 'dan az olmamalıdır (Atalay, 2002).



Şekil 3.13. Kemer Biçimleri

Mesnetlerin yer düzlemine dik düzenlendiği durumlarda kemer basıklaştıkça kemer itkisi artar (Şekil 3.14). Bu durumda dışa açılmayı önlemek

için çekmeye çalışan gergiler kullanılabilir ya da yatay itme kuvveti ağır blok temel veya ön germeli kirişlerle karşılanabilir.



Şekil 3.14. Kemerlerde mesnet tepkisi (Urfalı, 2012)

Malzeme türüne bağlı olarak geçilebilen en büyük açıklıklar; ahşap (tutkallı tabakalı) kemer ile 100m, betonarme (öngermeli) kemer ile 280m, çelik kemer ile 500m'dir (Arun, 2018).

Kemerler doğrudan temellere ya da istinat duvarına oturabileceği gibi, kolonlara serbestçe oturan kemer kirişler olarak da düzenlenebilirler.

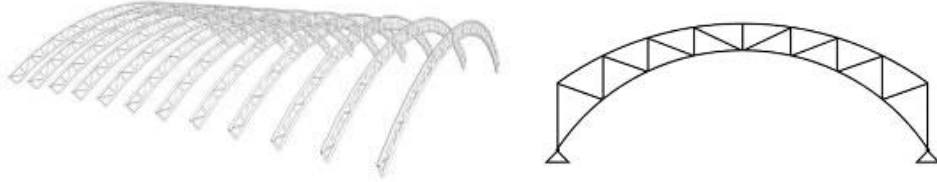
➤ Ahşap Kemerler

Ahşap kemer yapımında, eğrisel formun daha kolay verilebilmesi nedeniyle lamine ahşaplar tercih edilir. Ahşap kemerler de çelik malzemede olduğu gibi dolu gövdeli, boşluklu gövdeli ya da kafes gövdeli olarak düzlem kafes ya da uzay kafes olarak düzenlenebilirler.

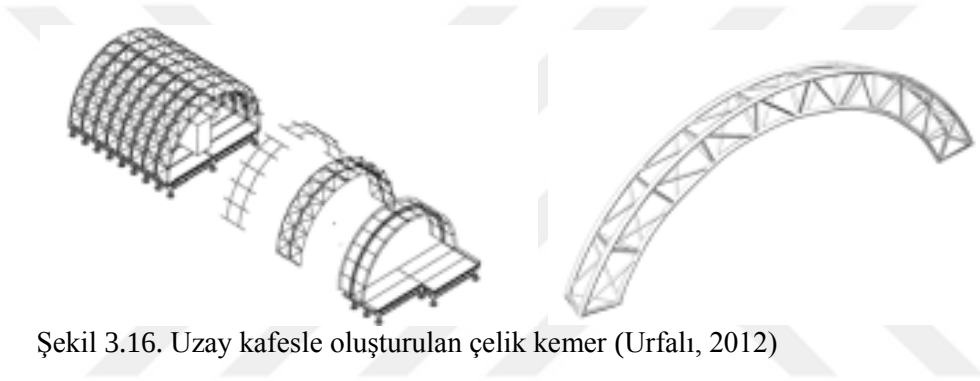
➤ Çelik Kemerler

Kemerlerin bitmiş formundan dolayı ölü alanlar oluşur ve kullanım alanlarını sınırlı hale getirir. Kemerin çelik kafes sistemle oluşturulması ile bu alanlardan kazanım sağlanır. Çelik kemerler dolu gövdeli, boşluklu gövdeli olarak yapılabileceği gibi düzlem kafes ya da uzay kafes olarak da yapılabilirler (Şekil 3.15-16).

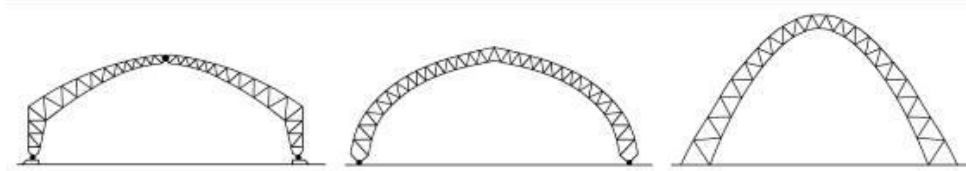
Çelik kafes gövdeli kemerler iki ya da üç mafsallı ya da ankastre olarak düzenlenebilir (Şekil 3.17).



Şekil 3.15. Düzlem kafesle oluşturulan çelik kemer (Urfalı, 2012)



Şekil 3.16. Uzak kafesle oluşturulan çelik kemer (Urfalı, 2012)



Şekil 3.17. Üç mafsallı, iki mafsallı ve ankastre kemer (Urfalı, 2012)

➤ Betonarme Kemerler

Betonarme kemer sistemlerin geleneksel yöntemle üretilmesinin; kalıp, kalıp iskelesi, işçilik gibi maliyeti ve süreyi artıran olumsuz yönleri bulunmaktadır. Kirişler ve çerçevelerde olduğu gibi prefabrik olarak üretilmesi tercih edilir. Ancak bu da imalat, nakliye, montaj açısından dolu gövdeli kirişlere oranla ekonomik

olmamaktadır. Bu nedenle öz ağırlığın önemli olduğu 30-50m arasındaki açıklıklarda statik açıdan uygulugu nedeniyle tercih sebebidir(Atalay, 2002).

3.5.1.1.(2).(b).Kablo Sistemler

Geniş açıklıkları geçmek için yükleri eğilmeye uğramadan karşılayan çözümler incelendiğinde karşımıza sadece aksel gerilmeye çalışan kiriş sistemleri, iyi tasarlanırsa basınç kuvvetlerini taşıyabilen kabuk sistemleri ve yükleri çekme yoluyla taşıyabilen kablo sistemleri çıkar. Kabloların bükülmeye uğramasına ek olarak hafif ve ağırlığına oranla yüksek dayanıma sahip olması diğer sistemlere karşı üstünlük sağlar. Küçük elemanlar çok büyük açıklıklarda verimli bir şekilde kullanılabilir (Santoso, 2004).

Kablo olarak, sentetik, organik halatlar, çelik kablolar yada ahşap –çelik profiller kullanılır. Kablo sistemlerde taşıyıcı elemanlar, ankraj noktaları arasına asılan kablolardır. Kablolar yalnızca çekme etkisinde olmaları ve eğri biçimlerinin yarattığı taşıyıcılık üstünlüğü ile büyük açıklıkların geçmesine olanak verirler. Doğal liflerden yapılmış asma köprüler, kablo sistemlerin ilk örneklerindendir. Kabloların bugünkü gibi yapıda kullanıma yakın örnekleri ve taşıyıcılık özellikleri çelik halatların üretilmesiyle oluşmaya başlamıştır.

Çok sayıda kablonun düğüm noktalarıyla birleştirilerek, tek veya çift eğrilikli ayırık yüzeyler oluşturduğu çekmeye çalışan kablo sistemler çeşitli geometrilerde oluşturulabilir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Dikdörtgen, yuvarlak ve elips planlı kablo sistemler (Santoso, 2004)

Kablo sistemlerin başlıca bileşenleri;

- Kablolar: Ana yükleri taşıyan çekmeye çalışan bileşenlerdir.
- Düğüm noktaları: Bir noktadan geçen kabloları birleştiren bileşenlerdir.
- Asılma noktaları: Kabloların bağlandığı mesnet noktalarıdır.
- Kabloların bitişleri: Kablo uçlarının bağlanmaya hazır özel biçimleridir.
- Ağ gözleri: Kabloların tanımladığı çokgen alanlardır.
- Kenar elemanları: Kablo sistemleri kenarlarda germeyi sağlayan bileşenlerdir.
- Destek elemanları: Kablo sistemi genelde geren tüm bileşenlerdir.
- Ankrajlar: Kablo sistemi zemine mesnetleyen bileşenlerdir.

Çekmeye çalışan taşıyıcı elemanlarda gerilmeler en kesite düzgün ve eşit şekilde yayılır. Kablodaki çekme kuvveti kablo açıklığına ve sarkma miktarına bağlıdır. Sarkma miktarı arttıkça mesnetteki yatay tepki kuvveti küçülür, kablodaki çekme kuvveti azalır. Kablolu sistemlerde kablonun taşıma gücü açısından kablo açıklığı (L) ve sarkma miktarı (H) olmak üzere optimal sarkma miktarı tekil yük için $H = L/2$, üniform yayılı yük için $H = L/10$ ve zincir eğrisi için $H = L/3$ şeklindedir (Urfalı, 2012).

Çekmeye çalışan elemanlarda burkulma etkisi olmaması nedeniyle sistem ince kesitler verir. Ancak hafifliği nedeniyle rüzgar etkisi ve simetrik olmayan yükler stabilitenin bozulmasına ve dalgalanma olayına sebep olabilir (Atalay, 2002).

Sistemin hafifliği, kabloların yüksek dayanımlı olması, çekmeye çalışan elemanlarda burkulma sorunu olmaması bu nedenle malzemenin mümkün olduğunca ince yapılabilmesi sistemin avantajlı taraflarıdır. Kablolu sistemler, geleneksel çelik sistemlerden 10 kez, dolu gövdeli iskelet sistemlerden ise 100-150 kez hafif olmaları nedeniyle büyük açıklıklar söz konusu olduğunda daha

ekonomik çözümler getirmektedir. Çekmeye çalışan kabloların üzeri membranla örtüldüğünde ince kesit vermeleri bu strüktürlere hafiflik açısından büyük katkı sağlar. Sistemde kalıp ve iskele kullanımı ise yok denecek kadar azdır. Çelik kabloların korozyondan etkilenmesi ve bazı yardımcı bileşenlerin yapım zorlukları gibi olumsuz nedenlerle kablolu sistemlerin 40 m'den az açıklıklarda kullanılması ekonomik sonuçlar vermemektedir. Açıklık artıkça, sistemin maliyetindeki olumlu etkide artmaktadır (Gündoğ, 2007).

Kablo sistemler, kabloların geometrik düzenlemesine, taşıyıcı sistemi oluşturmaktaki özelliklerine, statik ve konstrüktif farklılıklarına göre çeşitli şekillerde tanımlanırlar. Kablolar yük aktarımlarına göre tek doğrultuda yük aktaran; kablo kirişler ve kablo askılar, iki doğrultuda yük aktaran; kablo ağırları olarak düzenlenirler.

A. Kablo Kirişler

Kablo kirişler tek doğrultuda yük aktaran sistemlerdir. Tek tabakalı, çift tabakalı yada uzay (tensegrity) olarak düzenlenebilirler. Kablo kirişli çatı sistemleri, stabilite elemanları ile kabloların bağlanma biçimlerine göre paralel kirişli ya da radyal kablo kirişli çatı sistemleri olarak uygulanmaktadır (Urfalı, 2012).

➤ Tek Tabakalı Kablo Kirişler

Tek tabaka kablolarla genelde dikdörtgen planların üzerini örten, birbirine paralel sıralar halinde düzenlenmesi ile tek eğrilikli, içbükey (negatif eğrilikli) bir çatı yüzeyi elde edilir. Paralel ayırık yüzeyler montaj sonrası çatı plakları döşendikten sonra sabit hale gelir. Daire planların üzerini örtmek için kablo kirişler içte çekme çemberi dışta basınç çemberi arasında radyal düzenlenir. Radyal olarak

tek tabakalı kablo kirişlerle çapı 90 m kadar dairesel açıklıklar geçilebilmektedir(Urfalı, 2012).

Bu tür sistemlerde basıklık oranı önemli bir etkindir. Kabloların basıklık oranı arttıkça sistemde oluşan çekme kuvveti azalır. Kabloların uygun basıklık oranı sistem açıklığının $1/15 - 1/20$ 'si kadardır. Kablo kirişler her iki doğrultuda da stabil olmalıdır. Çatı döşemesi tek eğrilikli kablolu sistemlerde kabloların üzerine serilir. Bu sistemler 30-60 m açıklık geçilebilir (Arun, 2018).



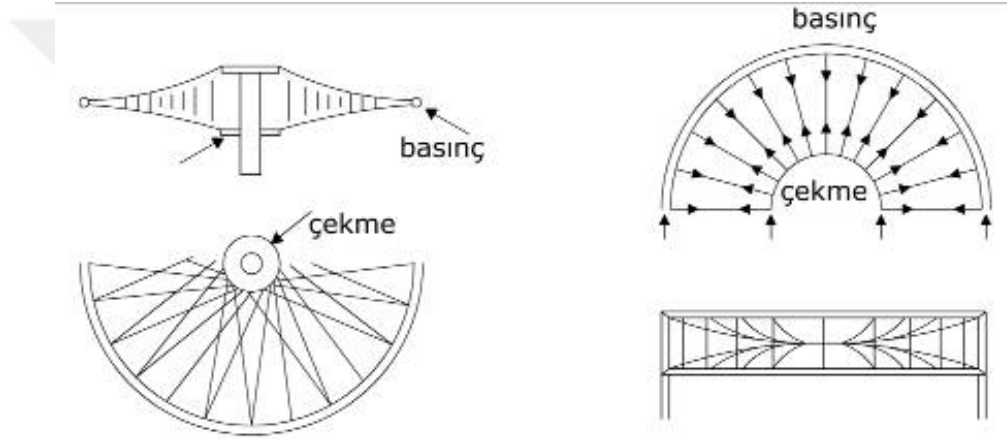
Şekil 3.19. Tek tabakalı paralel kablo kirişli çatı sistemi(Urfalı, 2012)

Tek tabakalı kablo kirişlerin eğilme rijitlikleri çok az olduğundan rüzgar gibi asimetrik yükler etkidiğinde büyük ölçüde yer değiştirebilirler (Şekil 3.19). Bu nedenle çatı örtüsü ağır olmalıdır.

➤ Çift Tabakalı Kablo Kirişler

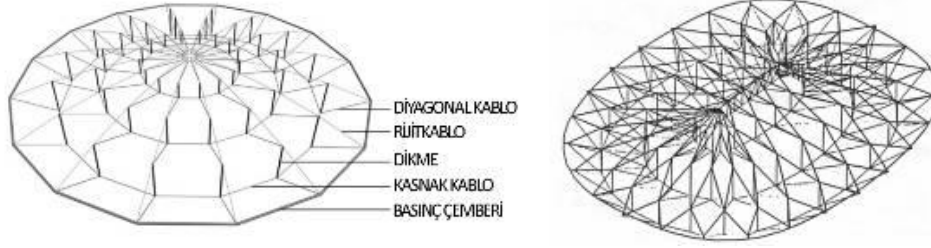
Çift tabakalı kablo kirişler taşıyıcı kablo ve stabilize kablosu ile bunları birbirine bağlayan diyagonal örgü çubuklarından oluşur. Tek eğrilik veya ön germe, rüzgar kaldırma kuvvetini sıfıra indirebilir. Çift tabakalı kablo kirişlerin paralel düzenlenmesi ile içbükey yada dışbükey çatı yüzeyleri elde edilebilir. Bu yüzeyler için hafif bir çatı örtüsü yeterlidir. Bu sistemle 45-90 m açıklık geçilebilir (Arun, 2018).

Çift tabakalı kablolu sistemlerle de tek tabakalılarda olduğu gibi tek ya da çift eğrilikli yüzeyler elde edilebilir (Şekil 3.20). Radyal olarak da düzenlenebilen bu sistemler içbükey, dışbükey yada iç ve dışbükey olabilir. Kablo kirişler radyal olarak düzenlendiğinde dairesel planların, hem paralel hem radyal düzenlemesiyle de farklı geometrideki planların üzerinin örtülmesine imkan verir. Tek tabakalı radyal sistemlere kıyasla özellikle rüzgara karşı daha stabildir ve çapı 150m'ye kadar dairesel açıklıklar geçebilmektedir (Urfalı, 2012).



Şekil 3.20. Çift eğrilikli, çift tabakalı radyal kablo sistem(Urfalı, 2012)

Ayrıca çift tabakalı kablo sistemler dairesel veya elips planların üzerini örtmek için tavana doğru forma uygun olarak kademelendirilerek kubbesel formlarda elde edilebilir (Şekil 3.21). Kasnak çemberler arasında dikmeler, dikmeler arasındaki diyagonal kablolar ve çekme çemberi ile basınç çemberi arasındaki rijit kablolardan oluşur. Kablolardaki basıklık oranı arttıkça merkezdeki çekme çemberinde meydana gelen gerilmeleri azaltmak için kablolara ön gerilme verilmelidir.



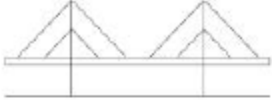
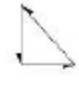
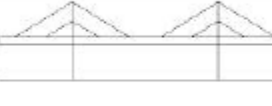
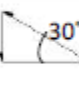
Şekil 3.0.21. Kablolü kubbe sistemler (Urfalı, 2012)

B. Kablo Askılılar

Kabloların döşeme kirişlerini taşıyacak askı elemanı olarak kullanıldığı sistemlerdir. Kablolar düşey (düz) yada eğik askılı olarak düzenlenebilir. Bu sistemler kablo askılı çatı sistemi ya da düşey taşıyıcıya bağlı kablo askılı sistemler olarak iki farklı şekilde uygulanabilirler. Rüzgar gibi asimetrik yükler altında kabloların büyük ölçüde yer değiştirmesi sorununa karşı düşey askılar kablo kirişlere asılarak kablo kirişlerin kafes olarak düzenlenmesi stabiliteyi artırır.

Eğik askılı sistemlerde ise döşeme kirişlerini taşıyan kablolar doğrudan basınç elemanına bağlanır. Yine etkiyen asimetrik yükler ve sebep olduğu yer değiştirme için rijit kolonlar kullanılmalı yada kolonlar arası çaprazlanarak kolon rijitliği artırılmalıdır. Yapı çevresindeki kolonlara asılan kablolar 30° açıyla yere ankre edilmelidir. Açıyı sağlayan uzaklık yeterli olmadığı durumlarda döşeme kirişi konsol çıkartılarak kablo yönü değiştirilebilir (Arun, 2018).

Kablonun ayakla yaptığı açı kablolarda oluşan eksenel kuvveti belirler. Yükler altında, askı olarak kullanılan kablonun ayakla birleşme açısı arttıkça kablodaki gerilme miktarı azalır. Ayak ve kablo arasındaki açı 30° olduğunda optimum kablo gerilmesi elde edilir (Şekil 3.22)(Urfalı, 2012).

		> 30° birleşim, düşük kablo gerilmesi, ayakta yüksek basınç etkisi
		= 30° birleşim, optimum kablo gerilmesi ve ayakta basınç etkisi
		< 30° birleşim, yüksek kablo gerilmesi, ayakta düşük basınç etkisi

Şekil 3.0.22. Kablo askılı sistemlerde kablo gerilmeleri(Urfalı, 2012)

3.4.1.2.Çift Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler

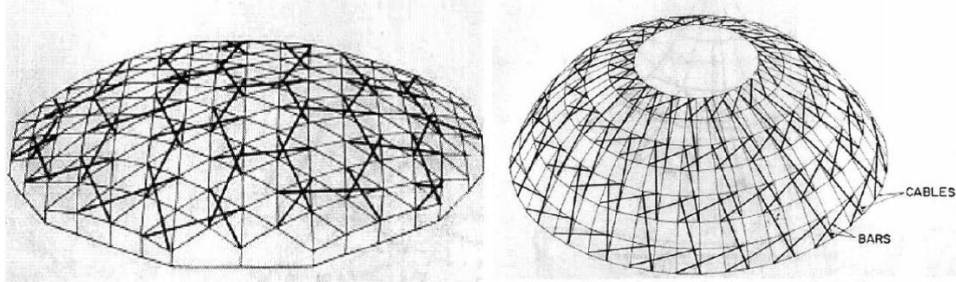
3.4.1.2.(1). Kablo Ağı Sistemler

Bir yüzey üzerinde kesişen çizgilerden oluşan düzen ağ olarak tanımlanır. Bu açıdan kablo ağları, bir yüzey üzerinde birbirini kesen kabloların oluşturduğu sistemlerdir. Kablolu sistemlerde kablo olarak sentetik, organik ya da çelik halatlar gibi zincirler ve ahşap ya da çelik gibi profiller kullanılır. Doğadan esinlenerek geliştirilmiş çift eğrilikli sistemlerdir. Bu nedenle düzlem yüzeyler elde edilemez. Kablo ağların başlıca elemanları, taşıyıcı kablolar ve kenar elemanları ya da kemerlerdir. Kenar elemanları doğrusal yada eğrisel kirişlerden veya kemerlerden oluşabilir. Taşıyıcı örtünün kablo ağı olarak düzenlendiği sistemlerde kenar elemanları rijit olmalıdır (Arun, 2018). Bir düzlem içerisinde birbirini kesen ters eğrilikli kabloların herhangi bir sebeple yer değiştirmesi, kesiştikleri noktalardaki bağlantı elemanları ile engellenir. Kablo sistemler geçilecek açıklığa bağlı olarak; tek tabaka ya da çift tabakalı olarak yapılır.

Tek tabaka olarak düzenlenen kablo ağı sistemlerde Gauss eğriliği negatif ($K < 0$) yüzeyler elde edilir.

Çift eğrilikli çift tabakalı kablo ağı sistemler kablo kirişlerin birleştirilmesi ya da kablolarla üç yüzlü uzay kafes oluşturulması ile iki türlü yapılabilir.

Kablolarla üç yüzlü uzay kafes olarak oluşturulan sistemler tensegrity olarak adlandırılır (Şekil 3.23) (Arun, 2018).



Şekil 3.23. Tensegrity sistem ile oluşturulan küre ve basık küre formları

3.4.1.2.(2). Uzay Kafes Sistemler

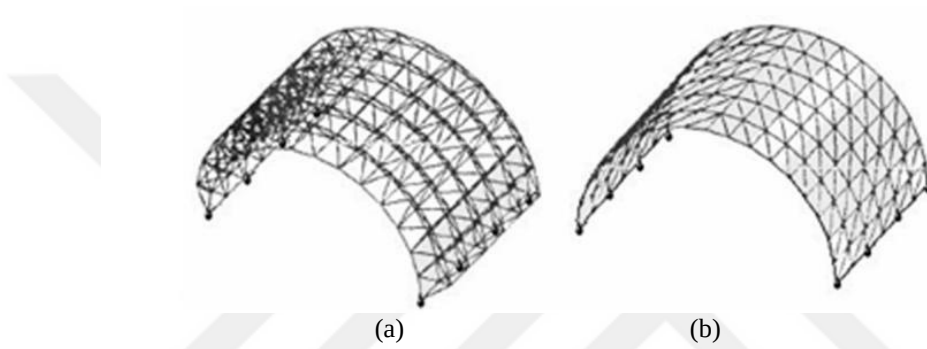
Uzay kafes sistemler düz çubuklar ve mafsallı düğüm noktalarından oluşan 3 boyutlu, modüler düzenli taşıyıcı sistemlerdir. Bütün elemanları birbirine bağlı olup her doğrultuda bir bütün halinde çalışan sistem üzerine gelen yükleri üç boyutta çubuk elemanlara dağıtır. Uzay kafes sistemlerin statik çözümünde düğüm noktalarının mafsallı olduğu ve moment taşımadığı, çubukların ise sadece eksenel yükleri aktardığı kabul edilir. Bir düğüm noktasında birleşen diyagonal çubukların eksenleri düğüm noktasının merkezinden geçmeli ve düğüm noktaları mafsallı yapılmalıdır (Gündoğ, 2007).

Montajının hızlı olması nedeniyle çubuk birleşimlerinin hızlı yapılmasını sağlayan pek çok düğüm elemanı geliştirilmiştir. Patentli düğüm noktaları kullanılarak çubuk uçlarında uç elemanlarının birleştirilmesi ile sistem kurulur ve sistem bu düğüm elemanlarının adlarıyla anılır. Unistrud, pyramitec, mero, spacedeck, vestrut düğüm elemanlarından bazılarıdır.

Üç çubuğun birleşerek oluşturduğu üçgen form, düğüm noktaları mafsallı olsa bile denge durumunu korur. Bu nedenle uzay kafes sistemlerde üçgen modüller kullanılmaktadır (Atalay, 2002).

Düzlem kafes kirişlerin alt başlıklarının ortada birleştirilmesi ile uzay kafes sistemlerin temeli oluşturulur. Düzlem kafes kirişleri oluşturan üçgenlerin üç

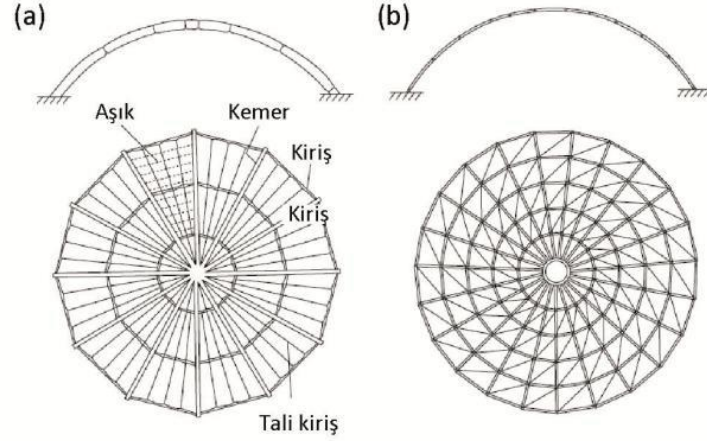
boyutlu formlara dönüştürülmesi ile elde edilen modüllerin oluşturduğu uzay kafes sistemler elemanlarının birleşim türlerine ve diyagonal düzenlemelerine göre adlandırılırlar. Uzay kafes sistemlerle tek veya çift tabakalı, düzlem ya da eğrisel yüzeyler oluşturulabilir (Şekil 3.24). Bu sistemler temel formları açısından düzlem yüzeyli, tonozsal (tek eğrilikli) yüzeyli, kubbesel (aynı yönde çift eğrilikli) yüzeyli olarak gruplara ayrılabilir (Atalay, 2002).



Şekil 3.24. Tonoz formun tek tabakalı (a) ve çift tabakalı uzay kafes sistem ile oluşturulması (Öz, 2012)

Uzay sistemler sadece basınç ve çekme kuvvetleriyle etkilenecek eğilme durumunun hakim olduğu taşıyıcı sistemlere oranla daha etkin ve ekonomiktir. Ahşap, çelik ve alüminyum malzeme ile yapılabilir. Düzlem yüzey olarak tasarlandığında en fazla 100 m açıklık geçebilir. Sistem yüksekliği açıklığın 1/20 – 1/30’u kadardır (Özşen & Yamantürk, 1991).

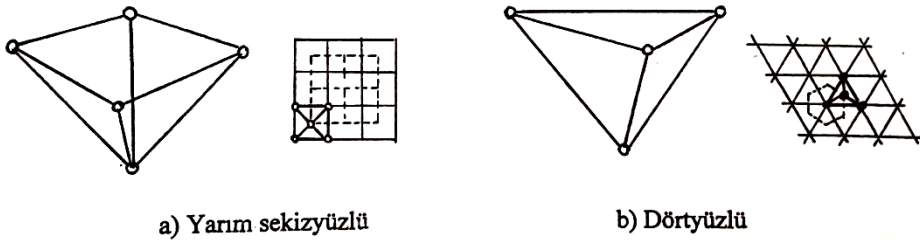
Piramit, kabuk, kubbe ve silindir gibi mimari çözüm olarak farklı alternatifler sunduğu için çokça tercih edilen çatı sistemlerindendir (Şekil 3.25). Bu sistemde bütün elamanlar fabrikasyon üründür, parçalar halinde inşaat alanına getirilir montajı burada gerçekleştirilir. Boşluklu yapısı tesisat için uygun alan oluştururken doğal aydınlatmaya da imkan verir.



Şekil 3.25. Dairesel planda radyal doğrultuda kemerlerle oluşturulan kubbe form(a) ve tek tabakalı uzay kafes sistem ile düzenlenen kubbe form (b)(Öz, 2012)

3.4.1.2.2.(a). Düzlem Uzay Kafes Sistemler

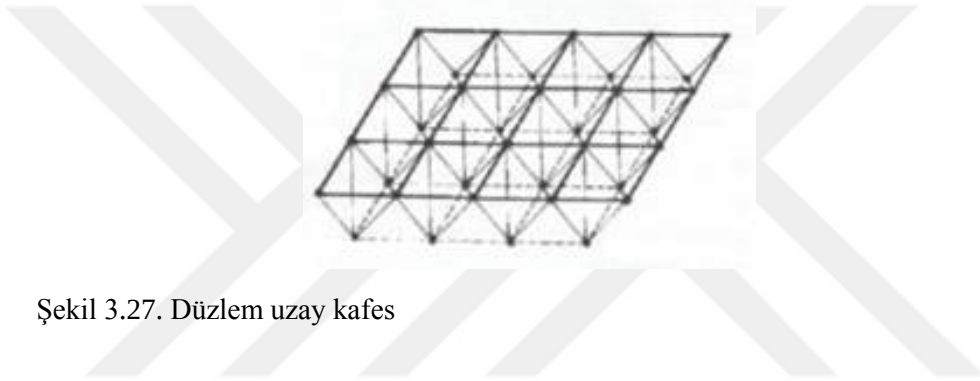
Paralel iki düzlem ağının düğüm noktalarından diyagonal ara çubuklarla birleştirilmesi ile oluşturulur. Düzlem uzay kafeslerin temel elemanı, 6 çubuk ve 4 düğüm noktasından oluşan bir dört yüzlüdür. Düzgün dörtyüzlü, sekizyüzlü ve yirmi yüzlü, uzay kafeslerde kullanılan düzgün çok yüzlülerdir. Uzay kafes çubukları düğüm noktalarında mafsallı olarak birleşmesine rağmen sistem hiperstatiktir ve bütün halinde çalışır. Dört yüzlü modüller etkileyen bir dış kuvvete karşı rijittir ve şekil değiştirmez.



Şekil 3.26. Uzay kafes modülleri

Düzlem kafes kirişler paralel başlıklı kafes kirişlerin her düğüm noktasında kesiştirilmesiyle, üst tabaka, alt tabaka ve diyagonal örgü çubuklarından oluşur.

Kare yada dikdörtgen planları örtmek için alt ve üst tabakalardaki çubuklar kare şeklinde düzenlenir. Düzlem yüzeyli uzay kafes sistemlerin üretiminde en çok dörtyüzlü (tetrahedron) ve yarım sekizyüzlü modülleri kullanılmaktadır (Şekil 3.26-27). Yarım sekizyüzlü modül planda kare olması sebebiyle dörtgen planlı binalar için daha uygundur (Sungur, 2005).



Şekil 3.27. Düzlem uzay kafes

Yüzey oluşturulurken çubuk sayısını azaltarak hiperstatiklik derecesi düşürülüp, bazı gözlerde boşluklar bırakarak açık ya da camlı bölme oluşturulabilir ve sistem hafifletilebilir. Üçgen ya da altıgen planların örtülmesinde de aynı şekilde alt ve üst tabaka çubukları üçgen şeklinde yapılır. Gececeği açıklığa bağlı olarak iki yada daha çok tabakalı yapılabilir. Malzeme olarak ahşap ve çelik yaygın olarak kullanılır. Mesnetler düğüm noktalarında düzenlenmelidir(Arun, 2018).

➤ Ahşap Düzlem Uzay Kafes Sistemler

Düzlem uzay kafesi oluşturan çubuk elemanlarda ahşap kullanılması prensibi ile oluşturulan sistemlerdir. Geliştirilmiş malzeme özellikleri nedeni ile düzlem uzay kafesi oluşturan doğrusal çubuklarda lamine ahşap elemanlar daha

yaygın kullanılır. Sistemin tümü lamine ahşaplarla oluşturulabileceği gibi çekme çubuklarında çelik çubuklar kullanılabilir. Sistemde başlık, diyagonal ve dikme birleşimleri, parçalı ya da bütün levha olarak kullanılan metal plakalar ve geçmeli bulonlarla oluşturulurlar. Bu nedenle düğüm noktaları ankastre oluşturulamaz, mafsallı oluşturulur (Kayalar, 2010).

➤ **Çelik Düzlem Uzay Kafes Sistemler**

Çeliğin modüler kullanıma uygun olması ve sökülüp yeniden kurulabilmesi uzay kafes sistemlerde en sık kullanılan malzeme olmasını sağlamaktadır. Çelik uzay kafes sistemlerin düğüm noktalarında mafsallı ya da ankastre birleşimler uygulanabilir.

➤ **Betonarme Düzlem Uzay Kafes Sistemler**

Uzay kafes sistemler betonarme malzeme ile öngerilmeli olarak denenmiştir ancak maliyet ve işçilik gibi ölçütlerde olumsuz özelliklerinden dolayı kullanımı oldukça nadir olmuştur (Şekil 3.28)(Kayalar, 2010).

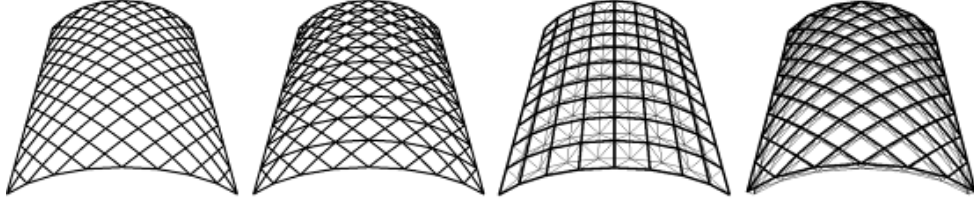


Şekil 3.0.28. Betonarme uzay kafes

3.4.1.2.(2).(b).Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler

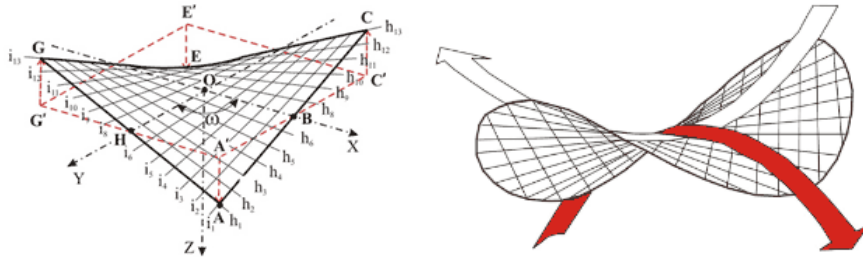
Düz çubukların tek veya çift eğrilikli yüzeyler üzerinde birleştirilmesi ile oluşur. Bir eğri yüzey bir çizgi ağına bölündükten sonra, çizgilerin kesiştikleri noktalara düğüm noktaları, bunların arasına da çizgiler doğrultusunda taşıyıcı

çubuklar yerleştirilerek eğri yüzeyli bir uzay kafes sistem oluşturulabilir. Tek eğrilikli sistemlerde Gauss eğriliği ($K=0$) sıfırdır. Tonoz biçimler bu sistemlere örnek verilebilir (Şekil 3.29) (Urfalı, 2012).



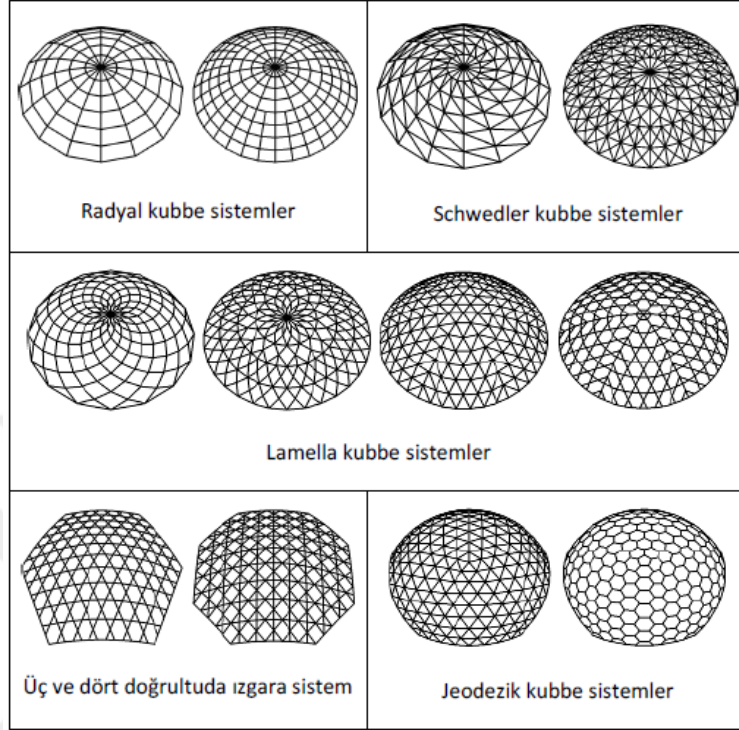
Şekil 3.29. Tek eğrilikli uzay kafes

Çift eğrilikli uzay kafes sistemlerde eğrilikler aynı yönde olabileceği gibi ters eğriliklide olabilir. Çift eğrilikli geometrik formlardan küre, paraboloid ve elipsoid eş eğrilikli olup; hiperboloik paraboloid ters eğrilikli yüzey geometrisine örnektir (Şekil 3.30) (Atalay, 2002). Hiperbolik paraboloid yüzeyler ters eğriliklerden birinin diğerinin üzerinde eksen boyunca ötelenmesi ile oluşur.



Şekil 3.30. Ters yönde çift eğrilikli hiperboloik paraboloid sistem (Urfalı, 2012)

Kubbe formundaki uzay kafesler, eğri bir eksenin bir merkez etrafında döndürülmesi ile oluşur. Kubbe formundaki sistemler, aynı yönde çift eğrilikli Gauss eğriliği ($K>0$) olan sistemlerdir. Çubuk düzenlemelerine göre kaburgalı kubbeler, Shwedler kubbesi, Lamel kubbe, Jeodezik kubbe, Zimmermann kubbesi ve çerçeve kubbe gibi birçok değişik tipte olabilir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Aynı yönde çift eğrilikli kubbe sistem örnekleri (Urfalı, 2012)

3.4.2. Yüzeysel Sistemler

Yüzeysel sistemler bir boyutu diğer iki boyutuna göre çok küçük olan sistemlerdir. Düzlem ya da eğri yüzeyli olarak yapılabilirler. Plak ve katlanmış plaklar düzlem, kabuk, çadır ve şişme sistemler ise eğri yüzeyli taşıyıcı sistemlerdir.

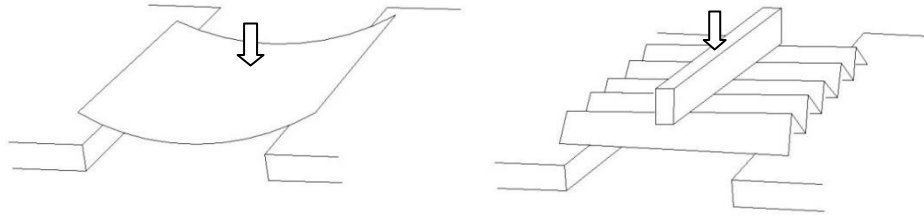
3.4.2.1. Düzlem Yüzeysel Sistemler– Plaklar

Plaklar üzerine gelen yükü yüzeyi ile aktaran yatay elemanlardır. Betonarme plaklar düzlemi doğrultusunda gelen yüklere dayanıklıdır. Düzlemine dik gelen yükler altında eğilmeye çalışır. Plak statik boyutlarını eğilme belirler. Plak serbest açıklığı arttıkça kalınlığı da artar (Arun, 2018).

Bir başka deyişle kalınlığı sabit (d) olan bir plağın geçebileceği açıklık sınırlıdır. Açıklık artıkça plağın kalınlığı da artmalıdır. Ancak bu belli bir açıklıktan sonra ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle boşluklu, nervürlü ve kaset döşemeli gibi uygulamalara gidilir. Bunlar döşemelerin (plakların) çekme bölgesinde yük taşımaya katılmayan betonun taşıyıcı sistem dışında bırakılıp, sistemin ölü ağırlığını azaltma ve bu şekilde daha ekonomik olma amacıyla oluşturulmuş sistemlerdir(Türkçü, 2003).

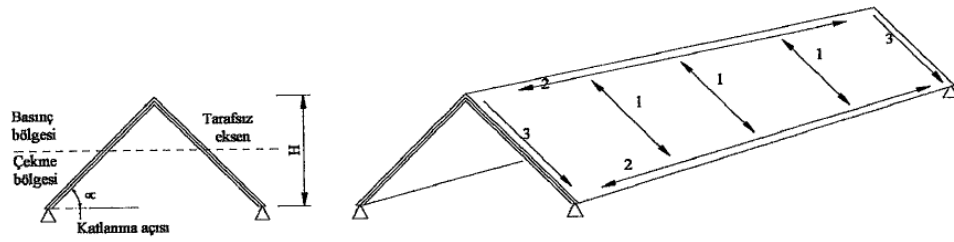
Katlanmış Plaklar

Katlanmış plaklar düzlem yüzeylerin belirli açılarla katlanması ile oluşur. Bu açı 15° den küçük, 165° den büyük olmamalıdır. Bu açı taşıyıcı sistemin yük altında açılmasını önlemek açısından önemlidir (Şekil 3.32-33). Plakalar birbirini burkulmaya karşı rijitleştirdiği için daha büyük açıklıklar levhalarla kirişsiz olarak geçilebilir. Katlanmış plaklar eğilmeye çalıştığı için üretiminde çekmeye ve basınca dayanımlı malzeme kullanılmalıdır. Katlanmış yüzeyler ilk olarak betonarme plaklarla yapıldığı için “katlanmış plak” olarak anılır ancak, ahşap ve çelik panellerle de yapılabilir. Çelik ve alüminyum yüksek mukavemetlerine rağmen levha olarak kullanıldıklarında buruşmaya uğrayabilirler(Yıldırım, 2003).



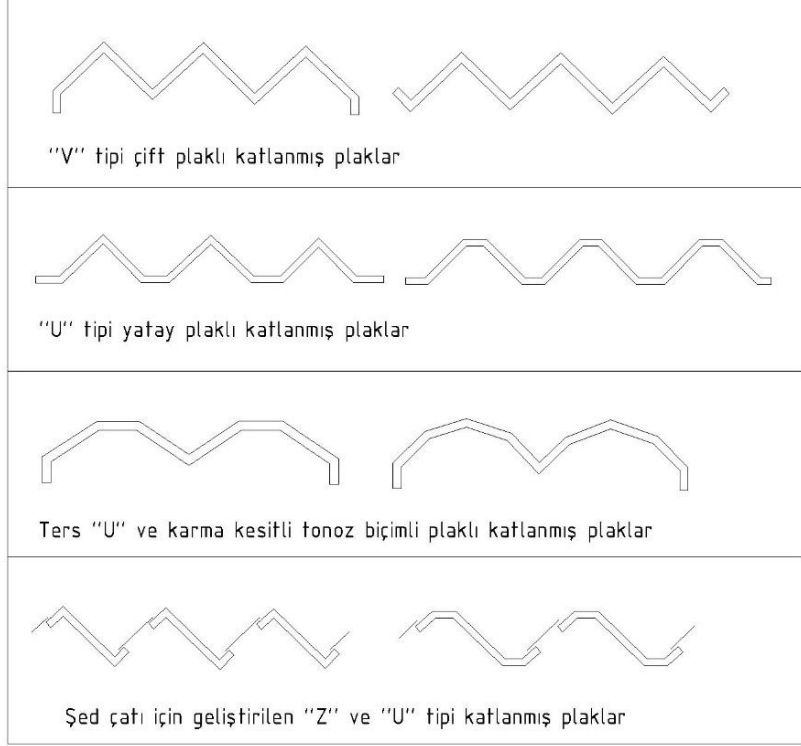
Şekil 3.32. Katlanmış plak çalışma prensibi

Betonarme katlanmış plaklarla 15–40m açıklıklar ekonomik olarak geçilebilir. Geçilebilen açıklıkla plak kalınlığı, plak genişliği ve yükseklik arasında bir oran vardır. Betonarme katlanmış plaklarda; plak kalınlığı enine açıklığın $1/40$ 'ı, plak genişliği, 1,8 – 6m arasında ve yükseklik/açıklık oranı, $1/6$ ile $1/10$ arasında alınır. Deprem bölgelerinde kalınlık 7cm' den az, 20 cm'den fazla olmamalı, diğer bölgelerde ise min. 5 cm alınmalıdır (Arun, 2018).



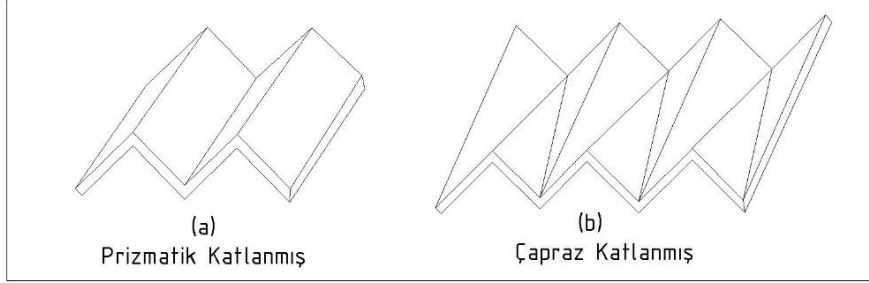
Şekil 3.33. Katlanmış plaklarda yük iletimi (Atalay, 2002)

Havalandırma ya da aydınlatma için tepede boşluklar açılabilir. Katlanmış plaklar prizmatik ya da piramidal olarak düzenlenebilirler.



Şekil 3.34. Katlanmış plaklarda en kesit çeşitleri

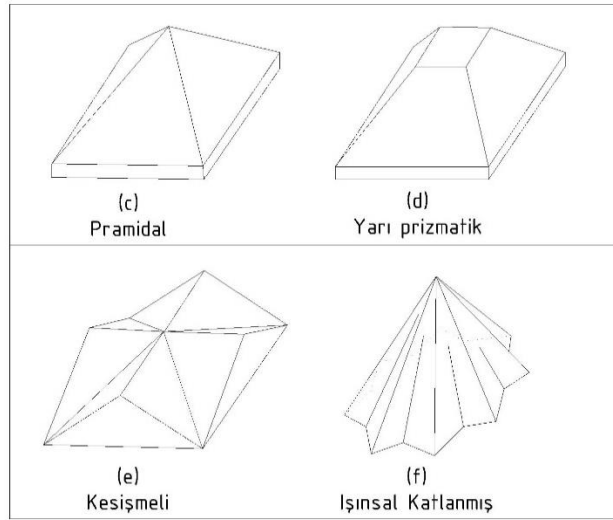
Prizmatik katlanmış plaklar, düzlem yüzeylerin paralel ara kesitler verecek şekilde katlanması ile oluşur ve yükü iki doğrultuda iletir. Katlanmış yüzey sayısı arttıkça sistemin formu silindire yaklaşır. Bu şekilde sistemin taşıyabileceği yük ve geçebileceği açıklık artarken kalınlığı azalır (Arun, 2018). Özetle geçilen açıklık sabit tutulup katlanma sayısı arttıkça, plak kalınlığı azalacaktır.



Şekil 3.35. Dikdörtgen planlı katlanmış plak çeşitleri

Sistemde katlanmış plak uzunluğu arttığında sistem yanlara doğru açılır. Bunu önlemek için uzunluk boyunca belli aralıklarla (katlama açıklığının 3 katını geçmeyecek şekilde) açıklığın iç ya da dış kısmında tempan duvarı yada kiriş düzenlenmelidir.

Piramidal katlanmış plaklar ise paralel arakesit vermeyecek şekilde plakların birleştirilmesiyle oluşturulur ve yüzeyler yükü üç doğrultuda aktarır. Plaklar açılmaları karşı yine kirişlerle desteklenmelidir (Şekil 3.36) (Arun, 2018).

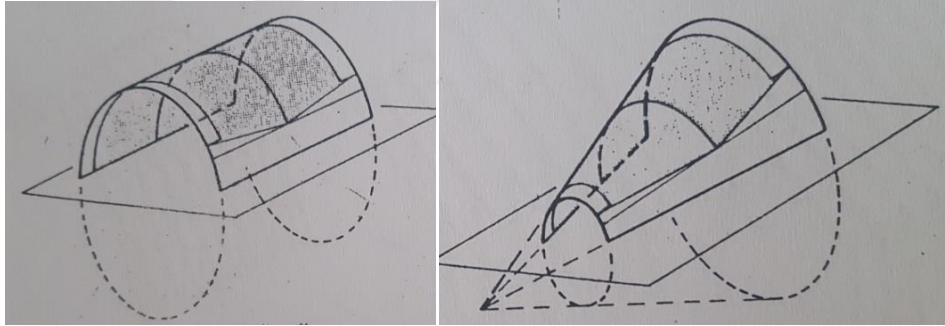


Şekil 3.36. Kare- çokgen- dairesel planlı katlanmış plak çeşitleri

3.4.2.2. Eğrilikli Yüzeysel Sistemler

Eğrilikli yüzeysel sistemler K-Gaus eğriliğiyle tanımlanır ve sınıflandırılır. Gaus eğriliği yüzeyin asal eğriliğinin çarpımıyla elde edilir. Bir eğri yüzeyin asal eğrilikleri, yüzey birbirine dik düzlemlerle kesildiğinde yarıçapı minimum yada maksimum olan eğrilerdir. Bir yüzeyin K-Gaus eğriliği $= (1/R_1)(1/R_2)$ şeklindedir. K değeri sıfır, pozitif ($K>0$) yada negatif ($K<0$) olabilir.

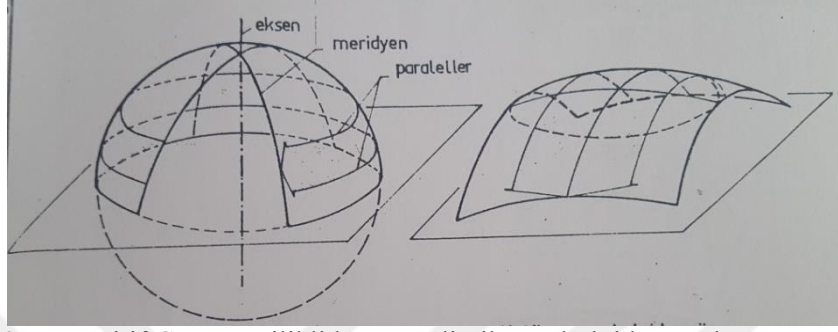
$K = 0$ yüzeyler, asal eğriliklerden birinin doğru değerinin eğri olduğu tek eğrilikli sistemlerdir (Şekil 3.37). Geometrik açımları yapılabildiği için uygulamaları da kolaydır. Silindir ve koni bunlara örnektir. Tonoz silindirik bir yüzeydir. Bir eğrinin (doğuray), bir doğru üzerinde kendine paralel olarak ötelenmesi ile oluşur. Büyük açıklıkları geçmek için silindir yüzeyler ardarda sıralanarak yada kesiştirilerek düzenlenir. Silindirik kabuklar tek tabaklı olarak 20m çift tabakalı olarak 60 m kadar açıklık geçebilir.



Şekil 3.37. Sıfır Gauss eğrilikli silindirik ve konik yüzeyler

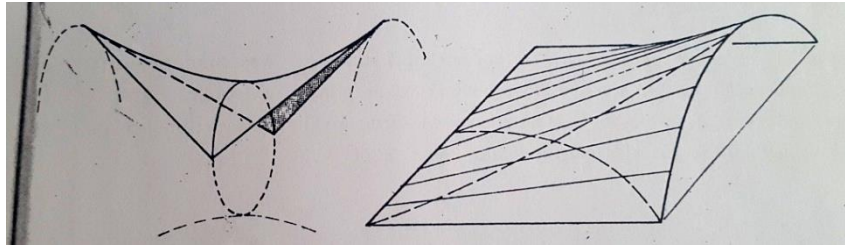
$K>0$ yüzeyler, asal eğrilik merkezleri aynı yönde olan çift eğrilikli yüzeylerdir (Şekil 3.38). Eğriliğin bir merkez etrafında döndürülmesi ile yada eğriliklerden birinin diğeri üzerinde ötelenmesi ile oluşur. Geometrik olarak merkezi etrafında döndürülen eğri bir çember parçası olduğunda küre, bir parabol olduğunda paraboloid, bir elips olduğunda elipsoid form oluşmaktadır. Büyük açıklık geçen kubbelerin inşası yükseklik çok fazla olduğu için zordur. Bu nedenle pantadome sistemi olarak adlandırılan, kubbenin moment sıfır noktası

mafsallaştırılarak kubbenin yerde kurup yukarı kaldırıldığı bir sistem geliştirilmiştir.



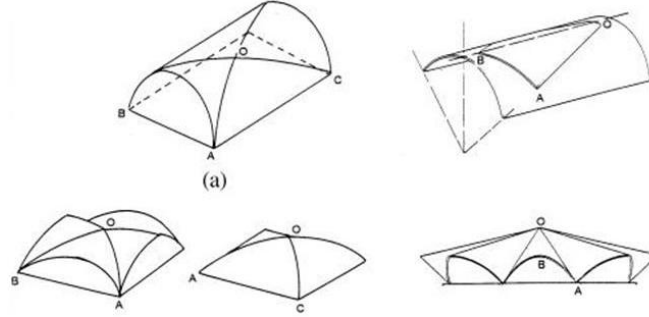
Şekil 3.38. Pozitif Gauss eğrilikli küre ve eliptik paraboloid yüzeyler

$K < 0$ yüzeyler, asal eğrilik merkezleri birbirinin aksi yönde olan negatif gaus eğrilikli olan yüzeylerdir. Hiperboloid, hiperbolik paraboloid ve konoid yüzeyler bu eğriliklere örnektir (Şekil 3.39). Bu yüzeylerin aynı zamanda doğrulardan oluşması uygulamada kolaylık, birbirinin tersi eğrilikli olması da stabiliteyi sağlar. Hiperbolik paraboloid yüzeyler bir eğrinin bulunduğu düzlemde dik düzlemdeki başka bir eğri üzerinde kaydırılmasıyla oluşur.



Şekil 3.39. Negatif Gauss eğrilikli hiperboloid ve konoid yüzeyler

Kabuklar ve şişme yapılar eğrilikli yüzeysel sistemlerdir. Eğrilik merkezlerinin yere yakın olması akustik açıdan tasarımda bir etkidir. Eğrilikli yüzeylerin farklı şekillerde kesilmeleri ya da birleştirilmeleri ile farklı geometrilerdeki yüzeyler oluşturulabilir (Şekil 3.40)(Özşen & Yamantürk, 1991).



Şekil 3.40. Birleşik yüzeyler

3.4.2.2.(1). Kabuklar

Kabuklar malzeme olarak betonarme, çelik ve ahşap ile oluşturulabilir. Kalınlığı iki boyutuna göre çok daha küçük olan ve taşıma ile örtme işlevini aynı anda karşılayan eğrilikli hacimsel taşıyıcı sistemlerdir. Kabuk tasarımında yüzey eğrisinin sürekli olması gerekir. Yüzey eğriliğindeki ani değişimler, kuvvetler yönünde ani değişimler yapar ve eğilme momenti oluşturur. Dış kuvvetler kabuğun orta çizgisine teğet eksenel kuvvetlerle karşılaşır. Elemanları rijit, basınç, çekme ve eğilmeye dayanıklı olmalıdır. Mümkün olduğunca ince ama burkulmayacak kadar kalın yapılırlar. Eğriliklerine ve yüzey geometrilerine göre sınıflandırılırlar (Gündoğ, 2007).

Betonarme kabuklar strüktürel açıdan oldukça ince yapılabilir ancak donatıya yeterli örtü oluşturması gerekir. Bu nedenle 6 cm'den az kalınlıkta olmamalıdır. Çelik kabuklar uzaysal ağlar şeklinde yapılabilirler. Doğrusal elemanlarla oluşturulan kabuklar uygulama açısından üstünlüklere sahiptir (Özşen & Yamantürk, 1991).

Eğrilikli yüzeyler önceleri betonarme olarak yapılmıştır ancak kalıp masrafları maliyeti artırdığı için tek yada çift tabakalı çubuklu uzay sistem olarak yapımı tercih edilmektedir. Kabuk elemanlarında; kabuk eğrisi sürekli olmalı, tekil kuvvetler olmamalı ve sınırda eğriliğe teğet olarak mesnetlenmelidirler.

3.4.2.2.(2). Membran Sistemler

Membran sistemler, sadece çekme dayanımlı membran örtünün gerilerek yük taşıma kapasitesi kazandırıldığı eğrilikli taşıyıcılardır. Esnek membran malzeme, yüzeyinde çekme gerilmeleriyle dengelenip şekillenerek bir mekânı örter. Membran 3 m veya 6 m eninde üretilir. Tasarlanan formlar için bu ölçülere uygun kalıplar çıkartılır. Kalıba göre kesilen membran buruşma ya da gerilme olmaması için, düz iplikleri aynı açıda birleşecek şekilde birleştirilir. Membran sistemler için önerilen üç tip malzeme; plastik filmler, metalik örgü yada folyeler ve plastik kaplı dokumalardır. Bu malzemeler; yapıştırma, mekanik dikiş yada ısıtılarak kaynaklama gibi yöntemlerle birleştirilirler (Arun, 2018).

Membran sistemlerde, taşıyıcı bileşenlerin toplam ağırlığının, ön gerilme kuvvetinden daha az olması onu hafif bir sistem yapar. Geleneksel bir örtü sistemi kıyaslandığında malzeme kullanımı 1/30 oranındadır (Yıldırım, 2003).

Membran strüktürler; büyük açıklıkların kolona ihtiyaç olmadan geçilmesi, az malzeme ile daha büyük alanların örtülebilmesi ile ekonomik, yapım süresinin kısa oluşu ve herhangi bir gereklilik durumunda büyüyebilmesi ve başka bir yere taşınıp yeniden kullanılabilmesi ile de pratik avantajlar sağlamaktadır. Ön gerilme verilerek sınırsız sayıda form oluşturabilmesi tasarımlara estetik anlamda katkı sağlamaktadır (Özat, 2014).

Membran sistemler, üzerlerine gelen yükleri karşılama biçimleri ve oluşum şekilleri açısından 2 ana grupta toplanır. Bunlar;

- Açık (hacimli) Membran Sistemler – Çadırlar
- Pnömatik (Şişme) Sistemler

3.4.2.2.(2).(a). Açık Membran Sistemler – Çadırlar

Açık membran sistemler çadır sistemler olarak da adlandırılır. Bu grupta membran örtü ile tamamen kapalı bir hacim oluşturulmaz. Çadırlar, strüktür

sistemine tasarlanan biçimi verecek destek elemanlarıyla düzenlenen açık membran sistemlerdir. En az bir basınç elemanına membranın gerdirilmesi ile oluşturulur. Rijitliği olmayan membran örtüyü belli bir yükseklikte tutmak için dikme, duvar, kemer yada çerçeve gibi basınç elemanları kullanılır. Destek elemanları sistemde, asılma noktalarında çekme kuvvetini dengeler ve membran yüzeyine ön gerilme verir. Sistemdeki ön gerilme için basınç farkından değil destek elemanlarından yararlanılır. Çadır yüzeyleri, basınç elemanları arasında membranın şekillendirilmesiyle oluşur(Arun, 2018).

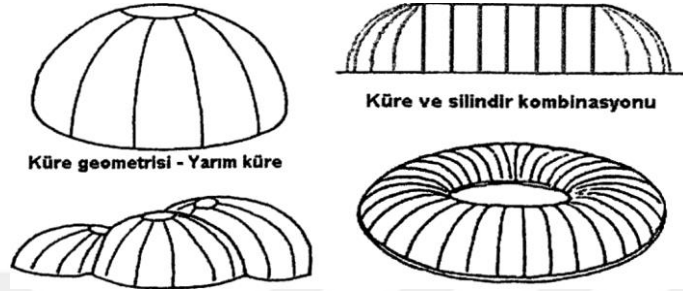
Küçük ve orta olarak nitelendirilebilecek açıklıklarda etkin olan çadırların daha büyük açıklıkları geçebilmesi için kablo ağları ile düzenlenmesi söz konusudur. Rüzgar ve kar yükleri membran örtü tarafından karşılanarak düğüm noktaları aracılığıyla kablo ağlarına aktarılır. Bu şekilde membran, mekanın üzerini kapatan bir yüzey, yükleri karşılayarak mesnetlere ileten bir örtü görevi görür(Yıldırım, 2003).

3.4.2.2.(2).(b). Şişme Sistemler

Şişme sistemler, membranın hem örtme hem de taşıma görevinin olduğu kapalı membran sistemler olarak da tanımlanır. Membran yüzeye, tamamen kapalı hacim içerisinde yaratılan basınç farkı ile öngerilme verilerek, sistemin taşıyıcılığı sağlanır. Şişme (Pnömatik) sistemlerde yüzey gerilmesi, iç hacim ile dışarı arasında basınç fazlası veya basınç eksikliği yaratılarak sağlanır (Gündoğ, 2007). Yani şişme yapılardefanlar yardımıyla sağlanan havamembranı gerekeyükü taşır. Şişme yapının dış kuvvetlere dayanımı için iç basınç fanlarla artırılır. Büyük yapılar içindeki basıncın ve uygun iklimin sağlanması için fanlar sürekli çalışmalı ve kontrol edilmelidir. Bunun için güç temininde ekonomi önemlidir.

Şişme yapılarda yüzey yani şekil, gazların, sıvıların, köpüklerin ve şişebilen malzemelerin basınç farkıyla oluşturulur. Pnömatik bir yüzey, üzerinde kaydırıldığı eğri eksenin yarıçapı kürelerin yarıçapından az olmamak şartı ile

değişik çaptaki kürelerin bir doğru ya da eğri eksen üzerinde kaydırılmasıyla istenilen şekillerde elde edilebilir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Şişme yüzeyler

Şişme yapılar eğrilikli yüzeysel taşıyıcı olduklarından düz yüzeyler elde edilemez. Akustik açıdan bu eğrilikli yüzeylerin merkeze yakın olması olumsuz akustik etki oluşturur. Akustik kontrol, yapı formunun dalgalı oluşturulmasıyla ya da yapı içerisine asılacak ses tutucu elemanlarla sağlanabilir. Bu şekilde oluşan geometrik biçimin arakesitinin kablolarla katılaştırılmasıyla geometrik süreksizlik sağlanır. Şişme sistemlerin zemine ankrajı önemlidir ve geçici yapılarda ankraj yüzey eğrilerine teğet olarak ağırlıklarla sağlanır (Arun, 2018).

Şişme sistemler taşıyıcı strüktür olarak kullanıldığı gibi yardımcı strüktür olarak ya da kalıp elemanı olarak da kullanılabilir. Basınç düzeyine göre, tabaka sayısına göre, basınç farkının şişme veya emme yoluyla sağlanmasına göre ya da geometrik biçimlerine göre sınıflandırılabilir (Gündoğ, 2007). Bu bölümde şişme sistemler basınç düzeyine göre tek tabakalı (alçak basınçlı) ve çift tabakalı (yüksek basınçlı) şişme sistemler olarak ayrıntılı biçimde incelenecektir (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. Tek ve çift tabakalı şişme sistemler

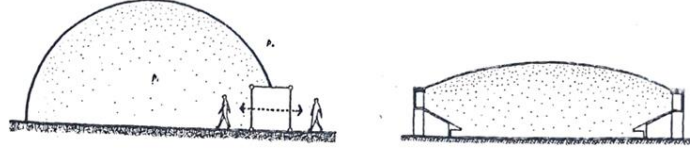
Şişme sistemle oluşturulan bir yapıda herhangi bir nedenle, hava kaynağının yetersiz kalması ya da yüzeyde bir delik oluşması gibi sorunlar oluştuğunda membranın hafif olması nedeniyle oldukça yavaş olarak söner. Bu sönme olayının tamamlanması bazı durumlarda günlerce sürebileceğinden hayati tehlike oluşturmaz.

➤ **Tek Tabakalı Şişme Sistemler**

Tümüyle şişirilen sistemlerdir. Fanlarla sağlanan havanın membran yüzeyi kaldırması ile oluşan pozitif bölge kullanılır (Şekil 3.43). Hava basıncı esnek membranı gerer. Bu şekilde membran kar ve rüzgar yüklerini zemine aktarır. Oluşturulan kapalı alana giriş çıkışlar hava kaçırmayacak şekilde kontrollü şekilde düzenlenir(Özşen & Yamantürk, 1991).

İç mekana belirli aralıklarla hava pompalanması hem basınç farkını hem de temiz- kirli hava sirkülasyonunu sağlamaktadır. Ancak daimi hava pompalanması ısınmış bir ortama soğuk hava girişi demek olduğundan ısıtma giderlerini de etkileyen bir faktördür. Soğutma içinse hiçbir binada mümkün olmayan şekilde şişirme yapının dışını su ile yıkamak bir çözüm olabilmektedir.

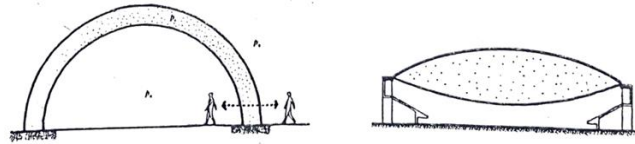
Tek tabakalı şişme sistemlerde dış zar ışığı geçiren ya da geçirimsiz malzeme ile yapılabilir. Ancak binanın içine konacak aydınlatma araçlarını şişme sisteme asmak doğru bir çözüm değildir. Yerden tespit edilen projektörle aydınlatma çözümlerden bir tanesidir. Akustik açıdan eğrilikli yüzey ses dağılımı açısından sorun oluşturabilir. Bu nedenle ses odağının yer düzleminin altında kalması önerilebilir (Yıldırım, 2003).



Şekil 3.43. Tek tabakalı şişme sistemler

➤ Çift Tabakalı Şişme Sistemler

Çift tabakalı membranlar bir hortum ya da deniz yatağı gibi şişirilir. Hava basıncı iki zar arasında oluşturularak bir örtü sistemini meydana getirir (Şekil 3.44). Yapı içindeki nesneler tek tabakalı sistemde olduğu gibi pozitif basınç alanı altındadır. Hava yastığı şeklinde oluşturulan sistem gerilmeye dayanıklı kapalı bir membrandır ve iç hava basıncı fanlarla sağlanır. Yapıya giriş çıkışların hava kaçış kontrolü gerektirecek şekilde tasarlanması gibi bir zorunluluğu yoktur. Bu tür yapılar ya doğrudan ya da kolon gibi taşıyıcı elemanlarla zemine bağlanır. Kablolar yardımıyla membran yüzey daha küçük parçalara bölünerek rüzgar etkisiyle dalgalanmalar önlenir, sistemin yüksekliği bastırılarak ısıtma ve havalandırma gereksinimi azaltılabilir, iç basınç artırılabilir (Özşen & Yamantürk, 1991).



Şekil 3.44. Çift tabakalı şişme sistemler

4. ÜRÜN SEÇİMİNDE YAKLAŞIM VE YÖNTEMLER

4.1.Giriş

Yapı ürünlerinin seçimi birçok değişkeni içeren bir karar verme işlemidir. Doğru bir seçim için tüm değişkenlerin sistemli bir şekilde ele alınarak değerlendirilmesi gerekir (Arıoğlu, 1993).

Bu tez kapsamında değinilen ürün seçimi, varılan sonucun doğruluğu ve denetimini gerektirmektedir. Bu da ancak ürünün uygun yöntemle seçimiyle mümkün olmaktadır. Karmaşık bir işlem olan ürün seçimi, doğru yöntem ile doğru sonuca ulaşmanın yanı sıra sonuca hızlı ulaşmayı da sağlamaktadır.

Yapı ürünlerinin seçimi ile ilgili çalışmalarda yöntemlerin yanı sıra, yaklaşımlarda ortaya konmuştur. Performans yaklaşımına dayalı yöntemler ve karar yöntemine (yöneylem araştırmasına) dayalı yöntemler bunların başlıcalarıdır. Hillerborg yöntemi, Fishmeister- Larsson yöntemi, Hill yöntemi, Petterson yöntemi ve Sentler yöntemleri ise ürün seçimine dayalı diğer yöntemlerden bazılarıdır (Balanlı, 1997).

4.1.1. Performans Yaklaşımına Dayalı Yöntemler

Performans yaklaşımı uygulanmış ürünün sistem içerisinde nasıl davranacağı ve işlevini nasıl yerine getireceği gibi konulara değinir. Performans bir sistem ya da ürünün kullanıcı gereksinmelerine en uygun olarak istenilen davranışı en iyi biçimde göstermesini sağlayacak işlemler kurgusudur. Bu bağlamda ürünün performansı, özelliklerine bağlı olarak yapıya uygulanmış halinin davranışıdır.

Black – Christensen yöntemi, Sneck, Cronberg ve Japon yöntemleri performans yaklaşımına dayalı yöntemlerdir.

- Black – Christensen yöntemi performans analizine dayanır. Analiz; gereksinme, ölçüt, zorunluluklar gibi performans belirleyicilerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Yöntemde gereksinmelerin

belirlenmesinde ürünü etkileyen iç ve dış etmenlerin bulunması ve iki tür etmen arasındaki ilişkinin kurulması önerilir.

- Sneck yönteminde T. Sneck, performans gerekliliklerinin her ürün düzeyinde aynı olmadığını ve önem derecelerine göre sıralanması gerektiğini belirtmiştir. Gereksinimleri; kullanıcı gereksinimleri, fiziksel gereksinimler ve ekonomik gereksinimler olmak üzere 3 grupta ele almıştır.
- T. Cronberg ise performans gereksinimlerini kullanıcı gereksinimlerine göre belirleyen bir yöntem önermiştir. Bu yöntemde kullanıcı eylemleri ve özelliklerine bağlı olarak gereksinimler bulunmuş, bu gereksinimler ışığında yapma çevre (yapı) tanımlanarak yapma çevre ve yapı ürünlerinden beklenen performans bulunmuş, olanaklar ve sınırlamalarla kısıtlanan ürün performansından fiziksel özellikler belirlenmiş ve bu fiziksel özellikleri gösteren ürünler saptanmıştır.
- Japon Yönteminde ürün performans gereksinimlerine dayandırılarak yapı düzeylerinde (öge, gereç, birim, vb.) seçilebilmektedir. Yöntem; ürün seçim düzeyinin belirlenmesi, yapı ürünleriyle ilgili koşulların saptanması, performans gereksinimlerinin bulunması, gereksinimlerin özelliklere dönüştürülmesi, ürün özelliklerinin değerlendirilmesi ve beklenen özelliklerle kıyaslanması sonucu uygun ürünün seçimi gibi adımları kapsar.

4.1.2. Yöneylem Araştırmasına (Karar Yöntemine) Dayalı Yöntemler

Yöneylem araştırması, sürecin amacına uygun bir şekilde ilerlemesi, yönlendirilmesi, geliştirilmesi ve en iyi sonuca gitmesi için yöntem ve teknikler verir. Bir sisteme ait bütün ve bileşenlerine ait en iyi kararların araştırıldığı bir süreçtir.

4. ÜRÜN SEÇİMİNDE YAKLAŞIM VE YÖNTEMLER Sinem DAĞILGAN

Bir karar verme yöntemi olan yöneylem araştırması en iyi çözüm yada en doğru karar için sistem yaklaşımını kullanır. Sistem yaklaşımı, sorunu bir sistem olarak ele alan ve bileşenlerinde ölçülebilir incelemeyle bütünden ayrıntıya inen bir yaklaşım biçimidir.

Sorun çözümünde yöneylem araştırmaları, sorunun belirlenmesi, model geliştirme, modelin çözülebilirliğini sağlama, modelin çözümü ve karar verme evrelerini kapsar(Balanlı, 1997).

B.I. Nilson- S. Samuelsson, E. Özkanve Prof. Dr. A. Balanlı,ürün seçimine yönelik yöntem çalışmalarında yöneylem araştırmalarından yararlanmışlardır.

- Nilson – Samuelsson Yöntemi; yapıyı bir sistem olarak ele alır. Bu yöntemde sistem düzeyi belirlenir, gereksinimler gruplandırılır, olabilecek ürün seçenekleri belirlenir, seçenekler ayıklanarak kalan seçeneklerin özellikleri araştırılır ve karşılaştırılır ve en iyi olan seçenek seçilir. Denetim için adımların yeniden yinelenmesi gerekir.
- Özkan yöntemi; sorunun düzenlenmesi, modelin kurulması, seçenekler arasından seçim yapılması, model ve seçilen seçeneğin sınanması adımlarından oluşur (Özkan, 1976).
- Prof. Dr. A. Balanlı'nın ürün seçimine yönelik oluşturduğu yöntemde, seçim işlemi ürün seçim düzeyi ile başlar. Kullanıcı gereksinimlerini belirlemek için çevresel etmenleri inceler. Ürün seçimi, gereksinimlere göre sistem bileşenlerinin işlevleri ve niteliklerinin belirlenmesi,seçeneklerin oluşturulması, değerlendirme ve karar aşamalarından oluşur.

Ürün seçimi, seçimin hangi düzeyde yapılacağının kararı ile başlar. Genel çerçevede yapı sisteminde öge ve bileşen düzeyinde ürün seçimi şu adımları içermektedir;

A. Ürün Seçim Düzeyinde Başlayan Adımlar

- Hangi düzeyde ürün seçiminin yapılacağı kararı
- Yapının ögelere ayrılması
- Seçim yapılacak öge ve bileşenlerin belirlenmesi(Çayak, 2005)

B. Çevresel Etmenlerden Başlayan Adımlar

- Yapının iç ve dış çevresindeki etmenlerin belirlenmesi
- Gereksinmelerin belirlenmesi
- Ögelerin işlevlerinin belirlenmesi
- Öge veya bileşenlerin niteliklerinin bulunması
- Zorunlulukların belirlenmesi
- Ölçütlerin belirlenmesi. Zorunluluk ve niteliklerden kaynaklanan ölçütlerin alt ve üst sınır değerlerine göre değer ölçütlerinin belirlenmesi(Çayak, 2005).

C. Ürün Bilgilerinden Başlayan Adımlar

- İlgili ürün bilgilerinin literatürden edinilmesi
- Seçeneklerin düzenlenmesi, oluşturulması ve ön elemelerin yapılması
- Seçeneklerin karşılaştırılması ve seçim
- Karar denetimi – geri besleme. Kararın uygunluğunun geri besleme ile denetimi (Balanlı, 1997)

Bu tez kapsamında da Prof. Dr. A. Balanlı'nın yönteminden uyarlanarak ürün bilgilerinden başlayan adımlarla ölçütler belirlenmiş, seçenekler ortaya konmuş ve seçeneklerin değerlendirme teknikleri ile değeri belirlenmiş ve karar seçimi yapılmıştır.

4.1.3. Ürün Seçim Modelini Oluşturan Temel Adımlar

4.1.3.1. Ölçütler – Değer Ölçütleri

Sistemi oluşturan bileşenlerin işlevlerini yerine getirebilmesi için gerekli özelliklerin hangi üründe ne düzeyde bulunduğu belirlenmesi için bir ölçümleme işlemine gerek duyulmaktadır. Ölçütler ürünün nitelik ve alt sınır değerlerini veren yasa ve yönetmeliklerin bir sonucu olmaktadır. Buna göre değer ölçütleri, seçeneklerin değerini ölçmeye, birbirine göre üstünlüklerini ortaya koyarak kıyaslamaya ve seçmeye yaramaktadır.

Örneğin bir duvar elemanında dış çevreye bağlı olarak belirlenen niteliklerde ses ile ilgili ölçütler ortaya konacak (ses geçirimsizlik gibi) ve duvara uygulanacak yalıtım malzemesi için ürün seçimine gidilirken farklı yalıtım malzemeleri (seçenekler) için, bu ölçütte değerlendirme yapılacaktır.

Değer ölçütlerinin tümü aynı önemde olmayabilir. Bir kısmı zorunlu bir kısmı da koruyucu ve isteğe bağlıdır. Zorunlu ölçütler mutlak uyulması gereken yasa ve zorunluluklardan kaynaklanırken, koruyucu olanlar parasal ve teknolojik değerlerdir ve maliyete dayalıdır. Karar verici konumundaki kişiler değişken ölçütlerin kaynağı durumundadır (Arıoğlu, 1993).

Her biri aynı önemde olmayan değer ölçütlerinin ürün seçimine aynı ağırlıkta etki etmemesi gerekmektedir. Bu nedenle doğru bir sonuç için ölçütlere önem ağırlığı verilmesi gerekmektedir.

Hillerborg yöntemi, ölçütlere önem ağırlıklarını “Kullanım ve Değişim Değeri” olarak ayrı ayrı, yüz üzerinden vermektedir.

4.1.3.2. Seçenekler

Seçenekler ürün özelliklerine ya da üründen beklenen niteliklere bağlı olarak belirlenen ürün düzeyinde (parça, gereç, bileşen...v.b.) oluşturulur. Amaç ürün özellikleri ile ilgili bilgilere ulaşarak gerekli niteliklerdeki ürünleri belirlemektir (Ergenç, 2007).

Örneğin bir duvar elemanına, duvar kaplaması bileşeni için ses yalıtım işlevini gerçekleştirecek yapı ürününün seçimi için seçenekler oluşturulurken seçenekler bu ürün düzeyinden başlatılmaktadır. Yani duvarı oluşturan tüm yapı ürünlerin değil yapıyı oluşturan parça (bu örnekte yalıtım malzemesi) düzeyinde seçenekler oluşturulmaktadır.

Ürün seçim düzeyine göre belirlenen seçeneklerin çok sayıda oluşu değerlendirme ve karar verme işlemini güçleştirebilir. Bunun için ön elemeler yapılarak (bu tez kapsamında bu işlem, döşeme uygulama yerinin seçimi şeklindedir) seçenek sayısının azaltılması yoluna gidilir.

4.1.3.3. Değerlendirme ve Karar

Seçeneklerin beklenen nitelikleri ne kadar sağladığı ya da ne kadarını karşıladığının ölçülmesi yoluyla en uygun ürünün seçilmesi değerlendirme işlemini gerektirir. Değerlendirme işlemi ürün seçim sürecinin en karmaşık adımını teşkil eder. Seçeneğin değerinin belirlenmesi bu sürecin bir başka aşamasıdır (Ergenç, 2007).

4.1.3.3.(1). Değerlendirme Teknikleri ve Seçenek Değerleri

Seçeneğin belirlenmiş bir işlevi sağlamak için gösterdiği performansındaki başarı, onun değerini vermektedir (Balanlı, 1997). Seçeneklere ait ölçütlerin bir kısmı ölçülebilir büyüklüklerle anlatılabilirken bir kısmı soyut değerlere dayalı olabilir. Estetik algıya dayalı ölçütler (renk, desen...) bunlara örnek olabilir.

Seçenekler, ölçütlerde belirlenen sınır değerlerini karşılıyorsa beklenen niteliği sağlıyor demektir. Ancak seçim yaparken birçok ölçüt söz konusu olduğundan değerlendirme işlemi zorlaşmaktadır. Bu nedenle değerlendirme yapılırken;

- Seçeneklerin tek bir birimle ölçülerek bulunması
- Ölçütlerin alt ve üst sınır değerlerinin belirlenmesi

4. ÜRÜN SEÇİMİNDE YAKLAŞIM VE YÖNTEMLER Sinem DAĞILGAN

- Seçenekler arasında karşılaştırma yapabilmek için her ölçütte gösterdiği toplam değerin oluşturulması
- Karar veren konumundaki kişi tarafından ölçütlere verilen önem ağırlıkları da değerlendirmeye dahil edilerek seçenek değerine ve toplam değere yansıtılması gerekmektedir(Ergenç, 2007)

Seçeneklerin değeri, ölçeklerle yapılan değerlendirme tekniklerinden;

- Sınıflandırma ya da gruplandırma ölçeği
- Sıralama ölçeği
- Aralıklı ölçek
- Oransal ölçek

Tekniklerinden biri ile yapılabilir (Arioğlu, 1993).

Seçeneklerin arasındaki farklar nicelik olarak belirtilebiliyorsa aralıklı ölçekle ölçme işlemi yapılabilir. Sayılarla belirtilebilen ya da belirtilemeyen seçenek özellikleri çeşitli aralıklarda ölçekler kullanılarak boyutsuz sayılarla değerlendirilebilir. Örneğin bir niteliği en üst düzeyde gösteren seçeneğe göre diğer seçeneklerin gösterdiği değerler sıralanabilir. Aralıklı ölçek ile değerlendirmede seçenek özelliklerinin tümü bir değere dönüştürülebilmekte, tek birim ile ölçülebilmekte, değerler toplanabilmektedir (Balanlı, 1997).

Bu çalışma kapsamında açıklığı örten taşıyıcı sistemlere ait ortaya konan ölçütlerinin çeşitliliği nedeniyle aralıklı ölçek kullanılacaktır.

4.1.3.3.(2). Karşılaştırma ve Seçim

Seçenekler içinde en yararlı/ en uygun/ olanına karar verebilmek ve seçim yapabilmek için seçeneklerin karşılaştırılması gerekmektedir. Bu karşılaştırma, seçeneklerin ölçütlerdeki toplam değeri (önem ağırlıklarına göre hesaplanan) göz

önüne alınarak yapılmalıdır. Bu çalışma kapsamında seçeneğin ağırlığı (G), ölçütün önem ağırlığı (A) ve Seçeneğin yarar değeri (Yd) arasındaki ilişkiye 4. Bölümde “Seçim Yöntemi” başlığı altında daha detaylı olarak değinilmektedir.

Karar aşamasında kullanım ve değişim değerine göre seçim yapılmaktadır. Kullanım değerinin en yüksek, değişim değerinin en düşük olduğu seçenek, beklenen nitelikleri en üst düzeyde karşılayan ürün olmaktadır. Ancak bu iki değer her zaman tek seçenek üzerinde kesişmeyebilir (Balanlı, 1997). Yüksek olan kullanım değeri ile düşük olan değişim değeri farklı seçenekleri verebilir. Bu durumda karar hangi değer daha önemli olduğu göz önüne alınarak verilmelidir.

4.1.3.3.(3). Geri Besleme

Ürün seçim yönteminde, önceki işlemin bir sonraki için girdi olduğu işlemler birbirini takip eder. Yöntem sonucunda çıktı ile amaç karşılaştırılmalı, gerektiğinde başa dönüp girdiler değiştirilmelidir. Bu şekilde performansın yönetsel olarak ölçüldüğü süreç geri besleme olarak tanımlanır. Geri besleme adımı amaç sonuç ürünün hedeflenen performansa ne düzeyde ulaştığının belirlenmesidir.

Geri besleme ile ürün seçiminde, yöntem adımları arasına bilgi alışverişi sağlama, kullanım sürecinde yapıda oluşan sorunların başka yapılarda tekrarlanmasını önleme, kullanım sürecinden tasarım sürecine bilgi alışverişi sağlama, kullanım evresinde oluşan sorunların tekrarlanması önleme gibi yaralar söz konusudur.

Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntemde geri besleme adımı uygulanmamıştır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Yapının tasarımı ile başlayan yapı üretim sürecinde yapının mimari projesi tasarlanırken açıklığı örtecek sisteme de karar verilmesi gerekir. Fonksiyona bağlı olarak örtülecek açıklıklar çeşitli olduğu gibi bu açıklığı örtebilecek taşıyıcı sistemde çeşitlilik gösterir. Bu durumda belirlenmiş açıklığı örtecek, kullanıcıların ve tasarımcıların isteklerine en üst düzeyde cevap veren ekonomik sistemin seçimi önem kazanmaktadır. Tasarımcıların ve kullanıcıların değişen önceliklerine göre, aynı yapı türü hatta aynı açıklıklar için farklı seçimler söz konusu olabilecektir. Burada belirleyici etken, oluşturulan seçim yönteminde ölçütlere verilen önem ağırlıklarıdır. Bu şekilde her yapının öznel ihtiyaçlarına cevap veren en uygun taşıyıcı sistemin seçiminin yapılması amaçlanmaktadır.

Bu bölümde öncelikle seçime ilişkin ölçütler ortaya konmuş ve değerlendirmeye nasıl katılacağı açıklanmıştır. İkinci kısımda, oluşturulan model açıklanmış son kısımda ise model varsayılan bir yapı üzerinden örneklendirilmiştir.

5.1. Seçim Ölçütleri

Bu bölümde, sonuç örtü sisteminin seçimini sağlayacak ölçütlere yer verilmiştir. Bu ölçütler, daha önceki bölümlerde incelemesi ve sınıflandırması yapılan sistemlerin en belirgin ve seçim aşamasında ayırt edici özellikleri doğrultusunda belirlenmiştir. Bu ölçütler aynı zamanda kullanıcılar ve tasarımcılar tarafından göz önüne alınan ve aranan niteliklerdir. Sistemlerin öne çıkan özelliklerini tanımlayan bu ölçütlerle farklı tür sistemlerin karşılaştırılmasını sağlayacak anahtar ölçütler oluşturmak amaçlanmıştır. Seçim ölçütlerinin belirlenmesi için literatür taraması yöntemi kullanılmıştır.

Sistemlerin üretim süreci, kullanım süreci ve kullanım süreci sonrası özelliklerini tanımlayan bu ölçütler kullanım performansına ve maliyetine etki etmesi bakımından iki ana başlık altında incelenmiştir. Kullanım performansına ilişkin ölçütler her bir sistem için kullanım değerinin hesaplanmasında, sistemlerin

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

maliyetini doğrudan etkileyen ölçütler ise değişim değerinin hesaplanmasında kullanılacaktır. Kullanım değeri ürünün yararını, değişim değeri ise maliyetini verdiği için değerlendirme birimi olarak “yarar” ve “maliyet” in kullanılması uygun olmaktadır (Balanlı, 1997). Çizelge 5.1’ de ölçütler özetlenmiş olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Sistem seçim ölçütleri

		Ölçütler	Tanım
KULLANIM DEĞERİNE İLİŞKİN	Üretim Süreci	Kullanım Yeri	Açıklığı geçen, örtüyü taşıyan yapı elemanı ya da taşıyıcı sistemin ara kat döşemesi ya da üst örtü olma durumu tanımlar.
		Prefabrikasyona Uygunluk	Yapı ürününün, önceden fabrikalarda üretilerek sahada sistem imalatının tamamlanması durumunu tanımlar.
		Akustik Etki	Yapı elemanının ya da sistemin kendisinin ses odağı oluşturma durumuna göre kaplama ve yalıtım çözümlerinden ayrı olarak akustik konfor şartlarını sağlayabilme durumunu tanımlar.
		Tesisat İçin Uygunluk	Taşıyıcı sistem üzerinde ya da aralarında ki boşluklardan tesisat sisteminin geçişine izin verme durumunu tanımlar.
		Doğal Aydınlatma İmkani	Taşıyıcı sistemin doğal aydınlatma için çatı ışıklıkları ve pencerelerinin açılmasına uygun olma durumunu tanımlar.
		Geçilen Açıklığa Göre Sistem Kesiti (H/L)	Açıklığı geçen yapı elemanının kesit yüksekliğinin geçilen açıklığa oranı olarak tanımlanmıştır.
		Birleşim Detayları	Yapı elemanlarının sistemleri oluştururken birleşim bölgelerinde ki noktasal detayların çeşitliliğini ve uygulama zorluk ya da kolaylığını tanımlar.
	Kullanım Süreci	Yangın Direnimi	Açıklığı geçen yapı elemanı ya da sistemin yangın durumunda göçme olmadan ayakta kalabildiği süreyi tanımlar.
		Çevresel Etkilere Dayanım	Malzemeye bağlı olarak, yapı elemanı ya da sistemin kendisinin yağmur, sıcak, kar, gibi iklimsel, çevresel, kimyasal etkilere karşı direnci ve bakım onarım gerektirme sıklığını tanımlar.
DEĞİŞİM DEĞERİNE İLİŞKİN	Üretim Süreci	Sistem Üretim Enerjisi	Malzeme ve hammadde kaynak temininden başlayarak yapı elemanları ya da sistemin üretimi için fabrikada ya da saha da gerekli olan enerjinin oransal büyüklüğünü tanımlar.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

		İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi	Sistemin yapımı, üretimi nakliyesini kapsayan alanlarda ihtiyaç duyulan iş makinesi ve işçilik gereksinimini tanımlar.
		İmalat ve Montaj Süreci	Sistemin en küçük parçasından başlayarak üretilip, üretiminin tamamlanmasına, yapıda kullanımına kadar geçen süreyi tanımlar.
	Kullanım Süreci	Kullanım Ömrü	Sisteminin ya da bileşenlerinin kullanılamaz hale gelene kadar ki süreyi ya da yenilenmesi gereken periyodu tanımlar.
		Sökülüp Taşınabilme	Kullanım süreci sonunda sistemin yeniden başka bir yerde yeniden kullanım olanağını tanımlar.
	Kullanım Sonrası Süreç	Geri Dönüşüm İmkânı	Kullanım süreci sonunda sistemin geri dönüşüme katılarak aynı ya da başka sistemler için yapı gereci olarak kullanılabilme imkânını tanımlar.

5.1.1. Kullanım Değerine İlişkin Ölçütler

Burada yer verilen ölçütler, örtüyü taşıyan sistemin kullanımına ilişkin yararlarını ortaya koyduğundan kullanım değeri olarak gruplandırılmış bu başlık altında incelenmiştir. Bu ölçütlerden; kullanım yeri, prefabrikasyona uygunluk, akustik etki, tesisat için uygunluk, doğal aydınlatma imkânı, hacim ilişkisi (açıklık/sistem kesiti), birleşim detayları sistemin üretim sürecine ilişkin ölçütlerken; yangın direnimi ve çevresel etkilere dayanım sistemin kullanım sürecine ilişkin ölçütlerdir.

5.1.1.(1). Kullanım Yeri

Bazı taşıyıcı sistemler, yapıda hem ara kat döşemesi hem üst örtü olarak kullanılabilirken; bazıları çalışma prensipleri gereği ara kat döşemesi olarak kullanılamamaktadır.

Uzay kafes sistemler, düğüm noktalarında çubukların mafsallı olarak birleştiği üç boyutlu sistemlerdir. Yükün ekstenel olarak çubuklar üzerinden düğüm

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

noktalarına aktarıldığı sistemlerdir (Gündoğ, 2007). Bu sistemler bir hacmi sınırlayan üst örtü olarak büyük açıklıkları geçebilirken, ara kat döşemesi olarak verimli bir çözüm değildir. Bunun yanı sıra düzlem kafesler ile ara kat döşemesi oluşturabilmektedir.

Membran sistemlerin yüzeyinde çekme gerilmeleri oluşturularak örtüye biçim verilir ve sistem dengelenir (Arun, 2018). Betonarme kabuklar, asma germe sistemler ya da şişme sistemler gibi eğrilikli yüzeysel sistemler, yüzeysel gerilme prensibi ile çalışırlar. Oluşturdukları eğrisel geometrileri nedeniyle de ara kat döşemesi olarak kullanmak mümkün olmamaktadır.

Açıklığı geçecek sistemin seçiminde ilk basamağı, açıklığı geçecek yapı elemanının kullanım yeri oluşturur. Örtülen açıklığın ara kat döşemesi ya da üst örtü olması ilk aşamada seçeneklerin elenmesi için bir ölçüttür. Tez konusu olarak oluşturulan modelin de ilk basamağını ara kat ya da üst örtü olma durumuna göre seçeneklerin elenmesi oluşturur. Bu şekilde seçeneklerin çok fazla olması nedeniyle oluşabilecek karışıklık en aza indirgenmiştir.

Bu ölçüt modelin ilk basamağında seçenekler arasında eleme yapılması için kullanılacağından yarar değeri olarak karşılığı yoktur. Diğer ölçütlerle birlikte modelde yarar değerini veren sayısal hesaplara katılmayacaktır.

5.1.1.(2). Geçilebilen Açıklık

Bir tasarımda kolonsuz ya da az kolonlu iç mekan isteniyorsa büyük açıklık geçen sistemlerden biri seçilir. Her sistemin verimli olarak kullanıldığı bir aralık tanımlanabiliyorken, mevcut teknoloji ve malzeme bilimindeki gelişmeler sayesinde geçilebilecek açıklılarda üst sınır belirlemek zordur. Her sistemle istenilen her açıklık geçilebilir ancak sistemin geçebileceği optimum açıklığı zorlamak maliyeti artırır. Sistemlerin geçebileceği optimum açıklıklar Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.2. Sistemler ve geçilebilecek açıklıklar(Özşen & Yamantürk, 1991)

		10	20	30	50	70	100	200	300	400	500
Plak $\frac{b}{l} = \frac{1}{2}$		■									
Kirşli Plak $\frac{b}{l} = \frac{1}{3}$		■	■								
Nervürlü Plak $\frac{b}{l} = \frac{2}{3}$		■	■								
Kemer $\frac{b}{l} = \frac{1}{5}$			■	■							
Düzlem Kafes Kiriş $\frac{b}{l} = \frac{1}{4}$			■	■							
Uzay Kafes $\frac{b}{l} = \frac{1}{1.5}$			■	■	■	■	■	■	■	■	■
Katlanmış Plak $\frac{b}{l} = \frac{1}{10}$			■	■							

5.1.1.(3). Prefabrikasyona Uygunluk

Prefabrikasyon genel bir tanımla, yapı elemanlarının önceden hazırlanıp yerinde monte edilmesidir. Ön üretimle yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların fabrikalarda üretilip stoklanması, bu elemanların şantiyede bir araya getirilerek birleştirilmesini kapsayan endüstrileşmiş bir yapım yöntemidir. Bazı yapı

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

elemanları, modüler küçük parçalar halinde üretilip farklı malzemelerle birleşimleri şantiyede yapılacak şekilde ya da tamamı önceden hazırlanıp yerine bütün olarak yerleştirilme şeklinde üretilir.

Türkiye’de gelişmekte olan prefabrikasyonun dünya standartlarını yakalaması için Türkiye Prefabrik Birliği kurulmuştur. Bu alanda gelişme ve teknik bilgi sağlamak amacı ile “Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar - Prefabrike Betonarme ve Ön gerilmeli Betondan - Hesap Esasları ile imalat ve Montaj Kuralları” adıyla TS 9967 yönetmeliği hazırlanmıştır(Başkan, 2009).

Prefabrike sistemler bir anlamda sadece montaj işlemlerinin tamamlanmasını içeren zahmetsiz ve az giderli hızlı sistemlerdir(Başkan, 2009). Yapı elemanları, fabrikadaki yapım ve hazırlık sürecinde, taşıyacakları ağırlıklara ve karşı koyacakları iklim koşullarına göre istenilen performans değerlerinde elemanlar olarak üretilir. Ancak her malzeme prefabrikasyonla üretime uygun değildir. Prefabrikasyonda kullanılacak malzemenin şekil verilebilir ve makine ile üretime elverişli özellikte olması, bağlantılarının kolaylıkla ve kısa sürede yapılabilecek nitelikte olması gerekmektedir.

Prefabrikasyonun en yaygın uygulamasına beton, betonarme ve öngerilmeli beton olarak adlandırılan beton türevi malzemelerle üretilen yapı elemanlarında rastlanmaktadır. Beton bileşenlerdeki ağırlık ve buna bağlı olarak nakliye ve montaj güçlükleri çelik sistemleri bu anlamda betona göre daha avantajlı yapmaktadır. Çubuk sistemlerde yaygın olarak kullanılan ahşap ve çelik malzeme ile üretilen yapı elemanları için de ön üretim uygun olmakta ve üretim sürelerinin birbirine eş değer olduğu söylenebilmektedir (Hıraoğlu, 2007).

Geleneksel yapım sistemlerindeki çeşitli işlerin farklı ekipler tarafından yürütülmesi ve birbirini takip etme zorunluluğu, koordinasyon güçlükleri, süre ve maliyetin önceden tahmin edilmesini güçleştirmektedir. Prefabrikasyona uygun malzemelerle üretilen sistemlerde ise maliyet ve sürenin önceden ölçülebilir

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

olması, kısa sürede yapının kullanıma hazır olmasını ve yatırılan sermayenin hızlı bir şekilde kazanca dönüşmesini sağlar.

Prefabrikasyon, tasarım sürecinde malzeme seçimiyle başlayan yapım sürecini kapsayan bir süreçtir. Bu nedenle taşıyıcı sistemlerde kullanılacak malzemelerin ya da sistemlerin seçimini etkileyen bir ölçüttür. Sistem seçimi için oluşturulan modelde, ölçütün değerlendirmesi için aralıklı ölçek sistemine göre 1’den 5’ e kadar prefabrikasyona uygunluk dereceleri belirlenmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Prefabrikasyona uygunluk ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Alt sınır		----- Üst Sınır ----- →		
	1	2	3	4	5
Prefabrikasyona Uygunluk	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Orta Uygunlukta	Uygun	Çok Uygun
	S23, S24, S25, S26	S1-S2- S4-S5	S3-S6-S7- S8	S9-S10-S11- S12-S13-S14- S15-S16-S17- S18-S19-S20- S21-S22	S27-S28- S29-S30- S31-S32- S33

5.1.1.(4). Akustik Etki

Ses, cisimlerin hareketi sonucu moleküllerin titreşmesi ile oluşur ve dalgalar halinde yayılır. Sesin algılanması dalgaların duyu organına ulaştıktan sonra sinir sistemi tarafından beyine iletilmesi ile gerçekleşir. Sesin algılanması sesin nitelik ve niceliği ile birlikte ses kaynağına da bağlıdır. Sesin düzeyi ve algılanması akustik etkiyi oluşturur ve akustik etki mekanın konforunu etkileyen ölçütlerden biridir. Genellikle 80 dB’in üzerindeki sesler gürültü olarak tanımlanır. 120 dB’in üzerindeki sesler ise fiziksel zararlar verebilir (Ekşi, 1999).

Gürültü yapının dışında oluşabileceği gibi yapının içerisinde yapının fonksiyonuna bağlı eylemler sonucunda da oluşabilir. Bu nedenle kullanım amacına bağlı olarak (konser salonu, fabrika, hava alanı vb.) yapının içinde ve dışında ne kadar gürültü oluşabileceği tasarım aşamasında düşünülmesi gereken bir

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

konudur. Yapı dışındaki gürültü kaynakları için gürültü kaynağında ya da yapı üzerinde sesin gürültü etkisini azaltacak ya da yok edecek önlemler alınmalıdır.

Bir yapı elemanına çarpan ses dalgalarının bir kısmı malzeme tarafından emilir, bir kısmı yansır bir kısmı da iletilir. Mekan konforu açısından ses kaynağı ve kullanıcı aynı ortamda olduğunda ses emicilik, kullanıcı ve ses kaynağı farklı ortamlarda olduğunda ise ses geçirimsizlik önemlidir. Ses kaynağının davranışına göre iki türlü ses oluşur. Ortamda oluşan konuşma sesleri ve müzik hava sesine, ayak sesleri ve tesisat gürültüsü ise darbe sesine örnektir.

Malzemelerin birim hacim ağırlığı ve gözenek yapısı, oluşturduğu yapı elemanının ses geçirme, ses yansıtma ve ses yutma gibi özelliklerini belirler. Ses geçirimsizliği malzemenin birim hacminin ağırlığı ile ters orantılıdır. Birim hacim ağırlığı arttıkça malzemenin içyapısı yoğunlaşacağından ses geçirimsizliği ve ses yutuculuğu azalacak, ses yansıması artacaktır. Sesin yansıması, sesin çarptığı yüzeye de bağlı bir değişkendir. Sesin yutulması ise bir yapı elemanından ses geçişini azaltmaz sadece yansıyan sesi azaltır (Tekin, 2003).

Aşağıda (Çizelge 5.4) yapı malzemesi olarak kullanılan malzemelerin birim hacimlerinin ağırlıkları gösterilmiştir.

**5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM
ÖNERİSİ**

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.4. Yapı Malzemelerinin birim hacim ağırlık tablosu (İMO, yapı malzemelerinin birim hacim ağırlıkları tablosundan yararlanılarak geliştirilmiştir).

MALZEME VEYA BİLEŞEN ADI	Birim Hacim Ağırlık (kgf/m³)
BUYUK BOYUTLU YAPI ELEMANLARI – BETONLAR	
Normal beton, (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	
Donatılı	2400
Donatısız	2200
Gözenekli hafi f agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114'e uygun agregalarla)	800-2000
Yalnız genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun)	300-1600
Cüruf betonu	1200
Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılan hafi f betonlar (boşluklu)	1600-2000
Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar	600-2000
Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar (TS 3234'e uygun) (TS 2823'e uygun yapı elemanları dahil)	500-1200
Ahşap testere veya planya talaşı betonu	400-1200
çeltik kapçığı betonu	600-700
Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS 453'e uygun yapı elemanları dahil)	400-800
YAPI PLAKLARI VE LEVHALARI	
Gazbeton yapı levhaları (TS 453'e uygun plaklar) Normal harçlı&yapıştırıcılı	500-800
Hafi f betondan duvar plakları	800-1400
Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil (TS 451, TS 452, TS 1474'e uygun)	600-1200
Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS 3682'ye uygun)	600-900
Alçı karton plaklar (TS 452'e uygun)	900
AHŞAP VE AHŞAP MAMULLERİ	
İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar, Yapı kerestesi, (cam vb.)	600
Kayın, Meşe, Dişbudak, Kontrplak (TS46), Kontrtabla (TS 1047)	800

**5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM
ÖNERİSİ**

Sinem DAĞILGAN

Yatık ve dik ahşap yonga levhalar	700
Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600-1000
Hafif odun lifi levhalar	200-300
BETONLAR	
Bimsbeton	100
Kazan cürufu betonu (kum ilave edilmeden)	1400
Demirsiz betonlar (normal)	2200
Betonarme (normal)	2400
Betonarme (sıkı ve sık donatılı)	2500
YAPI KERESTESİ	
Yumuşak ağaçlar (Cam vb.)	600
Sert ağaçlar (Meşe vb.)	800
METALLER	
Çelik	7850
Alüminyum	2700
Alüminyum Alaşımları	2700-2900
Kurşun	11400
Çinko	7200
Dökme Demir	7200
Bakır	8900
MEMBRAN *	0,7- 1,4

*yapı malzemesi olarak kullanılan membranların 3. boyutları diğer boyutlarına göre çok ince olduğu için birim hacim ağırlığı kg/m² belirtilmiştir.

Sistemi oluşturan malzeme türü de mekânın ses kontrolü açısından bir etkindir. Ses dalgaları, çelik malzemede her yönde eşit olarak yayılırken, ahşap malzemede liflere dik yönde daha yavaş yayılmaktadır. Bu da özellik ahşaba, liflere dik yönde kullanıldığında yalıtım özelliği kazandırmaktadır(Hıraoğlu, 2007).

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Bir mekandaki akustik etki sadece taşıyıcı sistemi oluşturan malzemenin kimyasal yapısına değil, oluşturulan forma da bağlıdır. Büyük açıklı yapılarda eğri yüzeyli yapı elemanları sesi odaklaştırarak ölü noktalar oluşturmaktadır. Bu şekilde mekânın akustik konforunu olumsuz etkilediği için sesin rahatsız edici etkisini uzaklaştıracak önlemler gerektirmektedir. Tasarım aşamasında, eğrisel yüzeyli bir sistemde oluşacak ses odağının insan işitme seviyesinden daha yüksekte olacak şekilde tasarlanması yapı içerisinde oluşacak gürültüye karşı bir çözüm olabilmektedir. Sesi odaklaşması ile oluşan rahatsız edici etki, kabuklar gibi eğrisel yüzeyli sistemlerde oluşabileceği gibi eğrisel olarak biçimlenmiş diğer taşıyıcı sistemlerde de oluşabilmektedir.

Oluşturulan mekânın kalitesini etkileyen bu ölçüt döşeme ya da çatı örtüsünün kaplama malzemesine ya da uygulanan yalıtım çözümlerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu nedenle akustik etki, seçilen sistemle oluşturulabilecek olası biçimin, ses odağı oluşturup oluşturmamasına göre, gürültü kontrolü sağlayabilme durumunu tanımlar. Ölçüt, sistemi oluşturan malzeme türü de göz önünde bulundurularak aralıklı ölçek yöntemiyle değerlendirilmiştir. Kaplama malzeme türünün fiziksel ve kimyasal yapısından kaynaklanan etkisi ya da ses yalıtımı için yapılan uygulamalar değerlendirme dışında tutulmuştur.

Burada akustik etki yarar değerlerine göre değerlendirilirken ilk aşamada ses odağı oluşturmaması ikinci aşamada ise ses yutuculuk, ses yansıması ve ses geçirimsizliği malzemenin birim hacim ağırlığı göz önünde bulundurularak bir sıralama öngörülmüştür.

İstenilen ideal olumlu özellikler olan ses odağı oluşturmama ve sistemi oluşturan malzemenin ses iletkenliğinin en az olduğu (gürültü kontrolünün maksimum verimle sağlandığı) durum 5 yarar değeri ile tersi durum ise 1 yarar değeri ile tanımlanmıştır (Çizelge 5.5).

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.5. Akustik etki ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Alt sınır		Üst Sınır →		
	1	2	3	4	5
Akustik Etki (Gürültü Kontrolü)	Ses Odağı Oluşturur	Ses Odağı Oluşturur Ses İletir	Ses Odağı Oluşturur Ses İletkenliği Az	Ses Odağı Oluşturmaz Sesi İletir	Ses Odağı Oluşturmaz Ses İletkenliği Az
	S33-S32	S12-S13-S14-S15-S16 -S18-S22-S26	S8-S17-S19-S20-S21-S24-S29-S30-	S4-S5-S6-S9-S10-S11-S25-S31	S1-S2-S3-S7-S23-S27-S28

5.1.1.(5). Tesisat İçin Uygunluk

Mekanik havalandırma, elektrik tesisatı, yangın söndürme sistemleri gibi sistemler binanın alt programlarını oluştururlar. Yapının planlamasına ve fonksiyonuna uygun olarak en verimli şekilde işlevlerini yerine getirmeleri amaçlanır. Her bir grup tesisat uzman kişilerce gerekli hesaplamalar yapılarak projelendirilir. Burada sistemlerin kapasitesi olduğu kadar nerede konumlandıkları da önem kazanır. Çoğu zaman bina alt sistemleri üzerinde çözümlenmektedir. Taşıyıcı sistem üzerinde çözülmesi, yer tasarrufunun yanı sıra bazı binalarda estetik bir anlayışa da hizmet etmektedir. Değişen dönemsel eğilimler ve tasarım anlayışıyla binanın tesisatları gizlenmek yerine daha da vurgulanarak, atölye, büro, hatta kafe olarak kullanılan binalarda estetik bir öğe olarak ön plana çıkarılmaktadır.

Boşluklu gövdeli kirişlerde binanın tesisat sistemi kiriş içerisindeki boşluklardan geçirilerek bina içi temiz yükseklikten kazanç sağlanabilir. Bunun yanı sıra kafes gövdeli kirişlerde tesisata ait yükler düğüm noktalarına etkirse, sistemin rijitliği bozulmadan yükler mesnetlere iletilebilir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Bu nedenle tesisatın taşıyıcı sistemle uyumlu olarak tasarlanabildiği ya da üzerinden tesisat geçişine uygun olan seçenekler değerlendirmede 5 yarar değeri ile tanımlanmıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Tesisat için uygunluk ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

DEĞER ÖLÇÜT					
← Alt sınır----- Üst Sınır→					
	1	2	3	4	5
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Ne Uygun Ne Değil (Nötr)	Uygun	Çok Uygun
Tesisat için Uygunluk	S33-S32	S1-S4-S9-S12-S23-S24-S29-S27-S31-S25-S26-	S15-S16-S17-S18-S19-S20-	S7-S8-S21-S22	S2-S3-S5-S6-S10-S11-S13-S14-S28-S30

5.1.1.(6). Doğal Aydınlatma İmkânı

Geniş açıklıkların doğal olarak gün ışığıyla aydınlatılması yapının ısı ve görsel konforunu doğrudan etkiler. Yapılan incelemeler doğrultusunda yapı içerisine alınan güneş ışığının 4 etkisinden bahsedilmektedir. Bunlar; ısıtıcı etki, aydınlatıcı etki, biyolojik etki ve ruhsal etkidir(Öztürk, 1997).

Yapının gün ışığı ile aydınlatılabilmesi için tasarım sürecinde, binanın dışındaki gün ışığı miktarı ve bina içerisinde ne kadar gün ışığına ihtiyaç duyulduğunu belirtecek bir takım hesapların yapılması gerekir.

Gün ışığı yapının dışında bir ışık kaynağı olduğundan ışığın yapı içerisine alınması için yapı üzerinde uygun yapı boşlukları tasarlanmalıdır. Çatı ışıklıkları bu amaçla düşünülmüş sistemlerdir. Bu noktada boşluklar açılacak çatı yüzeyinin altındaki taşıyıcı sistemin bu ışıklıklara ne kadar uyumlu ve elverişli olduğu önem kazanmaktadır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çatı ışıklık sistemleri çatı taşıyıcı sisteminde değişiklik yapılarak ya da çatı örtü sisteminde değişiklik yapılarak iki farklı sistemle elde edilebilir. Çatı taşıyıcı sistemine dokunmadan mevcut sistem üzerindeki örtü sisteminde yer yer ışık geçiren örtü malzemeleri kullanılmasıyla da mekânın doğal aydınlatması sağlanabilir. Şed ışıklıklar ve çatı fenerleri gibi taşıyıcı sistem üzerinde değişiklik yapılarak elde edilen ışıklıklar için ahşap ya da çelikle oluşturulan çubuk sistemler daha avantajlı olmaktadır. Bazı kabuk ve katlanmış plak sistemlerde de şed çat ışıklıkları kullanılabilir.

Taşıyıcı sistemlerin doğal aydınlatmaya elverişlilik ilişkisini gösteren tabloda en elverişli, en uygun olma durumu 5, uygun olmama ya da uygulama zorluğu bulunan durum ise 1 yarar değeri ile aralıklı ölçek sisteminde ifade edilmiştir (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7. Doğal aydınlatma imkanı ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Alt sınır		Üst Sınır →		
	1	2	3	4	5
Doğal Aydınlatma İmkânı	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Ne Uygun Ne Değil (Nötr)	Uygun	Çok Uygun
	S31-S25	S33-S32	S15-S16-S17-S18-S19-S20, S26	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S9-S10-S11-S12-S13-S14-S23-S24-S27-S28-S29-S30	S7-S8-S22-S21

5.1.1.(7). Geçilen Açıklığa Göre Sistem Kesiti (H/L)

Tasarlanacak geniş açıklıklı bir yapının mekan düzeni ve açıklıkları, eylem akışı ve sirkülasyon alanlarına göre boyutlandırılmalıdır. Yapılarda, fonksiyona göre örtülen açıklığın temiz iç yüksekliği önem kazanmakta tasarımcılar mümkün olan en az sistem kesiti ile maksimum açıklıkları geçmeyi amaçlamaktadır. Taşıyıcı sistem akslarının çok sayıda ve sürekli olması, seçilen açıklık boyutunun

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

maliyete olan etkisini artırmaktadır. Bu nedenle aks aralıkları için en ekonomik boyutların hesaplanarak seçilmesi gerekmektedir.

Açıklık; yapının fonksiyonuna, sirkülasyon alanlarına, yapıya etki edecek yüklere bağlıdır. Boyutlar genel olarak birimlerin fiziksel gereksinimlerinden başlayarak oluşturulur. Açıklığı geçecek sistemin boyutları ise statik hesaplamalar sonucunda belirlenir. Taşıyıcı sistemlerin genel boyutsal verileri olduğu kadar bu sistemleri oluşturan bileşenlerinde kendi boyutsal verileri optimum sınırlar içinde incelenmelidir. Yapı elemanlarının kesiti geçilen açıklığa ve malzemeye göre değişiklik gösterir.

Kablolu sistemlerde sistemin kendi yüksekliği fazla olmasına karşın kabloların tüm açıklık içinde algılanamayışı temiz iç yükseklik açısından görsel bir yanlısına oluşturur. Bu da birim metrekaresindeki kullanıcı yoğunluğundan dolayı, stadyum ya da peron gibi alanların örtülmesinde tercih edilen bir durumdur.

Örneğin açıklık tek doğrultuda yük aktaran kirişlerle geçildiğinde, kiriş yüksekliğinin geçilen açıklığa oranı, malzemelere göre aşağıdaki gibi olmaktadır. (L = Geçilen Açıklık)

- Betonarme Kirişlerde Kiriş Yüksekliği;
Basit Kiriş : $L/10 - L/12$, Sürekli Kiriş : $L/12 - L/16$
- Ön/ard Germe Betonarme (prefabrike) Kirişlerde Kiriş Yüksekliği;
Basit Kirişlerde: $L/15 - L/18$, Sürekli Kirişlerde: $L/18 - L/24$
- Ahşap Kirişlerde Kiriş Yüksekliği;
Basit Kiriş : $L/10 - L/12$, Sürekli Kiriş : $L/12 - L/16$, Kompozit Kiriş: $L/16 - L/24$
- Çelik Kirişlerde Kiriş Yüksekliği;
Basit Kiriş : $L/12 - L/16$, Sürekli Kiriş : $L/16 - L/24$, Uzay Kafes Kirişlerde: $L/20 - L/30$

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

- Betonarme Katlanmış Plaklarda;
En az plak kalınlığı enine açıklığın yaklaşık 1/40'ı kadar,
Yükseklik/ açıklık oranı : 1/6 ile 1/10 arasında alınır(Arun, 2018).

Buradan da anlaşılacağı gibi açıklık artıkça sistem kesiti artmaktadır. Yapının fonksiyonu, yapı yüksekliğinin belirlenmesinde etkindir. Tasarım aşamasında taşıyıcı sistemin kullanılan malzeme ile sınır değerlerinin bilinmesi ve sistemin kendi yüksekliğinin de hesaba katılması gerekir. Yapı elemanlarının boyutuna bağlı olarak değişen malzeme miktarı yapı maliyetini doğrudan etkiler. Bu nedenle sistem kesiti, açıklığın geçilmesinde etkin değişkenlerden bir tanesidir. Sistem kesitinin açıklığa oranının (h/L) küçük olması, daha az malzeme kullanımı, sistemin kendi ağırlığının azalması ve dolaylı olarak maliyetin düşmesi anlamına geldiği için seçenekler arasında istenen olumlu özelliktir. Aralıklı ölçek yönteminde bu özellik 5 ile tanımlanmıştır (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8. Geçilen açıklığa göre sistem kesiti ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Alt sınır -----			Üst Sınır →	
	1	2	3	4	5
Geçilen Açıklığa Göre Sistem Kesiti	1/10<h/L	1/16<h/L<1/10	1/24<h/L<1/16	1/30<h/L<1/20	h/L<1/25
	S15-S16- S17-S18- S19-S20- S31	S1-S2-S3-S4- S5-S9-S10- S11-S12-S13- S23-S24	S27-S28-S29- S30-	S6-S7-S8- S14-S21-S22	S32-S33- S25-S26

5.1.1.(8). Birleşim Detayları

Sistemlerin birleşim teknikleri aslında o sistemlerin ticari özelliklerini etkileyen faktörlerdir. Büyük bir kısmı yerinde yapılan sistemlerde, birleşim

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Detaylarının hesapları önceden titizlikle yapılmalı, yükler, hareketler ve sistemin çalışması önceden hesaplarla ön görülmelidir. Büyük bir kısmı fabrikada üretilip

şantiyede bir araya getirilen sistemlerde ana elemanlar, deneylerle ve yine hesaplarla uygun detaylandırılır ve birleşimleri şantiyede yapılır. Bunun için de iş makinesi ve nitelikli işçi gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Betonarme sistemler monolitik olarak yerinde inşa edilen sistemler oldukları için yapı elemanlarının birleşim bölgelerini oluşturmak diğer sistemlere göre daha basittir.

Prefabrike elemanlar arasındaki bağlantılar proje aşamasında uygun detaylandırıldıkları takdirde bir döküm yapıları benzer davranış gösterirler. Bu nedenle değişik bağlantı modelleri tek yönlü yük ve deprem etkileri altında deneysel olarak kontrol edilip uygulanmalıdır. Seçilen taşıyıcı sisteme bağlı olarak kolon kiriş birleşimleri mafsallı ya da rijit olarak yapılabilir. Mafsallı birleşimler ön yapım karakterine daha uygun olup yapımı daha kolay ve hızlıdır.

Membranla oluşturulan sistemlerde sistem dengesinin sağlanabilmesi için detay çözümleri titiz bir çalışma gerektirmektedir. Oluşturulacak yapı için her seferinde farklı detay çözümleri oluşturulmaktadır ve genellikle detaylar yapıya özgü tasarlanmaktadır. Ayrıca membran örtü üretimi yapan firmaların standartlaşmamış ölçülerde üretim yapması maliyeti de artırmaktadır. Bunun için membranlar belli ölçülerde üretilip malzeme türüne bağlı olarak dikişli, kaynaklama ya da yapıştırma ile birleştirilir (Özat, 2014).

Çelik yapı elemanları ile çok çeşitli birleşim detayları oluşturulabilmektedir. Uzay kafes sistemlerde düğüm noktalarının tasarlanması araştırma konusu olsa da genellikle patentli ürünler kullanılır. Ancak sistemin diğer malzemelerle birleşimlerinde ısı iletkenliği gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı özel detay çözümleri gerekmektedir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Bu bölümde anlatılan birleşim bölgelerindeki detaylar, çeşitli sistemler için değerlendirilirken aralıklı ölçek yöntemi kullanılacaktır. Birleşim detaylarının basit ve kolay uygulanabilir olması istenir. Değerler en basitten en karmaşığa doğru azalırken, en karmaşık ve uygulaması zor sistem detayının değeri 1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5.9). Seçenekler için bu ölçüt, sistemin montaj öncesi hesaplamaları, özel parça gereksinimleri ve bu detayları uygulayacak kalifiye eleman gereksinimi göz önünde bulundurularak değerlendirilecektir.

Çizelge 5.9. Birleşim bölgesi detayları ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Alt sınır		-----Üst Sınır →		
	1	2	3	4	5
Birleşim Bölgesi Detayları	Özel detay gerektirir	Kalifiye eleman gerektirir	Ek parça gerektirir	Standart ürünlerle uygulanabilir	Kolay uygulanabilir
	S22-S21-S20-S19-S18-S17-S16-S15	S9-S10-S11-S12-S13-S14-S25-S26	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8	S27-S28-S29-S30-S31	S23-S24-S32-S33

5.1.1.(9). Yangın Direnimi

Yapı elemanlarının ve taşıyıcı sistemin yangın direnimi büyük ölçüde malzemeye bağlıdır. Ancak koruma ve söndürme yöntemleri dışında, alevlerin temas ettiği yüzey ve temas ettiği süre de sistemin yangın direnimi etkileyen önemli faktörlerdir. Yangın durumunda taşıyıcı sistemden beklenen performans, taşıyıcılık özelliğini yitirmeden insanların tahliyesine imkân vermesidir.

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği kapsamında 29 Kasım 2004'te Resmi Gazete'de yayımlanan açıklayıcı dökümanlarda; "Bir yapı elemanının yangın dayanımı; yük taşıma, bütünlük ve termal yalıtım kapasitesini, Standart Yangın

Dayanım Testinde belirli bir süre koruyarak, yangına karşı direnç göstermesi" şeklinde tanımlanmaktadır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Bir yapı elemanının yangına dayanım performansını yük taşıma kapasitesi- Loadbearingcriterion (R), bütünlük- Integrity (E) ve yalıtım- Insulation gibi kriterler belirler(Demirel & Altındaş, 2005).

Yapı elemanlarının performans değerleri dakika cinsinden ifade edilmekte olup zaman/sıcaklık eğrisine göre belirlenir. Performans süresi (dakika); 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360 değerlerinden biri ile ifade edilir ve kriterlerin birini, ikisini ya da hepsini içermesine göre sınıflandırılır. Bu şekilde 140 dk yük taşıma kapasitesi, 65 dk bütünlüğü ve 41 dk termal yalıtımı bulunan bir yapı elemanının sınıflandırması, değerler en yakın alt sınıfa uyarlanacak şekilde R 120 – RE 60 – REI 30 şeklinde yapılabilir (Demirel & Altındaş, 2005).

Bakanlar Kurulu tarafından 12.06.2002’de yayınlanan4390 sayılı yönetmelikte yangın ve binanın taşıyıcı sistemiyle ilgili olarak; “Bina taşıyıcı sisteminin yangın direncinin belirlenmesinde, yük taşıma kapasitesi, bütünlüğü ve yalıtımı göz önüne alınır. Bina taşıyıcı sistem ve elemanlarının gerek bir bütün gerekse her bir yapı elemanıya, bir yangında insanların tahliyesi ve söndürme süresinde korunmaları için yeterli bir zaman boyunca stabil kalmalarını sağlayacak şekilde hesaplanarak boyutlandırılması mecburidir” şeklinde hükümler yer almaktadır. Yine yönetmelikte malzemelerin yanıcılık sınıfları ve tanımları, yapı elemanlarının yangın dayanım süreleri eklerdeki tablolarla belirtilmiştir.

Bu tablolara göre hazır karıştırılmış, ön gerilmeli ya da katkı maddeleri ilaveli beton ile demir, çelik ve paslanmaz çelik, test edilmeye gerek olmadan yanıcılık sınıfı A1 olan malzemeler (yanmaz) olarak belirtilmiştir. Strüktürel ahşap D sınıfı (normal alevlenici), membran gibi polimer kompozitler ise A2 sınıfı (zor yanıcı) olarak tanımlanmıştır [yangın yönetmeliği ek-2 ve tse 1263 ek-A].

Sıcaklığa bağlı olarak malzemelerin büyüklük ve hacimleri değişir. Sıcaklık artıkça malzemelerde genleşme meydana gelir. Bu değişim malzemelerin gücünde azalmaya neden olur. Değişimin miktarı ise malzemenin ısıl genleşme kat sayısına bağlıdır (Sağlam, 2009).

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Ahşap malzeme ve türevi tutkallı ahşap D sınıfı yanıcılık sınıfında olmasına rağmen genel kanının aksine ahşap konstrüksiyonlar yangın direnci yüksek sistemlerdir.

Ahşap malzemelerin ısı genleşme katsayıları ve ısı iletkenlikleri beton ve çelik malzemeye göre daha düşüktür. Yangın gibi durumlarda malzemedeki değişimin diğer malzemelere göre daha az olması ve kömürleşme özellikleri sayesinde strüktürel elemanlarda oluşan hasar, çelik ve betonarme elemanlara göre daha az olmakta ve sistemin taşıyıcılığını kaybedeceği süre uzamaktadır. Bu da kullanıcılara kaçış için gerekli süreyi sağlamaktadır (Çizelge 5.10) (Sağlam, 2009).

Çizelge 5.10. Ahşap malzemelerin oda sıcaklığında ısı özellikleri (Sağlam, 2009)

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Isı İletkenliği (W/Mk)	Ozgül Isı (kJ/kgK)
Çam	600	0.15	1.63
Kızıl Meşe*	700	0.17	1.63
Beton	960	0.33	0.84
Çelik	7830	45	0.50

* Çizelgede yer alan ağaç cinslerinin nem miktarı %12 olarak alınmıştır.

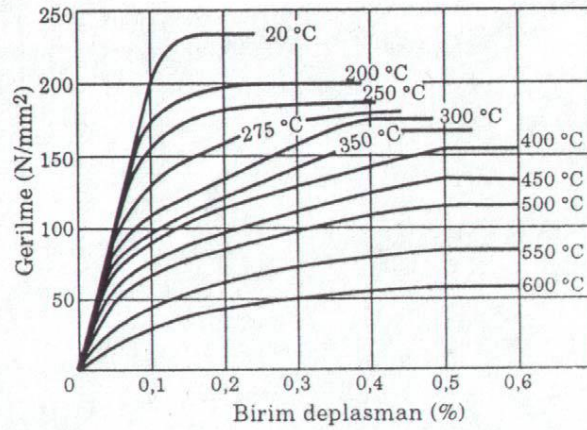
Ahşap konstrüksiyonun yangına dayanımı aynı zamanda kesitine bağlı bir değişkendir. Dolayısıyla masif az parçalı taşıyıcılar, çok parçalı taşıyıcılara oranla yangına karşı daha kısa süre direnirler. Kesiti arttıkça bu değer artar ve en fazla 1-1,5 saattir. Ahşap yapı elemanı statik hesabına göre aldığı minimum kesitte 30 dk yangına dayanım sağlamaktadır. 30 dakikadan sonra ise dakikada 0,7 mm kesit azalması olmaktadır (Hıraoğlu, 2007). Ahşabın içerisine çelik bağlantılar yapıldığında ise dayanımı büyük ölçüde artmaktadır. Bu bağlantılar ahşabın dışında yapılıyor ise yangına dayanımlı malzeme ile kaplanması gerekir. Ahşap yapı elemanın üzerinde bulunan budak ve çatlaklar yangın etkisini artıracığından bunlardan sakınmak gerekir (Yıldırım, 2003).

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çelik, oda sıcaklığındaki üstün dayanım ve elastikliğine rağmen yüksek sıcaklıklarda önemli derecede dayanım kaybına uğrayan bir malzemedir. Yalın haldeki demir ve çelik iyi bir ısı iletkeni olduğundan yangın durumunda ısının yayılmasını hızlandırır ve çelik malzeme 15 dakikada doğal şeklini ve taşıma özelliğini kaybeder (Yıldırım, 2003).

Artan sıcaklıkla birlikte çelikte meydana gelen gerilme – şekil değiştirme davranışı Şekil.5.1’de gösterilmiştir (Hıraoğlu, 2007).



Şekil 5.1. Sıcaklık etkisinde çelik malzemenin gerilme – şekil değiştirme eğrisi (Hıraoğlu, 2007)

Çelik yapı elemanları yangına karşı; sıvama, alçı veya ısıya dayanıklı levhalar ile kaplama, beton içine alma gibi yöntemlerle korunabilir. Bu durum taşıyıcı sistem maliyetini %20 - %30 oranında artırabilmektedir (Hıraoğlu, 2007).

Beton yanmaz, yangını iletmez ve duman oluşturmaz bir malzeme olması nedeni ile yangına karşı A sınıfı dayanım gösterir (Sağlam, 2009). Beton yangına çelikten daha dayanımlı olmasına rağmen betonarme malzemenin yangın dayanımında pas payı etkindir. Betonun içerisinde gömülü durumda bulunan demir kısmen korunmuş durumdadır. Pas payı ortadan kalktığında ya da yeteri kalınlıkta olmadığında betonarme yapı elemanı içerisindeki demir, çelikte olduğu gibi yaklaşık 30 dakika sonra taşıma özelliğini önemli ölçüde kaybetmekte ve yeniden

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

kullanımı mümkün olmamaktadır. Betonarme malzemenin bünyesinde sıcaklığa bağlı olarak çeşitli gerilmeler meydana gelir. 400 °C – 700 °C’ de %2 oranında rötre meydana gelir(Kayalar, 2010). Kısa süreli sıcaklık etkisinden çok, uzun süreli sıcaklık betonarmeyi olumsuz etkiler.

Membran malzemenin yangın dayanımı ise dokuma şekliyle ve dayanımını artıracak malzemelerle kaplanmasıyla artırılabilir. Ancak membranların yüzeysel bir taşıyıcı sistem olması alevlerin yayılmasını hızlandırıcı etki yapar. Ayrıca sistemin bağlantı noktalarındaki ve ek yerlerindeki sistem bileşenlerinin de yangına karşı korunması gerekir.

Yangın durumunda taşıyıcı sistemden beklenen en az performans, kullanıcıların kaçması için gerekli sürede göçme olmadan ayakta kalması olduğundan, değerlendirmede malzemenin taşıyıcılık özelliğini kaybettiği süre (dakika) esas alınmıştır. Burada sistem kesitine göre yangın dayanım süresi değiştiğinden ve bu değişken açıklığa bağlı olduğundan değerlendirme malzeme türü esas alınarak yapılmıştır (Çizelge 5.11). Buna göre 5 yarar değeri tüm malzemelerle oluşturulan sistemler içerisinde en uzun süreyi, 1 yarar değeri ise en kısa süreyi tanımlamaktadır.

Çizelge 5.11. Yangın durumunda emniyet ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Alt sınır	-----			Üst Sınır →
	1	2	3	4	5
Yangın Durumunda Emniyet	<30 dk	30-45 dk	45-60 dk	60-90 dk	90<dk
	S9-S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20-S21-S22	S32-S33	S23-S24-S25-S26	S27-S28-S29-S30-S31	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8

5.1.1.(10). Çevresel Etkilere Dayanım

Burada bahsedilen çevresel koşullara dayanım; su, nem, böcek, ısı değişimi gibi çevresel faktörlerle malzemenin yapısında meydana gelen oksitlenme, aşınma,

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

çatlama, böceklenme, çürüme şeklindeki bozulmalara karşı malzemenin dayanımıdır. Bu dayanım yapı elemanının kullanım ömrünü belirleyen ölçütlerden biridir ve yine malzeme cinsine bağlı olarak değişir.

Ahşap, organik bir malzeme olması sebebi ile uygun nem ve sıcaklıkta böcek ve kurtçuk gibi canlıların yaşayacağı bir ortam oluşturur. Bazı ahşap türleri sık dokusu ve bünyesinde bulunan organizmalar için zehirli maddeler (fenolik maddeler)sayesinde daha dayanıklıdır. Ahşap malzemeye koruma sağlamak için bünyesine çeşitli kimyasal emdirilme işlemi (emprenye) uygulanır(Yıldırım, 2003).

Çevresel etki olarak çeliği ısı, su ve nem olumsuz olarak etkilemektedir. Su ve nem çelik yapı elemanlarını korozyona uğratarak, yük taşıma kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır (Hıraoğlu, 2007). Çeliği korozyondan koruma yöntemlerinin başında yüzeyin boyanması ve kaplanması gelmektedir. Hafif çelik taşıyıcı sistemlerde kullanılan çelik kesiti daha ince olduğundan korozyondan daha fazla etkilenir. Bükme profil imalatında kullanılan çelikte genellikle daldırma galvaniz tekniği kullanılır (Yıldırım, 2003). Yapının etkilendiği dış kuvvetlere karşı gösterdiği dayanım büyük ölçüde malzemenin mekanik özellikleriyle alakalıdır. Ve çeliğin mekanik dayanımı, üretim yöntemine bağlı olarak kimyasal yapısı istenilen amaç doğrultusunda değiştirilerek artırılabilir (Kalay, 2006).

İklimsel koşullara, suya ve neme karşı ahşap ve çeliğe göre daha dayanımlı olan betonarme malzemenin bakım gereksinimi çok daha azdır. Dış ortam, prizini almış betonu fiziksel ve kimyasal olarak hasara uğratabilir. CO₂, SO₃ gibi gazların yağmur suyu ile birleşmesi ile ortaya çıkan asit, betonun kimyasal olarak bozulmasına sebep olur. Dayanıklılık problemine çözüm olarak boşluk oranı düşük beton üretmek, betonun mukavemetini artırarak su ve buhar geçirimsizliğini sağlar (Yıldırım, 2003). Betonarme elemanlarda sıcaklık değişiminden ötürü prizini almış betonun büzülmesi sonucu rötre (çatlaklar) meydana gelir. Yapı içerisindeki hareketli araçların sürtünmesiyle, dış yüzeydeki kum fırtınalarının etkisiyle, deniz kenarındaki yapılarda dalgaların etkisiyle oluşan aşınmalar, betondaki fiziksel bozulmalardır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Membran malzemenin dayanımını büyük ölçüde üzerindeki kaplama malzemesi belirlemektedir. Membranın dış etkilere dayanımının az olması sebebiyle hava ve su geçirmezlik özellikleri kazanması, kolay temizlenebilir olması ve UV ışınlarına dayanımının artırılması için yüzeyleri çeşitli kimyasallarla kaplanır(Yıldırım, 2003). Membranın cam elyaf örgülü, teflon kaplamalı olması halinde dış koşullara dayanımı artmaktadır ve ömrü 50 yıla çıkabilmektedir.

Çevresel etkilere dayanım sistemin kullanım ömrünü, dolayısıyla bakım onarım sıklığını ve maliyetini etkileyen ve büyük ölçüde malzeme türüne bağlı olan bir ölçüttür. Sistemlerin çevresel koşullara dayanımı çok yüksekten, çok düşüğe doğru aralıklı ölçekte değerlendirilmiştir (Çizelge 5.12). Bu değerlendirmede 5 yarar değeri sistemin dayanımının en yüksek olduğu durumu tanımlar.

Çizelge 5.12. Çevresel etkilere dayanım ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Alt sınır		-----	Üst Sınır →	
	1	2	3	4	5
Çevresel Etkilere Dayanım	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
	S33-S32	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8	S9-S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20-S21-S22	S25-S26-S23-S24	S27-S28-S29-S30-S31

5.1.2. Değişim Değerine İlişkin Ölçütler

Burada yer verilen ölçütler açıklığı geçen sistemin maliyetine ilişkin değerleri verdiğinden değişim değerleri olarak hesaplanmıştır. Prof. Dr. Ayşe Balanlı'nın "Yapı Ürünleri Seçimi" kapsamında çalıştığı modelden uyarlanarak oluşturulmuş bu yöntemde, değişim değeri parasal bir değer olarak değil, ölçütlerin yarar değerleri üzerinden hesaplanmıştır. Ölçütler kullanım değerinin hesaplanmasında olduğu gibi, üretim süreci, kullanım süreci ve kullanım süreci

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

sonrasında etken ölçütler olarak incelenecektir (Çizelge 5.13). Ancak bu ölçütler yapının maliyetine ilişkin değerleri verdiğinden, seçim yapılırken değişim değeri düşük olan seçenek seçilecektir. Bu nedenle de ölçütlerin yarar değerleri belirlenirken istenen olumlu özelliklere 1 yarar değeri verilmiştir.

Çizelge 5.13. Değişim değerine ilişkin ölçütler

DEĞİŞİM DEĞERİNE İLİŞKİN	Üretim Süreci	Sistem Üretim Enerjisi	Malzeme ve hammadde kaynak temininden başlayarak yapı elemanları ya da sistemin üretimi için fabrikada ya da saha da gerekli olan enerjinin oransal büyüklüğünü tanımlar.
		İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi	Sistemin yapımı, üretimi nakliyesini kapsayan alanlarda ihtiyaç duyulan iş makinesi ve işçilik gereksinimini tanımlar.
		İmalat ve Montaj Süreci	Sistemin en küçük parçasından başlayarak üretilip, üretiminin tamamlanmasına, yapıda kullanımına kadar geçen süreyi tanımlar.
	Kullanım Süreci	Kullanım Ömrü	Sisteminin ya da bileşenlerinin kullanılamaz hale gelene kadar ki süreyi ya da yenilenmesi gereken periyodu tanımlar.
	Kullanım Sonrası Süreci	Sökülüp Taşınabilme	Kullanım süreci sonunda sistemin yeniden başka bir yerde yeniden kullanım olanağını tanımlar.
		Geri Dönüşüm İmkânı	Kullanım süreci sonunda sistemin geri dönüşüme katılarak aynı ya da başka sistemler için yapı gereci olarak kullanılabilme imkânını tanımlar.

5.1.2.(1). Sistem Üretim Enerjisi

Yapı malzemelerinin performanslarının değerlendirilmesinde, seçim ve kullanımıyla ilgili malzemenin çevresel sonuçlarını ve yaşam döngüsünü kapsayan ekolojik malzeme kavramı ön plana çıkmaktadır. Ekolojik değerlendirmede, malzemelerin üretiminden geri dönüşümüne kadar olan süreçte çevreye etkileri, gaz salınımları, tüketilen enerji ve hammadde olanakları gibi özellikleri incelenmektedir. Ancak 2002 yılında Norveç Üniversitesinde yapılan araştırmada aynı projede farklı taşıyıcı sistemler için aynı dış kabuk kabulü yapıldığında yapının oluşumu ve yıkımı arasında harcanan enerji ve gaz salınımı birbirine yakın

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

belirlenmiştir (Sağlam, 2009). Ayrıca hammaddenin ve işlenmiş malzemelerin taşınması da enerji ve kaynak tüketimine, gaz salınımına neden olur. Bu değerleri, taşınan mesafe, malzeme ağırlığı, taşıma tipi gibi değişkenlere bağlı olması nedeniyle hesaplamak güçtür. Bu nedenle bu bölümde üretim enerjisi, nakliye için gerekli enerji ve malzemenin gaz salınımları ile ilgili değişkenler göz ardı edilerek sadece üretim enerjisi, kaynak ve geri dönüşüm olanakları açısından incelenmiştir.

Bu açıdan “ekolojik” kavramı, dayanıklı ve bakım maliyeti düşük, üretim aşamasında düşük enerji kullanılan, üretimi için kaynak sıkıntısı olmayan hammadde kullanımını, binanın yıkımı söz konusu olduğunda malzemelerin geri dönüşüm olanaklarını ve bunun için gerekli enerjiyi kapsamaktadır.

Malzemelerin yaşam döngüsü, ürünü oluşturan elemanın elde edilmesiyle başlayıp, kullanımının sona ermesi ile yok edilmesine kadar geçen süreci kapsamaktadır. Malzemenin üretim enerjisi, malzemenin yapıda kullanılacak eleman ya da bileşen için istenilen (gerekli) standartlara getirilmesi için harcanan enerjidir.

Ahşap malzeme doğal bir malzeme olması sebebiyle üretim enerjisi düşük bir malzemedir. Genel kanının aksine ahşap malzemenin bilinçli kullanımı ormanların azalmasını değil yaşıtılmasını sağlar. Bu açıdan kaynağı tükenmeyen tek yapı malzemesidir(Hıraoğlu, 2007). Tutkallı ahşap gibi geniş açıklıkların geçilmesi için işlem görmüş ve mukavemeti artırılmış malzemeler ile kurutma ve böceklerden koruma tekniğinin fırınlarda ısı ile kurutma şeklinde yapılması ve kimyasal bileşiklerin emdirilmesi gibi işlemler malzemenin üretim enerjisi oluşturmaktadır. Aşağıda Çizelge 5.14’ de çeşitli yapı malzemeleri için üretim enerjileri gösterilmiştir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.14. Malzemelerin üretilmesi sırasında açığa çıkan enerjiler(Ching & Cassandra, 2006; Hıraoğlu, 2007)

Malzeme	Enerji Miktarı Btu/lb*	Yapı Malzemesi	Üretim İçin Gerekli Enerji Değeri (MJ/kg)
Kum ve Çakıl	18	Alüminyum	170
Ahşap	185	Plastik	80 - 90
Hafif beton	940	Çelik	38
Alçı levha	1830	Tuğla	2,8
Tuğla	2200	Beton	2
Çimento	4100		
Cam	11.100		
Plastik	18.500		
Çelik	19.200		
Kursun	25.900		
Bakır	29.600		
Alüminyum	103.500		

*1 Btu/lb = 2,326kJ/kg

Yapısal çelikte, malzemenin içerdiği krom, demir, nikel gibi elementlerin elde edilmesi için harcanan enerji, gerekli enerjinin ilk basamağını oluşturmaktadır. Bu enerji bitmiş çelik ürün elde edilmesi için harcanan enerjinin %60'lık kısmını oluşturmaktadır. Çeliğin üretim aşamalarında en yüksek enerji elektrik ark ocaklarında harcanmaktadır. Bunların dışında üretim sırasında kullanılacak yakıt türü ve nakliyesi için harcanan enerji de tüketime etki eden diğer enerji faktörleridir. Hurda çelik kullanımının çelik üretiminde gerekli enerji miktarını yaklaşık %74 oranında azalttığı görülmüştür (Sağlam, 2009).

Metaller yapı malzemeleri arasında hammaddenin çıkarılması, üretimi ve nakliyesi için harcanan enerji bakımından en yüksek çevresel etkiye sahiptir. 1 kg betonun üretimi için yaklaşık 1MJ enerji tüketilirken, 1 kg çelik üretimi için yaklaşık 25 MJ enerji tüketilmektedir (Sağlam, 2009). Ayrıca çelik sistemlerde birleşim noktaları için ağırlıklı olarak kaynaklama tekniği kullanılması yapım enerjisini yükseltmektedir (Yıldırım, 2003).

Betonarme üretiminde enerji üretiminin büyük bir bölümü, betonun ham maddesi olan çimento üretimi sırasında olmaktadır. Çimentoda katkı maddelerinin

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

kullanılması üretiminde enerji tasarrufu sağlar. Doğal puzolan açısından zengin kaynakları olan Türkiye’de üretilen çimentoların yaklaşık %84’ ü puzolan katkılı çimentolardır. Bazı ülkelerde yine enerji tasarrufu sağlamak için çimento içerisine, silika tozu, kalker tozu ve atıl dolgu maddeleri ilave edilmektedir (Sağlam, 2009).

Prefabrike betonarme elemanlarının üretiminde donatı ve kalıp malzemesi olarak kullanılan çeliğin de enerji yoğun bir malzeme olması, prefabrik yapı elemanlarına ekolojik sıralamada olumsuz olarak yansımaktadır. Üretim tesisinde her bir yapı elemanı için ayrı bir birim bulunmaktadır. Bu da nakliye için gerekli enerjiden tasarruf sağlasa da çevresel önlemleri alınmamış tesislerin, enerji tüketimi, emisyon oluşumu ve ses kirliliği olarak çevreye olumsuz etkileri söz konusudur. Ayrıca tesislerde kullanım fazlası beton nedeniyle oluşan katı atık ve transmikserlerin yıkanması ile oluşan kimyasal madde ve yakıt depolarından oluşabilecek sızıntılar toprağın ve suyun kirlenmesine sebep olmaktadır.

Ahşap, betonarme ve çelik üretimi sırasında kullanılan enerji kaynağı, gaz salınımını dolayısıyla malzemenin çevreye etkisini belirlemektedir. Malzemelerin üretimi sırasında kullanılan doğal gaz en temiz enerji kaynağı iken, kömürden elde edilen elektrik, doğal gaza oranla 5 kat daha fazla çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Yenilenebilen kaynakların ise çevre etkileri yok denece kadar azdır (Sağlam, 2009). Ayrıca enerji kullanımlarında ahşabın üretim aşamasında kendi atıklarıyla ihtiyacı olan enerji %80, çeliğin üretim atıkları ile enerji tüketimi %74 ve betonun geliştirilmiş üretim teknolojiler ile enerji tüketimi %14 oranında azaltılabilmektedir. Aşağıda Çizelge 5.15’te prefabrik beton ve tutkallı tabakalı ahşap kiriş için tüketilen enerji ve CO₂ salım miktarları gösterilmektedir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.15. 1kg çelik, prefabrike BA, TTA kiriş üretiminde tüketilen enerji ve CO2 salım miktarları (Sağlam, 2009)

* 1 kg yapı ürününün üretimi	ÇELİK	Prefabrike BA	TTA
Enerji Tüketimi	11.8 MJ	2 MJ	1.5 MJ
Gaz Salımı	0.6 kg (0.55 kg CO ₂)	0.45 kg (0.1 kg CO ₂)	-1 kg (-1.3 kg CO ₂)

Maliyetin önemli bir bölümünü, yapı elemanlarının üretimi sırasında harcanan enerji, dolaylı olarak malzemelerin temini ve üretimi için harcanan enerji ve bunların nakliyesi gibi konular oluşturur. Amaç, üretim enerjisi düşük, kaynak olanakları fazla malzeme ile oluşturulan sistemin seçimi ile maliyeti düşürmektir. Ancak strüktürel elemanın üretimi için gerekli enerji, elemanın boyutlarına (geçilen açıklığa) ve miktarına bağlı bir değişken olduğundan sayısal değer veya aralık vermek mümkün değildir. Ölçüt değerlendirmesinde (Çizelge 5.16), kullanılan yapı malzemesi esas alınarak, üretim enerjisi düşük, gaz salınımı az ve kaynak olanağı fazla olan malzeme yarar değeri 1 ile tanımlanmıştır.

Bu anlamda betonarme malzeme ile oluşturulan sistemler üretim enerjisi düşük kaynak etkinliği fazla, ahşap ile oluşturulan sistemler üretim enerjisi düşük ancak bulunabilir kaynak, prefabrik beton ile oluşturulan sistemler üretim enerjisi yüksek ancak kaynak etkinliği fazla, çelik malzeme ile oluşturulan sistemler üretim enerjisi yüksek ve kaynak etkinliği az, membran malzeme ile oluşturulan sistemler ise üretim enerjisi yüksek ve kaynak etkinliği az ve üretimi sırasında çevreye olumsuz etkisi yüksek olarak değerlendirilmiş buna göre kıyaslamalı yarar değerleri verilmiştir.

Sistem seçimi için oluşturulan modelde sistem üretim enerjisi, maliyeti doğrudan etkileyen ölçütler arasında değerlendirilerek değişim değerinin hesaplanmasında kullanılacaktır. Değişim değeri maliyete ilişkin bir değer olduğundan, düşük değere sahip seçenek seçilmesi uygun olacaktır. Bu nedenle istenilen olumlu özelliğe yarar değeri 1 olarak tanımlanmıştır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.16. Sistem üretim enerjisi ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Üst sınır		Alt Sınır →		
	1	2	3	4	5
Sistem Üretim Enerjisi	Üretim Enerjisi Düşük /Kaynak Etkinliği Fazla	Üretim Enerjisi Düşük /Bulanabilir Kaynak	Üretim Enerjisi Yüksek / Kaynak Etkinliği Fazla	Üretim Enerjisi Yüksek / Kaynak Etkinliği Az	Üretim Enerjisi Yüksek / Kaynak Etkinliği Az / Gaz Salınımı Fazla
	S23-S24 – S25-S26	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8	S27-S28-S29-S30-S31	S9-S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20-S21-S22	S32-S33

5.1.2.(2). İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi

İşçilik ve iş makinesi gereksinimi yapının maliyetini etkileyen faktörlerdir. Yapılan işin standart dışı olması halinde hem bu işi gerçekleştirebilecek kalifiye işçi bulmak zorlaşmakta hem de işçinin alacağı ücret artmaktadır. Yapım tekniklerinin değişkenlik göstermesi ve teknolojiyle iç içe geçmesi, bazı sistemlerde özel ekipmanlar ve makineler kullanılmasını gerektirmektedir.

Ön üretim şantiyedeki işleri hafifletirken aynı zamanda hız kazandırır. Prefabrikasyonla üretilen yapı elemanlarının nakliyesi ve yerinde montajı farklı büyüklüklerdeki vinçler yardımıyla olmaktadır.

Betonarme sistemlerin inşası kolaydır ve kalifiye işçi gereksinimi diğer sistemlere göre daha azdır(Yıldırım, 2003). Yerinde yapım söz konusu olduğundan ve kapalı bir sistem olduğundan birleşim bölgeleri oluşturmak çelik ve ahşap sistemlere göre daha basittir. Çelik ve ahşap malzeme ile oluşturulan sistemler ise birleşim yerlerinde özen ve farklı detaylar gerektiren sistemlerdir. Betonarme kabuk kalınlıkları 3 cm'ye kadar düşebildiği için beton dökümü ve kalıp işleri hata

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

kabul etmemekte hassas bir hesap ve işçilik gerektirmektedir. Çelik sistemler ise projelendirme, imalat ve montaj sırasında vasıflı teknik elemanlar gerektirmektedir.

Türkiye şartlarında ahşap ve çelik işçiliği kıyaslandığında Bayındırlık Bakanlığına ait fiyatlarda sıcak demir ustası ve işçi fiyatlarının, ahşap marangozluk ve dülger ustalığı fiyatlarına oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Ahşap ve çelik makaslar, atölyede üretilip şantiye sahasına nakledilerek montajı yapılan sistemlerdir. Üretimi yapıp montaj için hazır hale getirilen yapı elemanları şantiyeye uygun boyuttaki araçlarla nakledilir. Ancak ahşabın çeliğe oranla daha hafif olması nedeniyle nakliye aracına yüklenirken ve şantiyede indirilirken kullanılan forklift ya da vinç boyutu seçimi kapasite olarak maliyeti etkileyecektir.

Sistemlerin işçilik ve iş makinesi gereksinimi, taşıyıcı sistem seçiminde bir ölçüt olarak aralıklı ölçek sisteminde değerlendirilmiştir (Çizelge 5.17). Sistemlerin kalifiye işçilik gerektirmemesi, nakliye ve iş makinesi gereksiniminin minimum seviyede olması seçim sırasında istenen olumlu özellikleri oluşturur. Bu nedenle sistemlerin işçilik ve iş makinesi gereksinimi çok yüksekte çok düşüğe doğru olan aralıkta değerlendirilecek, minimum düzeydeki gereksinimin değer karşılığı maliyeti düşüren bir ölçüt olduğu için 1 olarak alınacaktır.

Çizelge 5.17. İşçilik ve iş makinesi gereksinimi ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Üst sınır	-----			Alt Sınır →
	1	2	3	4	5
İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
	S1-S2-S4-S5-S9-S10-S12-S13-S23-S24-S25	S3-S6-S11-S14	S7-S8-S27-S28-S29-S30-S31	S15-S16-S17-S18-S19-S20-S21-S22	S26-S32-S33

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

5.1.2.(3). İmalat ve Montaj Süreci

İmalat ve montaj süresi, gerçekleştirilen yatırımların ne kadar zamanda karşılığının alınacağını gösteren bina yapım sürecinde etken bir zaman dilimidir. Yapının tamamlanıp kullanılabilir hale gelmesi için geçen zaman toplam proje maliyetini etkilemektedir.

Şişirme sistemler bu konuda en avantajlı sistemlerdir. Süratle inşa edilip, kullanım süresi bittiğinde, söndürülüp taşınarak yeniden başka bir yerde şişirilerek kurulabilmektedir.

Ön yapımlı sistemler için şantiyedeki imalat süreci, yapı elemanları montajının bir kısmı fabrikalarda tamamlandığı için daha kısadır.

Betonarme sistemler ön yapımlı olmadıkları takdirde, yerinde yapım sistemiyle inşa edildiğinden, yapıyı oluşturan elemanların üretim süreci birbirini takip eder. Betonarme kabuklar ise hassas hesap ve işçilik gerektiren sistemler olduğundan yapım süreleri diğer sistemlere göre daha uzundur.

Ahşap ve çelik elemanlar birleştirilmiş olarak fabrikalarda üretilip inşaat alanına taşınır ve montajı burada tamamlanır. Burada üretim sürecine fabrikadaki süreç ve nakliye süresi de dahil olur.

İnşaat maliyeti açısından, sistem bileşenlerinin imalatı ve montaj süresi önem kazanır. Ölçüt aralıklı ölçek yöntemine göre değerlendirilecek, toplam imalat süresine göre değer belirlenecektir (Çizelge 5.18). Sistem seçiminde bu sürecin kısa olması istenen olumlu özellik olduğundan en kısa süreç için yarar değeri 1 olarak belirlenmiştir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.18. İmalat ve montaj süreci ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Üst sınır			Alt Sınır →	
	1	2	3	4	5
İmalat ve Montaj Süreci	Çok Kısa	Kısa	Ne Uzun Ne Kısa (Orta)	Uzun	Çok Uzun
	S33-S32	S27-S28-S29-S30-S31	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S9-S10-S11-S12-S13-S14	S22-S21-S20-S19-S18-S17-S16-S15-S8-S7	S26-S25-S24-S23

5.1.2.(4). Kullanım Ömrü

Malzemelerin kullanım ömürleri malzemenin cinsine, dış çevre koşullarına, yangına ve uygulanan bakım ve koruma işlemlerinin sıklığına bağlı bir değişkendir. Kullanım ömrü, bakım onarım sıklığı ve giderleri maliyete etki eden bir faktör olduğundan sistem seçiminde de önemli bir kriterdir.

Ahşap sistemlerin bakım aralığı, bulunduğu ortam koşulları ile ahşabın cinsi ve dayanıklılığına göre değişiklik gösterir. Ancak yine de ahşap sistemlerin bakım ve onarımı kolaydır. Zamanla ve çevresel etkilerle bozulan ahşap sistemler onarılabilir ve takviye yapılabilir. Ahşabın bünyesine kimyasal koruyucular emdirilerek (emprenye), cila ve boya yapılarak yangın ve mantara karşı korunur ve çürüten parçaların yenisiyle değiştirilmesi gibi bakımlarla ahşap sistemin ömrü uzatılabilir. Alman normlarına göre emprenyeli ahşap kullanıldığında kesitler %16 oranında azaltılabilir (Yıldırım, 2003).

Çelik malzeme sistemin ömrüne etki eden en büyük faktör yangın ve korozyondur. Korozyon atmosferik veya elektrolitik etkilerden oluşmaktadır. Bunu önlemek için çelik elemanlar boyanmalı ve bakımı yapılmalıdır. Ayrıca çelik malzemenin ısı etkisiyle genleşme özelliği nedeniyle birleşim noktaları kontrol

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

edilmelidir. Asma germe gibi sistemlerde zamanla gerilme durumları kontrol edilmelidir.

Betonarme malzeme dayanıklı ve uzun ömürlü bir malzeme olmasına rağmen, yoğun olumsuz çevresel etkiler altında beton yüzeyinde çatlama, nem ve rutubetten dolayı yeşillenme ya da içerisinde bulunan demirin korozyona uğraması söz konusu olabilir. Bununla birlikte kapalı bir sistem olmasından dolayı önlemler ancak zararlı etkileri azaltmaya yönelik olabilir.

Çeliği korozyona ve ahşabı neme karşı korumak önemli bir masraf ortaya çıkarırken, betonarme bu bakımlardan avantajlıdır(Yıldırım, 2003).

Membran malzeme ile oluşturulan sistemlerin ömrü kaplama malzemelerine bağlıdır. Dokuma membranlarda yarı saydamlık ipliklerin örgü aralığı ve kaplama malzemesinin saydamlığıyla ilişkilidir. Kaplama ne kadar opak olursa, dokuma membranın temel materyali o kadar iyi korunacaktır. Polyester dokulu membranların şeffaflık dereceleri ile kullanım ömürleri doğru orantılıdır.%30 şeffaflık derecesindeki membranın ömrü 3 ile 5 yıl arasında değişirken, %15 şeffaflık derecesindeki bir membranın ömrü 15 yıla kadar uzamaktadır. P.V.C kaplı polyester dokulu membranlar için ortalama ömür 10-12 yıl, daha iyi şartlarda 20 yıldır. Cam lifi dokulu P.T.F.E kaplı membranlarda ise bu 30 yıla kadar çıkmaktadır (Özat, 2014).

Membran malzemenin birleşim yöntemi, bu bölgelerin sağlamlığı ve destek elemanlarının ömrü de sistemin ömrünü etkilemektedir.

Membran malzemenin temizliği ve bakımı, üretici firma kataloglarında belirtilen şekillerde ve belirtilen ürünlerle yapılmalıdır. Aksi halde temizlik için kullanılan kimyasallar dokumaya veya kaplamalara zarar vererek membranınömrünü kısaltacaktır. Bu nedenle membran malzeme üretiminde nano-teknolojik malzemeler tercih edilmekte ve kendi kendini temizleyen membran malzemeler üretilmektedir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Dokuma membranlarda üst örtüde bir yırtılma ya da hasar meydana gelmesi durumunda zarar yerinde giderilebilir. Büyük yırtıkların olduğu durumlarda ise zarar gören kısımlar çıkarılarak, kalıp planına göre zarar gören kısım yeniden kesilir ve dikiş, sıcak kaynak veya yapıştırma yöntemleriyle yeniden yerine konabilir. Ortam koşulları göz önüne alındığında membran sistemlerin altı ayda bir kontrolleri yapılmalıdır. Membran sistemler bir bütün olarak ele alınmalı ve sistemin tekrar bir ön gerilmeye ihtiyacının olup olmadığı kontrol edilmeli, çelik halatlar ve kabloların korozyona karşı bakımları yapılmalıdır.

Sistemlerin kullanım ömürleri maliyet açısından ele alındığında sistemin ihtiyaç duyduğu bakım onarım sıklığı belirleyici etken olmaktadır. Bir sistem ne kadar sık bakım ve onarıma ihtiyaç duyuyorsa maliyeti o kadar artmaktadır. Bu nedenle maliyeti doğrudan etkileyen faktörlerden biri olarak bu ölçüt ihtiyaç duyulan bakım onarım sıklığı ve yapılan onarımlarla toplam kullanım ömrü esas alınarak değerlendirilecektir. 1 yarar değeri, sistemin ömrünün en uzun olduğu, bakım onarıma ihtiyaç duyduğu en geniş zaman dilimini tanımlamaktadır.

Bu şekilde malzemelerin kullanım ömürleri, sistem olarak bakım onarım ihtiyaçları ve bakım sıklıkları düşünülerek, aşağıdaki tablo oluşturulmuştur (Çizelge 4.19). Bu tabloda kullanım ömrü ve bakım onarım periyodu en uzun süreç 1, kullanım ömrü kısa ve sistemde sık periyotlarla yenileme gerektirme durumu 5 yarar değeri ile tanımlanmıştır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 4.19. Kullanım ömrü ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Üst sınır	-----	Alt Sınır	→	
	1	2	3	4	5
Kullanım Ömrü (Yıl)	Kullanım Ömrü Uzun / Bakım Onarım Gerektirmez	Kullanım Ömrü Uzun / Bakım Onarım Periyodu Uzun	Ortalama Kullanım Ömrü ve Bakım Onarım Periyodu	Kullanım Ömrü Kısa / Sık Bakım onarım Gerektirir	Kullanım Ömrü Kısa/ Sık Periyotlarla Yenileme Gerektirir
	S31-S30-S29-S28-S27-S26-S25-S24-S23	S9-S10-S11-S12-S13-S14-S21-S22	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8	S15-S16-S17-S18-S19-S20	S32-S33

5.1.2.(5). Sökülüp Taşınabilme

Geçici yapıların inşasında, yapının kullanım süresi sonunda yer değiştirmesi söz konusu olduğunda taşıyıcı sistemin buna uygunluğu önem kazanmaktadır. Geçici bir süre için inşa edilen fuar alanları, sergi ve konser salonları hatta geçici konutlar bu yapılara örneklerdir.

Ahşap ve çelik taşıyıcı sistemlerde yapı parçaları, birbirine geçme, bulonlama, kaynak ya da çivi gibi birleştirme yöntemleriyle birleştirilir. Bu da sistem montajında ve yeniden sökülüp bir araya getirilmesinde avantaj sağlar.

Betonarme yapıda ise kalıp kullanılarak donatı üzerine betonun yerinde dökülmesi söz konusudur. Bu nedenle yapının ya da sistemi oluşturan elemanların parçalara ayrılarak taşınması mümkün değildir. Bir başka deyişle sistemde montaj olmadığından demontajı da söz konusu değildir.

Prefabrike beton elemanlarla oluşturulan betonarme taşıyıcı sistemler kolonlar, kirişler gibi parçalara ayrılabilir. Ancak bu yapı elemanlarının sökülüp taşınması ve tekrar bir araya getirilmesi oldukça zordur.

Membran malzeme çadır ya da şişme sistemlerde kullanıldığında çok kısa sürede sökülüp, toplanmaları ve yeniden kurulumları mümkün olmaktadır. Sökülmüş membran birkaç m³ hacme sığmakta ve kolayca taşınabilmektedir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Sistemlerin yeniden kullanılmasını sağlayan bu özellikleri, aralıklı ölçek yönteminde sökölüp taşınabilmeye maksimum düzeyde elverişli olma durumundan, hiç uygun olmama durumuna doğru sıralanarak 1 den 5'e kadar yarar değerleri belirlenmiştir (Çizelge 5.20). Sistemlerin kullanım sonrası sökölüp taşınarak yeniden kullanılabilmesi, maliyeti doğrudan etkileyen ve yeniden üretimine göre maliyetini düşüren bir ölçüttür. Seçenekler için, sökölüp taşınabilmeye maksimum düzeyde uygun olma durumunda yarar değeri 1 olarak alınmıştır. Oluşturulan tablo aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.20. Sökölüp taşınabilmeye uygunluk ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

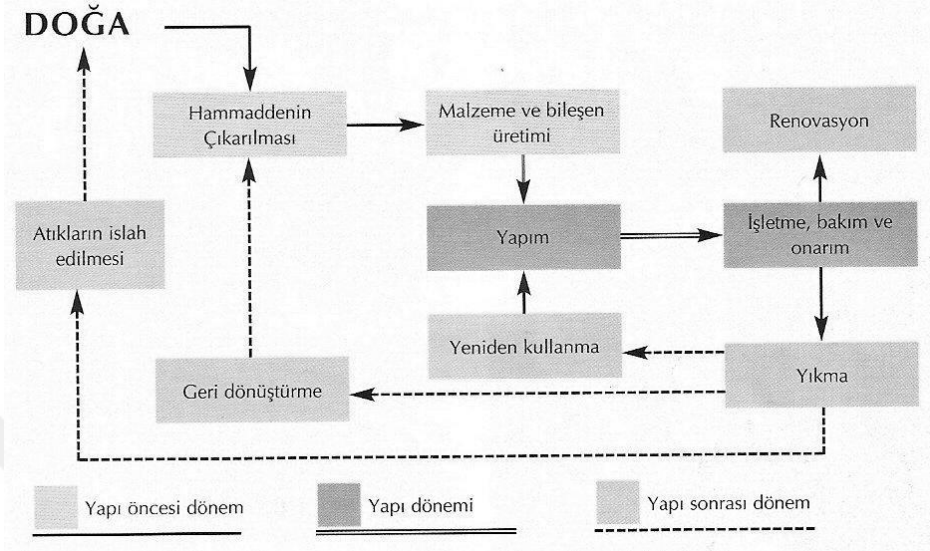
	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Üst sınır		-----	Alt Sınır →	
	1	2	3	4	5
Sökölüp Taşınabilmeye Uygunluk	Çok Uygun	Uygun	Ne Uygun Ne Değil (Nötr)	Uygun Değil	Hiç Uygun Değil
	S32-S33	S7-S8-S15-S16-S17-S18-S19-S20-S21-S22	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S9-S10-S11-S12-S13-S14	S23-S24-S27-S28-S29-S30	S25-S26-S31

5.1.2.(6). Geri Dönüşüm İmkânı

Geri dönüşüm ve yeniden kullanım yapının yaşam döngüsünün, dolayısıyla malzemelerinin yaşam döngüsünün son basamağını teşkil eder. Geri dönüşüm bazı malzemeler ve sistemler için uygun olsa da bunun için gerekli olan sistem ve enerji altında taşıyıcı sistemlerin kullanım sonrası performansını belirleyen etkenlerdir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN



Şekil 5.2. Yapıların Yaşam Döngüsü Modeli (Güleryüz, 2014)

Ahşap malzemenin hasarlı ya da kusurlu kısımlarının onararak ya da talaş haline getirilerek yeniden kullanımı mümkündür. Geri dönüşüm basamağında ahşap yenilenebilir bir malzeme olmasına rağmen, bilinçsiz tüketiminde toprak erozyonu, topraktaki kirleticilerin açığa çıkması, atmosferdeki CO₂ düzeyinin artması, buna bağlı olarak küresel ısınma ve habitat kaybı gibi risk durumları oluşturabilir. Ancak, doğal ahşapların, yapay ahşaplara oranla geri dönüştürülmesi daha kolaydır. Kullanılmış kağıtlar bile bu anlamda değerlendirilerek yapay ahşap elde etmek mümkündür. Bu şekilde üretilen yapay ahşap türlerinin ısı yalıtım değerleri de oldukça yüksektir (Güleryüz, 2014).

Çelik ya da ahşap sisteminin sökülmesi gerektiğinde az bir kayıpla başka bir yerde yeniden kurulabilir. Çelik sistemlerde herhangi bir nedenle enkaz haline gelen çelik yeniden sisteme dahil edilemese de hurda değeri vardır ve geri dönüşümle her türlü çelik %100 geri kazanılabilir. Bugün kullanılan çeliğin %50'si dönüştürülmüş malzemedir (Yıldırım, 2003). Üretimde cevher yerine hurda kullanımı, gerekli enerji miktarını %74'e yakın azaltmaktadır (Sağlam, 2009). Çizelge 5.21'de farklı yapı malzemelerinin geri kazanım oranları yer almaktadır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.21. Malzemelerin geri kazanım oranları (Yıldırım, 2003)

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

Betonarme sistemlerde, beton içindeki demir donatılar hurda olarak çıkarılıp geri dönüşümü sağlanabilirken beton atıkların geri dönüştürülerek yeniden kullanımı için gerekli sistemin pahalı olması bu sistemin geri dönüşümünü zorlaştırmaktadır. Bu nedenle betonun geri dönüşüm yerine başka bir amaçla yeniden kullanımı (uygun bir beton eleman üretimi ya da yol yapımı v.b) daha uygun bir çözüm olmaktadır. Betonun geri dönüşümü için gerekli enerji, üretimi için tüketilen ilk enerjiden %5 daha fazladır(Sağlam, 2009). Ayrıca betonarme sistem yıkıldığında moloz haline gelmektedir ve içinden çıkarılabilecek demirin hurda fiyatı ise yıkım masraflarını bile karşılayamamaktadır.

Membran gibi plastik esaslı malzemeler ufak parçalara ayrılıp, atıklardan arınması için ayrıştırılıp, yıkanıp kurutulurlar. Atık plastikler doğrudan eritilebileceği gibi başka bir plastik elde edebilmek için orijinal hammadde ile karıştırılıp eritilebilmekte ve özelliğini kaybetmemiş plastik elde edilebilmektedir (İpekçi, Coşgun, & Esin, 2005)

**5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM
ÖNERİSİ**

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.22. Yapı malzemeleri/bileşenlerinin geri kazanım işlemleri ve kullanım alanları

Yapı Malzemeleri/ Bileşenleri	Geri Dönüşüm İşlemi	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Beton	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega (kırmataş) Dolgu malzemesi, Düşük dayanımlı beton bileşiminde agrega (grobeton) Yol yapımında alt yapı malzemesi Parke taşı, sıva ve peyzaj elemanlarında
Tuğla/Kiremit	Harç artıklarının temizlenmesi Kırma, ufalama Yakılarak uçucu küle dönüştürme	Yeniden kullanılacak tuğla Dolgu malzemesi Tuğla/kiremit üretiminde hammadde
Doğal Taş	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega Dolgu malzemesi
Mermer	Kırma Toz haline getirme	Beton ve asfalt uygulamalarında agrega Dolgu malzemesi Asfalt, çimento-beton harcında ve zemin iyileştirmede dolgu katkı malzemesi
Metaller	Doğrudan kullanım Eritme	Yeniden kullanılacak metal Yeni metal üretimi
Kâğıt/Karton	Temizleme	Geri dönüştürülmüş kâğıt
PVC Esaslı	Yıkama, Kurutma, Eritme Kırpma, kesme Kırma, ufalama Toz haline getirme	Panel, Geri dönüştürülmüş plastik Geri dönüştürülmüş agrega Alan drenajı, Asfalt, Sentetik toprak
Cam	Doğrudan kullanım, İkinci kalite cam üretimi Öğütme, ezme, eritme	Yeniden kullanılacak cam Geri dönüştürülmüş cam Cam lifli yalıtım malzemesi (cam yünü, cam elyaf) Seramik, Yol döşeme bloğu Yol kenarlarındaki yansıtıcı boya üretiminde
Seramik	Kırma / öğütme	Camlar ile birlikte de geri dönüştürülerek tezgâh

**5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM
ÖNERİSİ**

Sinem DAĞILGAN

		üretiminde, Beton ve Tuğla üretiminde katkı olarak
Ahşap	Doğrudan kullanım Temizleme/Kesme/Ye niden boyutlandırma Yüksek su buharı altında şekil verme Rendelenerek Lif, Talaş ve yonga haline getirme Yakma	Yeniden kullanılacak ahşap Mobilya ve mutfak elemanları Enerji kaynağı Ahşap kökenli malzemeler Yalıtım levhası, Hafif yalıtım ve dolgu malzemesi Kâğıt
Yalıtım Malzemeleri	Yıkama, kurutma, öğütme ve ezme Yakma	Yeniden üretilecek yalıtım malzemesi Asfalt yapımında
Kapı/pencere Mutfak Ekipmanları	Doğrudan kullanım Temizleme/Boyutlandı rma	Yeniden kullanım

Geri dönüşüm için harcanan enerji makine ve tesis imkanları da yapının maliyetine etki eder. Geri dönüşüm, sistem performansının son basamağını oluşturur. Bu nedenle maliyete dayalı seçim söz konusu olduğunda oluşturulan modelde geri dönüşüm, ekonomik verilerden çok malzemenin ya da sistemin geri dönüşüm olanağı olarak ele alınmaktadır. Sistemler bu ölçüt doğrultusunda değerlendirilirken malzeme özellikleri ön planda tutulmuştur.

Maliyete ilişkin ölçütlerde seçenekler değerlendirilirken düşük değerde olanı seçileceği için burada alt sınır ve üst sınır değerleri, kullanım değer ölçütlerinin tersine ölçütte istenen olumlu özellikler düşük yarar değeri ile tanımlanmaktadır. Yani bu ölçüt için üst sınır değeri 1 geri dönüşümü fazla ve kolay olan sistemleri, alt sınır değeri 5 ise geri dönüşümü çok zor olan sistemleri tanımlamaktadır. Buna göre oluşturulan Çizelge 5.23'te seçeneklerin bu ölçüt için yarar değerleri belirtilmiştir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.23. Geri Dönüşüm ölçütünde sistemlerin yarar değerleri

	DEĞER ÖLÇÜT				
	← Üst sınır		Alt Sınır →		
	1	2	3	4	5
Geri Dönüşüm	Geri dönüşümü fazla ve Kolay	Geri dönüşümü fazla	Geri dönüştürülebilir	Geri Dönüştürülebilir fakat zor	Geri Dönüşümü Çok Zor
	S15-S16-S17-S18-S19-S20	S9-S10-S11-S12-S13-S14-S21- S22	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8	S32-S33	S23-S24-S25-S26-S27-S28-S29-S30-S31

5.2. Seçim Yöntemi

Bir açıklığın üzerini örtecek sistemin seçimi tasarım aşamasında verilmesi gereken bir karardır. Bu kararı etkileyen fiziksel, çevresel, psikolojik ve ekonomik birçok etken bulunmaktadır. Tasarımcı karar verirken bütün bunları göz önünde bulundurmalı, bunlara maksimum düzeyde fayda değeri ile cevap verecek seçeneği seçmelidir.

Bu çalışma kapsamında A.Balanlı'nın "Yapıda Ürün Seçimi" çalışmasında yer alan modelden yararlanarak geniş açıklıkları geçen taşıyıcı sistemlerin seçimi için bir model oluşturulmuştur. Sistem seçiminde etken olan ölçütlersistemlerin seçimi sırasında fark yaratan, öne çıkan özellikleri doğrultusunda literatür taraması yöntemi ile belirlenmiştir. Ölçütler her projede aynı önemde olmayacağı gibi yapının yer alacağı çevre koşulları ve kullanım amacıyla ilgili ya da yapı sahibi ve tasarımcısının istekleri doğrultusunda da değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle kurulan modelde ilk aşama olarak tasarımcının belirlenen ölçütlere önem ağırlığı vermesi istenmiştir.

Tez çalışmasının ilk adımı olarak ayrıntılı bir literatür taraması ile önceki bölümlerde özetlendiği gibi geniş açıklığı geçebilecek taşıyıcı sistemler ve özellikleri incelenmiştir. Daha sonra bu özelliklerden yola çıkarak ölçütler ortaya konmuş ve bu ölçütlerin alt ve üst sınır değerlerine göre yarar değerleri tanımlanmıştır. Seçim aşamasında modelin ilk basamağında ara kat ya da üst örtü olma

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

durumuna göre seçeneklerin bir kısmı elenir. Bunun için Ek-1 de sunulan Çizelge 5.24' den yararlanılabilir. Kalan seçenekler için özet tabloda seçenek yarar değeri belirlenecektir. Bunlar bir sonraki aşamada tasarımcının belirlediği ölçüt önem ağırlığıyla çapılarak seçeneğin ağırlık değerini oluşturmaktadır (Çizelge 5.25). Bu şekilde bütün seçeneklerin aynı ölçütler için önem ağırlığına göre elde edilmiş toplam kullanım değerleri bir arada ortaya konmaktadır.

$$G = A \times Y_d$$

G : Seçeneğin Ağırlığı

A : Ölçüt Önem Ağırlığı

Y_d : Seçeneğin Yarar Değeri

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.24. Malzemelerine göre arakat döşemesi oluşturabilecek sistemler (Ek-1)

				Ahşap Malzeme			Çelik Malzeme			Betonarme Malzeme			Prefabrik Beton Malzeme			Membran Malzeme		
				Ara Kat	Üst Örtü	Doğemesi	Ara Kat	Üst Örtü	Doğemesi	Ara Kat	Üst Örtü	Doğemesi	Ara Kat	Üst Örtü	Doğemesi	Ara Kat	Üst Örtü	Doğemesi
ÇUBUK SİSTEMLER	Tek Doğrultuda Yık Aktaran Sistemler	Doğru Eksenli	Kirişler		Dolu Gövdeli		X	X	X	X	X	X						
					Boşluklu gövdeli		X	X	X				X	X				
			Eğri Eksenli	Kemerler	Kirişler	Kafes Gövdeli		X	X									
								X	X									
	İki Doğrultuda Yık Aktaran Sistemler	Doğru Eksenli	Kirişler	Kemerler	Kafes Gövdeli	Boşluklu gövdeli		X	X									
								X	X									
			Eğri Eksenli	Kemerler	Kafes Gövdeli	Boşluklu gövdeli		X	X									
								X	X									
	Üç Doğrultuda Yık Aktaran Sistemler	Doğru Eksenli	Kirişler	Kemerler	Kafes Gövdeli	Boşluklu gövdeli		X	X									
								X	X									
			Eğri Eksenli	Kemerler	Kafes Gövdeli	Boşluklu gövdeli		X	X									
								X	X									
	Düzlem Yüzeysel Sistemler	Doğru Eksenli	Kirişler	Kemerler	Kafes Gövdeli	Boşluklu gövdeli		X	X									
								X	X									
			Eğri Eksenli	Kemerler	Kafes Gövdeli	Boşluklu gövdeli		X	X									
								X	X									
YÜZEYSEL SİSTEMLER	Düzlem Yüzeysel Sistemler	Doğru Eksenli	Kirişler	Kemerler	Kafes Gövdeli	Boşluklu gövdeli		X	X									
								X	X									
								X	X									
								X	X									

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Oluşturulan modelde ölçütler, kullanım değeri ve değişim değeri veren ölçütler olarak iki ana başlık altında toplanmıştır. Her bir seçeneğin toplam ağırlık değeri bu iki başlık için ayrı ayrı hesaplanacaktır.

Seçeneğin kullanım değeri her ölçüt için belirlenmiş seçenek ağırlıklarının toplamıdır. Örneğin S₁ seçeneği için kullanım değeri hesaplanırken;

- Kullanım değerini veren ölçütler; 1, 2, 3, ... , n olmak üzere
- $G1_k = G1_1 + G1_2 + G1_3 + ... + G1_n$ ' dir.

Çizelge 5.25. Kullanım değeri hesap tablosu

DEĞER ÖLÇÜTLERİ	ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI (A)	SEÇENEKLER							
		S1		S2		S3		S4	
		YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G
Prefabrikasyona uygunluk	A1	Yd11	G11	Yd21	G21	Yd31	G31	Yd31	G31
Akustik Etki	A2	Yd12	G12	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Tesisat için Uygunluk	A3	Yd13	G13	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Doğal Aydınlatma	A4	Yd14	G14	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sistem Kesiti	A5	Yd15	G15	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Birleşim Detayları	A6	Yd16	G16	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Yangın Direnimi	A7	Yd17	G17	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Çevresel etkilere dayanım	A8	Yd18	G18	.....	.....	.....	.....	.....	.....
KULLANIM DEĞERİ	100		G1k		G2k		G3k		G4k

Aynı seçenek için değişim değeri ise maliyet ile ilgili ölçütlerin seçenek ağırlıklarının toplamıdır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

- Değişim değerini veren ölçütler; 9, 10, 11, ... , n olmak üzere;

$$G_{1d} = G_{19} + G_{110} + G_{111} + ... + G_{1n} \text{ ' dir.}$$

Çizelge 5.26. Değişim değeri hesap tablosu

DEĞER ÖLÇÜTLERİ	ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI (A)	SEÇENEKLER							
		S1		S2		S3		S4.....	
		YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK G
Sistem Üretim Enerjisi	A9	Yd19	G19	Yd29	G29	.....	.....	.....	.....
İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi	A10	Yd110	G110	.....	.....	.....	.....	.....	.....
İmalat ve Montaj Süreci	A11	Yd111	G111	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Kullanım Ömrü	A12	Yd112	G112	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sökülüp Taşınabilme	A13	Yd113	G113	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Geri Dönüşüm	A14	Yd114	G114	.....	.....	.....	.....	.....	.....
DEĞİŞİM DEĞERİ	100		G1d		G2d		G3d		G4d

Seçeneklerin kullanım ve değişim değerlerinin karşılaştırılması modelin son basamağını oluşturmaktadır. Bütün seçenekler bir arada değerlendirilerek kullanım değeri (G_k) en yüksek, değişim değeri (G_d) en düşük seçenek en uygun seçenek olmaktadır.

Seçim işlemi, taşıyıcı sistemin kullanım yerinin belirlenmesi ile başlayıp özet tablolar aracılığıyla her bir seçenek için kullanım değerlerini hesaplanması ile gerçekleşmektedir. Seçim işlemini ana başlıklar halinde özetlemek gerekirse (ölçütler kullanım değeri ve değişim yarar değerini oluşturmak üzere iki grup halinde inceleneceği için seçeneklerin ölçütlerdeki yarar değerini gösteren özet tablodan yararlanılabilir. Ek- 3 Seçeneklerin yarar değer tablosu);

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

1. Geçilecek açıklığın ara kat döşemesi ya da çatı döşemesi olarak yapıdaki konumunun belirlenmesi,
2. Belirlenen iki gruptaki ölçütlere, tasarımcı tarafından her grubun ölçütlerinin (toplamı 100 olacak şekilde) önem ağırlıklarının verilmesi,
3. İlk adımda eleme sonucu kalan tüm seçenekler için yarar değerlerinin tablolara işlenmesi,
4. Her bir seçenek için önem ağırlığı ile yarar değerlerinin çarpılarak kullanım değerlerinin elde edilmesi (kullanım değeri ve değişim değeri için ayrı ayrı hesaplanacaktır),
5. Her bir seçeneğin, tüm ölçütler için toplam kullanım değeri ve değişim değerinin hesaplanması,
6. Bütün seçenekler bir arada incelenerek; kullanım değeri en yüksek, değişim değeri en düşük seçeneğin seçimi

şeklinde olmaktadır.

5.3. Örnek Uygulama

Bu bölümde bir önceki başlıkta anlatılan modelin örneklendirmesi yapılacaktır. Model yapılması varsayılan iki katlı atölyenin ara kat döşemesi için örneklendirilecek olup açıklık 35m x 100m' dir. Kullanıcının ölçütlere verdiği önem ağırlıklarının Çizelge 5.27'de görüldüğü gibi olduğu varsayılmaktadır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ **Sinem DAĞILGAN**

Çizelge 5.27. Örnek önem ağırlığı tablosu

KULLANIM DEĞERİNE İLİŞKİN ÖLÇÜTLER	Kullanım Değeri Ölçütleri	Önem Ağırlığı (%)
	Prefabrikasyona Uygunluk	25
	Akustik Etki	10
	Tesisat İçin Uygunluk	5
	Doğal Aydınlatma İmkânı	15
	Sistem Kesiti	10
	Birleşim Detayları	5
	Yangın Direnimi	20
	Çevresel Etkilere Dayanım	10
	Toplam Kullanım Değeri	100
DEĞİŞİM DEĞERİNE İLİŞKİN ÖLÇÜTLER	Değişim Değeri Ölçütleri	Önem Ağırlığı (%)
	Sistem Üretim Enerjisi	15
	İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi	20
	İmalat ve Montaj Süreci	30
	Kullanım Ömrü	25
	Sökülüp Taşınabilme	5
	Geri Dönüşüm İmkânı	5
	Toplam Değişim Değeri	100

Hesaplama açısından kolaylık sağlaması için Ek-2 de belirtilen seçeneklerin numaralandırılmış karşılığı örnekte ön izleme oluşturması açısından Çizelge 5.28’ de gösterilmiştir. Tablolardaki hesaplamalarda sistemleri tanımlarken Ek 2’ de verilmiş olan numaralar kullanılacaktır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.28. Seçenekler için özet tablo (Ek-2)

SİSTEMLER STRÜKTÜR MALZEMESİ		ÇUBUK SİSTEMLER													YÜZEYSEL SİSTEMLER					
		Tek Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler										İki Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler			Düzlem Yüzeysel Sistemler	Eğrilikli Yüzeysel Sistemler				
		Doğru Eksenli			Eğri Eksenli							Kablo Ağı		Uzay Kafes						
		Kirişler			Kemerler			Kablolar												
								Kablo Kirişler		Kablo Askılar		Tek tabakalı	Çift Tabakalı	Düz Askılı	Askılı					
		Dolu Gövdeli	Boşluklu Gövdeli	Kafes Gövdeli	Dolu Gövdeli	Boşluklu Gövdeli	Kafes Gövdeli	Tek tabakalı	Çift Tabakalı	Eğik Askılı	Askılı									
		S1	S2	S3	S4	S5	S6								S7	S8				
AHŞAP																				
ÇELİK		S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22					
BETONARME		S23			S24												S25	S26		
PREFABRİK BETON		S27	S28		S29	S30											S31			
MEMBRAN																		S32	S33	

*Malzemelerine göre açıklık geçmek için (ara kat döşemesi ya da üst örtüyü taşıyan sistem) oluşturulabilecek tüm seçenekler Ek-1’ de ayrıntılı olarak verilmiştir.

1. Adım: Ara kat döşemesi oluşturabilecek sistemlerin Çizelge 5.24’ten seçimi

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM
ÖNERİSİ Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.24. Malzemelerine göre ara kat döşemesi oluşturabilecek sistemler

				Ahşap Malzeme		Çelik Malzeme		Betonarme Malzeme		Prefabrik Beton Malzeme		Membran Malzeme	
				Ara Kat Döşemesi	Üst Örtü Taşyyo	Ara Kat Döşemesi	Üst Örtü Taşyyo	Ara Kat Döşemesi	Üst Örtü Taşyyo	Ara Kat Döşemesi	Üst Örtü Taşyyo	Ara Kat Döşemesi	Üst Örtü Taşyyo
ÇUBUK SİSTEMLER	Tek Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler	Doğru Eksenli	Kirişler	Dolu Gövdeli	X	X	X	X	X	X	X		
					X	X	X	X	X	X	X		
			Eğri Eksenli	Kirişler	X	X	X	X	X	X	X		
					X	X	X	X	X	X	X		
			Kemerler	Boşluklu Gövdeli	X	X	X	X	X	X	X		
					X	X	X	X	X	X	X		
	İki Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler	Kablolar	Tek Tabakalı	Kablo Kirişler									
		Kablo Ağı	Çift Tabakalı	Düz Askılı									
		Uzay Kafes	Eğri Eksenli	Eğik Askılı									
YÜZEYSEL SİSTEMLER	Düzlem Yüzeysel Sistemler	Paklar	Kabuklar	Çadır				X	X	X	X		X
	Eğri Yüzeysel Sistemler	Çadır	Çadır	Çadır									X
													X

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Buna göre arakat döşemesi oluşturabilecek seçenekler; **S1**(Dolu Gövdeli Ahşap Kirişler), **S2** (Boşluklu Gövdeli Ahşap Kirişler), **S3** (Kafes Gövdeli Ahşap Kirişler), **S9** (Dolu Gövdeli Çelik Kirişler), **S10** (Boşluklu Gövdeli Çelik Kirişler),**S11** (Kafes Gövdeli Çelik Kirişler), **S23** (Dolu Gövdeli Betonarme Kirişler), **S25** (Betonarme Plaklar),**S27** (Dolu Gövdeli Prefabrike Beton Kirişler), **S28** (Boşluklu Gövdeli Prefabrike Beton Kirişler), **S31**(Prefabrike Beton Plaklar), olduğu belirlenmiştir.

2. Adım: S1, S2, S3, S9, S10, S11, S23, S25, S27, S28, S31 için önceki bölümlerde anlatılan sistem özellikleri ışığında seçeneklerin Ek-3'te belirlenen seçenekler için ölçütlerdeki yarar değerlerini birlikte gösteren tablo oluşturulacaktır. Bu şekilde her bir seçeneğin tüm ölçütler için yarar değerleri belirlenecektir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

Çizelge 5.29. Seçenekler için yarar tablosu (Ek-3'ten yararlanılarak hazırlanmıştır)

		KULLANIM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ							DEĞİŞİM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ						
		Üretim Sürecine İlişkin						Kullanım Sürecine İlişkin	Üretim Sürecine İlişkin			Kullanım Sürecine İlişkin	Kullanım Sonrası Süreç		
Kullanım Yeri		Prefabrikasyona Uygunluk	Akustik Etki	Tesisat İçin Uygunluk	Doğal Aydınlatma İmkânı	Sistem Kesiti	Birleşim Detayları	Yangın Direnimi	Çevresel Etkilere Dayanım	Sistem Üretim Enerjisi	İşçilik ve İş Makinası Gereksinimi	İmalat ve Montaj Süreci	Kullanım Ömrü	Sökülüp Taşınabilme	Geri Dönüşüm İmkânı
AĞSAP	S1														
	Ahşap Dolu Gövdeli Kiriş	2	5	2	4	2	3	5	2	2	1	3	3	3	3
	S2														
	Ahşap Boşluklu Gövdeli Kiriş	2	5	5	4	2	3	5	2	2	1	3	3	3	3
	S3														
	Ahşap Kafes Gövdeli Kiriş	3	5	5	4	2	3	5	2	2	2	3	3	3	3
	S9														
	Çelik Dolu Gövdeli Kiriş	4	4	2	4	2	2	1	3	4	1	3	2	3	2
S10															
Çelik Boşluklu Gövdeli Kiriş	4	4	5	4	2	2	1	3	4	1	3	2	3	2	
S11															
Ahşap Kafes Gövdeli Kiriş	4	4	5	4	2	2	1	3	4	2	3	2	3	2	
BETONARME	S23														
	Betonarme Dolu Gövdeli Kiriş	1	5	2	4	2	5	3	4	1	1	5	1	4	5
	S25														
Betonarme Plaklar	1	4	2	1	5	2	3	4	1	1	5	1	5	5	
PREFABRİK BETON	S27														
	Prefabrik Beton Dolu Gövdeli Kiriş	5	5	2	4	3	4	4	5	3	3	2	1	4	5
	S28														
	Prefabrik Beton Boşluklu Gövdeli Kiriş	5	5	5	4	3	4	4	5	3	3	2	1	4	5
	S31														
Prefabrik Beton Plaklar	5	4	2	1	1	4	4	5	3	3	2	1	5	5	

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN

3. Adım: Seçenekler için belirlenen yarar değerleri Ek- 4 te verilen tablo yardımıyla, kullanıcının verdiği önem ağırlıkları ile çarpılarak her bir seçenek kullanım değer ağırlığı ve değişim değer ağırlığı hesaplanır.
4. Adım: Seçenekler arasından kullanım değeri en yüksek, değişim değeri en düşük seçeneğin seçimi;

Tablolar incelendiğinde, kullanım değeri en yüksek seçenek S28 – Prefabrik beton boşluklu gövdeli kiriş olduğu görülmektedir. Değişim değeri en düşük olarak iki seçenek; seçenek S27- Prefabrik beton dolu gövdeli kiriş ve S28 – Prefabrik beton boşluklu gövdeli kiriş olarak karşımıza çıkmaktadır.

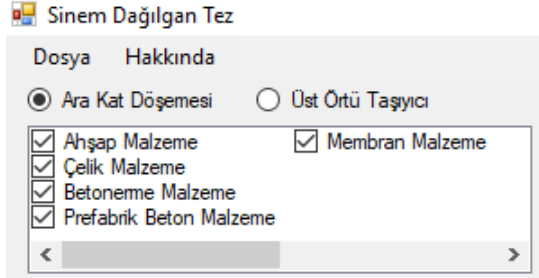
Çizelge 5.30. Seçeneklerin Değerlendirilmesi (EK-4)

DEĞER ÖLÇÜTLERİ	ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI (A)	SEÇENEKLER															
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Prefabrikasyona uygunluk	25	2	50	2	50	3	75	4	100	4	100	4	100	1	25	1	25
Akustik Etki	10	5	50	5	50	5	50	4	40	4	40	4	40	5	50	4	40
Tesviye için uygunluk	5	2	10	5	25	5	25	2	10	5	25	5	25	2	10	2	10
Doğal Aydınlatma İhtiyacı	15	4	60	4	60	4	60	4	60	4	60	4	60	1	15	4	60
Sistem Kuvveti	10	2	20	2	20	2	20	2	20	2	20	2	20	2	20	5	50
Birleşim Detayları	5	3	15	3	15	3	15	2	10	2	10	2	10	5	25	2	10
Yanar Dürvenin	20	5	100	5	100	5	100	1	20	1	20	1	20	3	60	4	80
Çevresel etkilere dayanım	10	2	20	2	20	2	20	3	30	3	30	4	40	4	40	5	50
KULLANIM DEĞERİ	100		325		340		365		290		305		305		290		250
SEÇENEKLER																	
DEĞER ÖLÇÜTLERİ	ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI (A)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Sistem Üretim Enerjisi	15	2	30	2	30	2	30	4	60	4	60	4	60	5	75	3	45
İçerik ve İş Makinesi Gereksinimi	20	1	20	1	20	2	40	1	20	1	20	2	40	1	20	3	60
İnşaat ve Montaj Süreci	30	3	90	3	90	3	90	3	90	3	90	3	90	5	150	2	60
Kullanım Ömrü	25	3	75	3	75	3	75	2	50	2	50	2	50	1	25	1	25
Sıkıştırma Yayınlama	5	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	4	20	5	25
Geri Dönüşüm	5	3	15	3	15	3	15	2	10	2	10	2	10	5	25	5	25
DEĞİŞİM DEĞERİ	100		245		245		265		245		245		265		255		240

Aynı adımlar oluşturulan bilgisayar programları ile çok daha hızlı bir şekilde uygulanabilmektedir. Seçim işlemi yine ilk adım açıklığı geçecek sistemin yerinin belirlenmesi ile başlar (Şekil 5.3). Burada ön karar aşamasında malzeme ile ilgili herhangi bir tercih yok ise malzemelerin hepsi seçilir.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Sinem DAĞILGAN



Şekil 5.3. Örtü Sisteminin Uygulanacağı Yerin Seçimi

İkinci adımda Şekil 5.4.'te olduğu gibi ölçütlere önem ağırlıkları verilir.

The screenshot shows two sections of the software interface. The top section is titled 'Değişim Değerleri' and contains six rows of input fields with numerical values and up/down arrows. The bottom section is titled 'Kullanım Değerleri' and contains eight rows of input fields with numerical values and up/down arrows. Both sections have a 'Toplam: 100' label at the bottom.

Değişim Değerleri	
Sistem Üretim Enerjisi:	15
İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi:	20
İmalat ve Montaj Süreci:	30
Kullanım Ömrü:	25
Sökülüp Taşınabilme:	5
Geri Dönüşüm:	5
Toplam: 100	

Kullanım Değerleri	
Prefabrikasyona uygunluk:	25
Akustik Etki:	10
Tesisat için Uygunluk:	5
Doğal Aydınlatma İmkânı:	15
Sistem Kesiti:	10
Birleşim Detayları:	5
Yangın Direnimi:	20
Çevresel etkilere dayanım:	10
Toplam: 100	

Şekil 5.4. Önem ağırlıklarının verilmesi

Son adımda değerleri hesaplanan ve Şekil 5.5.'te gösterilen seçenekler arasından seçim yapılır.

5. AÇIKLIĞI ÖRTEN TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİŞİ

Sinem DAĞILGAN

Sinem Dağılgan Tez

Dosya Hakkında

☒ Ara Kat Döşemesi ☐ Üst Örtü Taşyıcı

☒ Ankapı Malzeme ☒ Membran Malzeme

☒ Çelik Malzeme ☒ Betonarme Malzeme

☒ Prefabrik Beton Malzeme

Hesapla

Değişim Değerleri

Sistem Üretim Enerjisi: 15

İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi: 20

İnşaat ve Montaj Süresi: 30

Kullanım Ömrü: 25

Sıkılık Taşınabilirliği: 5

Geril Dönüşümü: 5

Toplam: 100

No	S	Sistem Üretim Enerjisi	İşçilik ve İş Makinesi Gereksinimi	İnşaat ve Montaj Süresi	Kullanım Ömrü	Sıkılık Taşınabilirliği	Geril Dönüşümü	Net Toplam
10	S10	60	20	90	50	15	10	245
11	S11	60	40	90	50	15	10	265
23	S23	15	20	150	25	20	25	255
25	S25	15	20	150	25	25	25	260
27	S27	45	60	60	25	25	25	235
28	S28	45	60	60	25	20	25	235
31	S31	45	60	60	25	25	25	240

Kullanım Değerleri

Prefabrikasyona Uygunluk: 25

Akustik Etki: 10

Tesisat İçin Uygunluk: 5

Doğal Aydınlatma İnkazı: 15

Sistem Kesti: 10

Bileşim Detayları: 5

Yangın Direnisi: 20

Çevresel Etkilere Dayanım: 10

Toplam: 100

No	S	Prefab Uygunluk	Akustik Etki	Tesisat İçin Uygunluk	Doğal Aydınlatma İnkazı	Sistem Kesti	Bileşim Detayları	Yangın Direnisi	Çevresel Etkile...	Net Top...
1	S01	50	50	10	60	20	15	100	20	325
2	S02	50	50	25	60	20	15	100	20	340
3	S03	75	50	25	60	20	15	100	20	365
9	S09	100	40	10	60	20	10	20	30	290
10	S10	100	40	25	60	20	10	20	30	305
11	S11	100	40	25	60	20	10	20	30	305
23	S23	25	50	10	60	20	25	60	40	290
25	S25	25	40	10	15	50	10	60	40	250
27	S27	125	50	10	60	30	20	80	50	425
28	S28	125	50	25	60	30	20	80	50	440
31	S31	125	40	10	15	10	20	80	50	350

Sistem Özet Bilgi

Kullanım değerleri: Prefabrik Beton Malzeme - Çubuk Sistemler -> Tek Doğrudan yük aktaran sistemler -> Doğru Eksenli -> Krişler -> Boşluklu Gövdeli

Şekil 5.5. Sonuç ekranı

Burada belirleyici etken kullanıcının ölçütlere verdiği önem değeri olacaktır. Bu nedenle iki değerini kesişimi olarak S28 Prefabrik beton boşluklu gövdeli kirişin örtülecek açıklığı, sağlamasını istenilen ölçütlerdeki en uygun seçenek olduğu söylenebilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı tasarımı sırasında işlevsel, estetik ve malzemeye bağlı kararlar alınırken yapının üzerini örten taşıyıcı sistemin seçimi, bu kararları etkileyen önemli bir değişken olmaktadır. Yapının temel öğelerinden biri olan bu değişkenin seçimi bina performans değerlendirmelerinde göz önüne alınan ölçütlerin karşılığı durumundadır. Bir başka deyişle, yapıda açıklığı örten sisteminin seçimi yapının maliyetini, inşaat süresini, estetik, işlevsel ve malzeme özelliklerini belirleyici bir unsur olmaktadır. Bir ürün seçimi olarak açıklığı geçecek örtü sisteminin seçimi, tasarım sırasında çözülmesi gereken en önemli ve belirleyici unsurlardan biridir.

Malzeme ve üretim alanlarında gelişen teknoloji ve uygulama biçimleri, seçeneklerin sayısı artırırken seçimi zorlaştırmaktadır. Yapı tasarımında görev üstelenen mimar ve mühendisler bu seçimi çoğu zaman dönemin trend uygulamalarıyla ya da deneyimleriyle bilgi sahibi oldukları sistemler üzerinden yapmaktadır. Ancak seçim için bu ölçütler yeterli olmamakta, mimar ya da mühendis çoğu zaman seçeneklerin tümünü bir arada görüp karşılaştırma yapacağı bir model olmadığı için, gerekenden fazla zaman ve emeğe dayalı kayıplar yaşanabilmekte, yüksek maliyetler gibi sorunlarla karşılaşabilmektedir.

Üçüncü bölümde açıklığı geçen örtü sistemleri tanımlanırken sistemlerin aslında malzeme ve oluşturulma – uygulama biçimlerine göre sınıflandırıldığı görülmektedir. Bu bölümde sınıflandırma neticesinde seçilecek taşıyıcı sistem seçenekleri oluşturulmuş ve özellikleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde çalışma kapsamında önerilen yöntem için altlık oluşturacak yöntem ve yaklaşımlara değinilmiştir. Beşinci bölümde önceki bölümler ışığında seçim yapmada etken olan ölçütler literatür taraması yöntemi ile ortaya konmuş ve seçeneklerle ölçütler arasındaki ilişki aralıklı ölçek yöntemiyle değerlendirilmiştir. A. Balalnlı'nın "Yapıda Ürün Seçimi"nde geliştirilmiş ürün seçim yöntemi modelinden yararlanılarak bir seçim yöntemi oluşturulmuştur. Son olarak yöntemin

uygulaması ve izlenecek adımlar varsayılan bir açıklık üzerinden örneklendirilerek anlatılmıştır.

Oluşturulan seçim yönteminde son bölümde uygulanan örnekte de görüldüğü gibi yöntemde en büyük ve en belirleyici değişken verilen önem ağırlıklarıdır. Önem ağırlıkları seçimi söz konusu yapı özelinde indirgemektedir. Bu şekilde tasarımcıların o yapı özelinde karşılanmasını istedikleri performans kriterleri ön plana alınmış olmaktadır. Aynı açıklık ya da fonksiyondaki iki yapı için ölçütlere verilen önem değeri değiştiğinde oluşan seçenekler değişmekte, bu şekilde yapı özelinde tasarımcının isteklerine cevap veren en verimli seçeneğin seçimi amaçlanmaktadır. Bu nedenle seçim sonucunda belirlenen seçenek, karar veren konumundaki tasarımcıya ya da uygulayıcıya bağlı olarak değişebilmektedir.

Oluşturulan model ile seçeneklerin aynı anda kat sayısı ve sistemin uygulama yerinin seçimi modelde ilk eleme basamağını oluşturarak seçim işlemini hızlandırmaktadır.

Bu çalışmada açıklığı örten taşıyıcı sistem seçiminde ölçütlerin ortaya konması ile ürün seçimi yapmak isteyen tasarımcıların tutarlı ve bilinçli seçim yapabilmesine yardımcı olacak bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ölçütlere önem ağırlığı verilerek tasarımcının yapı özelinde karar verebilmesi sağlanabilmekte, önem verilen değişkenlere en uygun sistemi kıyaslayarak seçmek mümkün olabilmektedir. Önerilen yöntemde belirlenen adımlar uygulanarak olası seçenekler bir arada değerlendirilebilecek bu şekilde karar aşamasında tasarımcıya kolaylık sağlanabilecektir. Karmaşık, zor ve karşılaştırma için geniş bilgi birikimi gerektiren karar verme işlemi bu yöntemdeki adımlar kullanılarak sistematik bir şekilde değerlendirilebilecek ve karar verme işlemi basite indirgenerek zamandan kazanç sağlanabilecektir. Modelde seçeneklerin bir arada değerlendirilmesiyle de ön tasarım aşamasında tasarımcı bütün seçeneklerden haberdar olarak seçim kararlarında esnek olabilecektir.

Bilgisayar programıyla desteklenen modelde seçim işlemi hızlı ve sistematik bir şekilde yapılabilmekte ve son karar tasarımcıya bırakılmaktadır. Bu modelde ölçütler ve seçenekler değiştirildiği takdirde modelin farklı ürün seçimlerinde de kullanılabilmesi, bilgisayar programcılığının imkanları kullanarak açıklıklarla ilgili ölçütlere getirilecek düzenlemelerle matematiksel hesaplamalara dayalı seçimlerin yapılabilmesi öngörülmektedir.





KAYNAKÇA

- Agnesi, V. C. (1998). *Conceptional Design Of Membrane Structures*. (Master Degree), Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts Institute of Technology.
- Arioğlu, N. (1993). *Yapı Ürünlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem*. (Doktora), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arun, E. G. (2018). *Taşıyıcı Sistem Tasarımı*. Basılmamış Ders Notları.
- Atalay, T. (2002). *Geniş Açıklıklı Mekanların Üstünü Örtten Taşıyıcı Sistem İncelemesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayaydın, Y. (1989). *Büyük Açıklıklı Prefabrike Betonarme Yapılar*. İstanbul: Kurtiş Matbaası.
- Bahadır, Ş. S. (1997). *Büyük Açıklıklı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Balanlı, A. (1997). *Yapıda Ürün Seçimi*. Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi İşliğı: Yümfed Yayınları.
- Başkan, T. (2009). *Prefabrike Yapı Tasarımında Taşıyıcı Sistem Düzenleme Esasları*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayülgen, C. (1993). *Çağdaş strüktür sistemleri*: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Ching, F. D. K., & Cassandra, A. (2006). *Bina Yapım Rehberi*. İstanbul: Yem Yayın Evi.
- Çatak, N. (1997). *Büyük Açıklıklı Yapılarda Çatı Örtü Malzemeleri*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çayak, B. (2005). *Yapı Ürünlerinin Seçiminde Yararlanılan Ürün Bilgileri Bilişim Sistemi İçin Bir Model Önerisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Demirel, F., & Altındaş, S. (2005). Yapı Elemanlarının Yangına Dayanım Performanslarının Avrupa Birliği Direktiflerine Göre Sınıflandırılması ve Konunun Türkiye - Avrupa Genelinde İrdelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 8, 381-395.
- Ekşi, D. (1999). *Yapıda Pencere Ürünlerinin Seçimi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ergenç, S. (2007). *İç Duvar Kaplamalarında Ürün Seçimi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eyüce, Ö. (2001). Teknoloji ve Mimarlık İlişkisinde Çelik ve Cam Mimarlığı Üzerine. *Ege Mimarlık*, 37(1).
- Güleryüz, P. (2014). *Yapı Biyolojisi Kapsamında Sağlıklı Yapı, Mekansal Nitelikler ve Malzeme Seçimi*. (Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gündoğ, G. (2007). *Çağdaş Strüktür Sistemlerinin Mimarlığa Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hıraoğlu, E. E. (2007). *Ahşap ve Çelik Makas Sistemlerinin Malzeme ve Sistem Özelliklerinin İncelenmesi, Bir Örnek Yapı Üzerinde Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İpekçi, C. A., Coşgun, N., & Esin, T. (2005). *İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi* Paper presented at the International Sustainable Buildings Symposium, Ankara.
- Kalay, E. (2006). *Tutkallı Tabakalı Ahşap ve Çelik Malzeme Taşıyıcı Yapı Elemanlarının Form ve Açıklık Kriterleri Açısından İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kayalar, R. (2010). *Geniş Açıklıklı Binalarda Belirli Kimi Taşıyıcı Sistemlerin Malzeme ve Formlarının Açıklık Geçme Açısından İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kuban, D. (1992). *Mimarlık Kavramları, Yem Yayınları*.

- Öz, Ö. M. V. (2012). *Tek Tabakalı Uzay Kafes Sistemlerin Tasarımı*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özat, S. (2014). *Geniş Açıklıkların Geçilmesinde Membran Sistemlerin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Özkan, E. (1976). *Yapım Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem*. (Doktora), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- Özşen, E. G., & Yamantürk, E. (1991). *Taşıyıcı Sistem Tasarımı*. İstanbul: Birsan Yayınevi.
- Öztürk, B. (1997). *Büyük Açıklıklı Yapılarda Çatı Işıklıkları*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sağlam, B. A. (2009). *Büyük Açıklıklı Yapılarda Prefabrike Betonarme ,Çelik ve Tutkalı Tabakalanmış Ahşap Dolu Gövdeli Kirişlerin Karşılaştırılması ve Bir Örnek Üzerinden İrdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Santoso, K. (2004). *Wide - Span Cable Structures*. (Masters of Degree), Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts Institute of Technology.
- Sarıay, İ. (1999). *Membranların Malzeme ve Konstrüksiyon Özellikleri Açısından Mimari Formun Oluşumundaki Yeri ve Konvansiyonel Yapım Sistemi ile Yapılmış Kagir Malzemeli Yapı Örneği ile Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sungur, İ. İ. (2005). *Taşıyıcı Sistemler Ve Yapı Statiği*. İstanbul: Birsan Yayınevi.
- Tekin, N. (2003). *Malzeme Özelliklerinin Yapı Hasarlarındaki Rolü ve Dış Duvarlarda Isı -Su Etkisinde Davranışı*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türkçü, H. Ç. (2003). *Çağdaş Taşıyıcı Sistemler*. Birsan Yayınevi.
- Urfalı, F. K. (2012). *Güncel Çelik Yapı Sistemlerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldırım, M. G. (2003). *Taşıyıcı Sistem Seçimine Yönelik Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



ÖZGEÇMİŞ

19.09.1989 yılında Adana’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana’da tamamladı. 2007 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nden 2012 yılında mezun oldu ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim dalında yüksek lisansa başladı. 2013 yılında Hasan Kalyoncu Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Aynı üniversitede 2014 yılında öğretim görevlisi olarak atandığı görevine halen devam etmektedir.





EKLER

EK 1. Malzemelerine göre ara kat döşemesi oluşturabilecek sistemler

EK 2. Seçenekler için özet tablo

EK 3. Seçenekler için yarar tablosu

EK 4. Seçeneklerin Değerlendirilmesi



Ek 1. Malzemelerine göre ara kat döşemesi oluşturabilecek sistemler

				Ahşap Malzeme		Çelik Malzeme		Betonarme Malzeme		Prefabrike Beton Malzeme		Membran Malzeme	
				Ara Kat Döşemesi	Ust Örtü Taşıyıcı	Ara Kat Döşemesi	Ust Örtü Taşıyıcı	Ara Kat Döşemesi	Ust Örtü Taşıyıcı	Ara Kat Döşemesi	Ust Örtü Taşıyıcı	Ara Kat Döşemesi	Ust Örtü Taşıyıcı
ÇUBUK SİSTEMLER	Tek Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler	Doğru Eksenli	Kirişler	Dolu Gövdeli	x	x	x	x	x	x	x		
				Boşluklu Gövdeli	x	x	x			x	x		
				Kafes Gövdeli	x	x	x						
		Eğri Eksenli	Kemerler	Dolu Gövdeli			x		x				
				Boşluklu Gövdeli			x						
				Kafes Gövdeli			x						
			Kablolar	Kablo Kirişler			x						
				Kablo Askılı			x						
	İkili Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler	Kablo Ağı	Kablolar	Düz Askılı			x						
				Eğik Askılı			x						
				Tek Tabakalı			x						
		Uzay Kafes		Çift Tabakalı			x						
				Düzlem Uzay Kafes	x		x						
				Eğri Uzay Kafes	x		x						
YÜZEYSEL SİSTEMLER	Eğri Yüzeysel Sistemler	Düzlem Yüzeysel Sistemler		Plaklar				x	x	x			
				Kabuklar									
				Cadılar									x
				Şişme Sistemler									x

EK 2. Seçenekler için özet tablo

SİSTEMLER		ÇUBUK SİSTEMLER												YÜZEYSEL SİSTEMLER				
		Tek Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler						İki Doğrultuda Yük Aktaran Sistemler						Düzlem Yüzeysel Sistemler		Eğiklikli Yüzeysel Sistemler		
		Doğru Eksenli			Eğri Eksenli			Kablolar			Kablo Ağı							Uzay Kafes
		Kirişler		Kemerler		Kablo Kirişler		Kablo Askılar		Tek Çift		Tek Çift		Düzlem Uzay kafes		Eğiklikli Uzay Kafes		
		Dolu Gövdeli	Boşluklu Gövdeli	Kafes Gövdeli	Dolu Gövdeli	Boşluklu Gövdeli	Kafes Gövdeli	Tek Tabakalı	Çift Tabakalı	Düz Askılı	Eğik Askılı	Tek Tabakalı	Çift Tabakalı	Düzlem Uzay kafes	Eğiklikli Uzay Kafes	Plaklar	Kabuklar	Çadırılar	Şişme Sistemler
STRÜKTÜR MALZEMESİ	AHŞAP	S1	S2	S3	S4	S5	S6						S7	S8				
	ÇELİK	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22			
	BETONARME	S23			S24										S25	S26		
	PREFABRİK BETON	S27	S28		S29	S30									S31			
	MEMBRAN															S32	S33	

EK 3. Seçenekler için yarar tablosu



		KULLANIM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ									DEĞİŞİM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ					
		Üretim Sürecine İlişkin							Kullanım Sürecine İlişkin		Üretim Sürecine İlişkin		Kullanım Sürecine İlişkin		Kullanım Sonrası Süreç	
		Kullanım Yeri	Prefabrikasyona Uygunluk	Akustik Etki	Tesisat İçin Uygunluk	Doğal Aydınlatma İmkânı	Sistem Kesiti	Birleşim Detayları	Yangın Direnimi	Çevresel Etkilere Dayanım	Sistem Üretim Enerjisi	İşçilik ve İş Makinası Gereksinimi	İmalat ve Montaj Süreci	Kullanım Ömrü	Sökülüp Taşınabilme	Geri Dönüşüm İmkânı
AHŞAP	S1	Ahşap Dolu Gövdeli Kiriş	2	5	2	4	2	3	5	2	2	1	3	3	3	3
	S2	Ahşap Boşluklu Gövdeli Kiriş	2	5	5	4	2	3	5	2	2	1	3	3	3	3
	S3	Ahşap Kafes Gövdeli Kiriş	3	5	5	4	2	3	5	2	2	2	3	3	3	3
	S4	Ahşap Dolu Gövdeli Kemer	2	4	2	4	2	3	5	2	2	1	3	3	3	3
	S5	Ahşap Boşluklu Gövdeli Kemer	2	4	5	4	2	3	5	2	2	1	3	3	3	3
	S6	Ahşap Kafes Gövdeli Kemer	3	4	5	4	4	3	5	2	2	2	3	3	3	3
	S7	Ahşap Düzlem Kafes	3	5	4	5	4	3	5	2	2	3	4	3	2	3
	S8	Ahşap Eğrilikli Uzay Kafes	3	3	4	5	4	3	5	2	2	3	4	3	2	3
	S9	Çelik Dolu Gövdeli Kiriş	4	4	2	4	2	2	1	3	4	1	3	2	3	2
	S10	Çelik Boşluklu Gövdeli Kiriş	4	4	5	4	2	2	1	3	4	1	3	2	3	2
	S11	Ahşap Kafes Gövdeli Kiriş	4	4	5	4	2	2	1	3	4	2	3	2	3	2

		KULLANIM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ									DEĞİŞİM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ					
		Üretim Sürecine İlişkin						Kullanım Sürecine İlişkin			Üretim Sürecine İlişkin		Kullanım Sürecine İlişkin		Kullanım Sonrası Süreç	
		Kullanım Yeri	Prefabrikasyona Uygunluk	Akustik Etki	Tesisat İçin Uygunluk	Doğal Aydınlatma İmkânı	Sistem Kesiti	Birleşim Detayları	Yangın Direnimi	Çevresel Etkilere Dayanım	Sistem Üretim Enerjisi	İşçilik ve İş Makinası Gereksinimi	İmalat ve Montaj Süreci	Kullanım Ömrü	Sökülüp Taşınabilme	Geri Dönüşüm İmkânı
ÇELİK	S12	Çelik Dolu Gövdeli Kemer	4	2	2	4	2	2	1	3	4	1	3	2	3	2
	S13	Çelik Boşluklu Gövdeli Kemer	4	2	5	4	2	2	1	3	4	1	3	2	3	2
	S14	Çelik Kafes Gövdeli Kemer	4	2	5	4	4	2	1	3	4	2	3	2	3	2
	S15	Çelik Tek Tabakalı Kablo Kiriş	4	2	3	3	1	1	1	3	4	4	4	4	2	1
	S16	Çelik Çift tabakalı Kablo Kiriş	4	2	3	3	1	1	1	3	4	4	4	4	2	1
	S17	Çelik Düz Askılı Kablo	4	3	3	3	1	1	1	3	4	4	4	4	2	1
	S18	Çelik Eğik Askılı Kablo	4	2	3	3	1	1	1	3	4	4	4	4	2	1
	S19	Çelik Tek Tabakalı Kablo Ağı	4	3	3	3	1	1	1	3	4	4	4	4	2	1
	S20	Çelik Çift Tabakalı Kablo Ağı	4	3	3	3	1	1	1	3	4	4	4	4	2	1
	S21	Çelik Düzlem Uzay Kafes	4	3	4	5	4	1	1	3	4	4	4	2	2	2
	S22	Çelik Eğrilikli Uzay Kafes	4	2	4	5	4	1	1	3	4	4	4	2	2	2

		KULLANIM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ								DEĞİŞİM DEĞERİ ÖLÇÜTLERİ						
		Üretim Sürecine İlişkin						Kullanım Sürecine İlişkin		Üretim Sürecine İlişkin		Kullanım Sürecine İlişkin		Kullanım Sonrası Süreci		
		Kullanım Yeri	Prefabrikasyona Uygunluk	Akustik Etki	Tesisat İçin Uygunluk	Doğal Aydınlatma İmkânı	Sistem Kesiti	Birleşim Detayları	Yangın Direnimi	Çevresel Etkilere Dayanım	Sistem Üretim Enerjisi	İççilik ve İş Makinası Gereksinimi	İmalat ve Montaj Süreci	Kullanım Ömrü	Sökülüp Taşıyabilmek	Geri Dönüşüm İmkânı
BETONARME	S23															
	Betonarme Dolu Gövdeli Kiriş	1	5	2	4	2	5	3	4	1	1	5	1	4	5	
	S24															
	Betonarme Dolu Gövdeli Kemer	1	3	2	4	2	5	3	4	1	1	5	1	4	5	
	S25															
	Betonarme Plaklar	1	4	2	1	5	2	3	4	1	1	5	1	5	5	
PREFABRİK BETON	S26															
	Betonarme Kabuklar	1	2	2	3	5	2	3	4	1	5	5	1	5	5	
	S27															
	Prefabrik Beton Dolu Gövdeli Kiriş	5	5	2	4	3	4	4	5	3	3	2	1	4	5	
	S28															
	Prefabrik Beton Boşluklu Gövdeli Kiriş	5	5	5	4	3	4	4	5	3	3	2	1	4	5	
MEMBRAN	S29															
	Prefabrik Beton Dolu Gövdeli Kemer	5	3	2	4	3	4	4	5	3	3	2	1	4	5	
	S30															
	Prefabrik Beton Boşluklu Gövdeli Kemer	5	3	5	4	3	4	4	5	3	3	2	1	4	5	
	S31															
	Prefabrik Beton Plaklar	5	4	2	1	1	4	4	5	3	3	2	1	5	5	
	S32															
	Çadırılar	5	1	1	2	5	5	2	1	5	5	1	5	1	4	
	S33															
	Şişme Sistemler	5	1	1	2	5	5	2	1	5	5	1	5	1	4	

EK 4. Seçeneklerin Değerlendirilmesi

ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI (A)	SEÇENEKLER																								KULLANIM DEĞERİ
	S1		S2		S3		S9		S10		S11		S23		S25		S27		S28		S31				
	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G	YARAR DEĞERİ Yd	AĞILIK DEĞERİ G			
Prefabrikasyona uygunluk	25	2	50	2	50	3	75	4	100	4	100	4	100	1	25	1	25	5	125	5	125	5	125		
Akustik Etki	10	5	50	5	50	5	50	4	40	4	40	4	40	5	50	4	40	5	50	5	50	4	40		
Tesisat için Uygunluk	5	2	10	5	25	5	25	2	10	5	25	5	25	2	10	2	10	2	10	5	25	2	10		
Doğal Aydınlatma İmkânı	15	4	60	4	60	4	60	4	60	4	60	4	60	4	60	1	15	4	60	4	60	1	15		
Sistem Kesiti	10	2	20	2	20	2	20	2	20	2	20	2	20	2	20	5	50	3	30	3	30	1	10		
Birleşim Detayları	5	3	15	3	15	3	15	2	10	2	10	2	10	5	25	2	10	4	20	4	20	4	20		
Yanıcı Düzeyini	20	5	100	5	100	5	100	1	20	1	20	1	20	3	60	3	60	4	80	4	80	4	80		
Çevresel etkilere dayanım	10	2	20	2	20	2	20	3	30	3	30	3	30	4	40	4	40	5	50	5	50	5	50		
KULLANIM DEĞERİ	100	325			340	365		290		305		305		290		250		425		440			350		

DEĞER ÖLÇÜTLERİ	ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI (A)	SEÇENEKLER																							
		S1		S2		S3		S9		S10		S11		S23		S25		S27		S28		S31			
		YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	AĞIRLIK	YARAR DEĞERİ	
Sistem Üretim Enerjisi	15	2	30	2	30	2	30	4	60	4	60	4	60	1	15	1	15	3	45	3	45	3	45	3	45
Isçılık ve İş Makinesi Gereksinimi	20	1	20	1	20	2	40	1	20	1	20	2	40	1	20	1	20	3	60	3	60	3	60	3	60
İnşaat ve Montaj Süreci	30	3	90	3	90	3	90	3	90	3	90	3	90	5	150	5	150	2	60	2	60	2	60	2	60
Kullanım Ömrü	25	3	75	3	75	3	75	2	50	2	50	2	50	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25
Saklılan Topraklaması	5	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	4	20	5	25	4	20	4	20	5	25	5	25
Geri Dönüşüm	5	3	15	3	15	3	15	2	10	2	10	2	10	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
DEĞİŞİM DEĞERİ	100	245	245		265		245		245		245		265		255		260		235		235		240		