DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARMA TAŞIYICI SİSTEMLERE SAHİP BİNALARIN YAPISAL OLARAK İNCELENMESİ

Zehra MERGEN

Mart, 2024

İZMİR

KARMA TAŞIYICI SİSTEMLERE SAHİP BİNALARIN YAPISAL OLARAK İNCELENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı

Zehra MERGEN

Mart, 2024

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ZEHRA MERGEN tarafından **DOÇ.DR. ABDULLAH SÖNMEZ** yönetiminde hazırlanan **"KARMA TAŞIYICI SİSTEMLERE SAHİP BİNALARIN YAPISAL OLARAK İNCELENMESİ "** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Abdullah SÖNMEZ

Danışman

Prof. Dr. Ayça TOKUÇ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ebru Alakavuk

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli bilgileri ile bana destek olan hocam Doç. Dr. Abdullah Sönmez'e teşekkürü borç bilirim. Ayrıca tez süresince bana destek olan aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Zehra MERGEN

KARMA TAŞIYICI SİSTEMLERE SAHİP BİNALARIN YAPISAL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZ

Taşıyıcı sistemler yapının oluşumunu ve düzenini belirleyen sistemlerdir. Taşıyıcı sistemler ile fonksiyon yapıda birlikte hareket ederler. Taşıyıcı sistemler yapının inşa edilmesini sağlarken yapının fonksiyonunun gerçekleşmesini de sağlarlar.

Taşıyıcı sistemler yapının ihtiyaçlarına uygun çözümler sağlar. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması yapının ihtiyacı olan mekânların oluşmasını sağlar. İnsanların mekân ihtiyaçları karşılanırken taşıyıcı sistem çeşitleri yapı içinde çeşitli konfigürasyonlarla tasarlanabilmektedir.

Tarihsel süreç içinde çeşitli işlevlere hizmet eden yapılara gereksinim duyulmuştur. Endüstri devrimiyle birlikte gereksinim duyulan geniş açıklıklı mekânlar teknolojinin ilerlemesiyle birlikte geçilebilmiştir. Günümüzde de farklı işlevli yapılar için taşıyıcı sistemler çeşitli biçimlerde bir araya gelmektedir. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanımı yapıların farklı işlevlerinin gerçekleşmesini sağlarken özgün ve etkin tasarımların da ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bir yapıda taşıyıcı sistem çeşitlerinin ve farklı yapı malzemelerinin kullanımı yapıyı simge ve reklam aracı haline getirebilmektedir. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir araya gelmesi yapılara estetik katkı sağlarken yapısal olarak da katkı sağlamaktadır. Yapılarda taşıyıcı sistem çeşitleri bir araya geldiğinde birbirlerinin etkinliklerinden, geniş açıklıkları geçme kabiliyetlerinden, malzeme kullanımlarından, geometrik özelliklerinden, üretim süreçlerinden vb. faydalanırlar. Yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelirken tasarım, yapının işlevi ve etkinlik göz önünde bulundurulur. (Doğan Hasol, 2011)

Bu çalışmada, farklı işlevleri bir arada bulunduran yapılar dikkate alınarak, karma taşıyıcı sistemlere sahip binaların yapısal olarak irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda karma taşıyıcı sisteme sahip binaların mimari form, fonksiyon ve taşıyıcı sistem ilişkisi ile geniş açıklık geçme sınırları incelenmiştir. Ayrıca tarihi yapılara getirilen modern eklerde, karma taşıyıcı sisteme sahip yapı özelliğinde olduğu için bu çalışmanın kapsamına dahil edilmiştir. Dünyada ve Türkiye'de bulunan karma

taşıyıcı sisteme sahip binaların kullanım amacı, yapım yılı, kullanılan malzeme, karma taşıyıcı sistemlerin oluşturduğu mekanların fonksiyonları ve geçtiği geniş açıklık ile bu açıklığın geçilmesinde kullanılan taşıyıcı sistemler araştırılarak bu parametrelerin istatistiksel analizi yapılmıştır.

Birinci bölümde, taşıyıcı sistem çeşitlerinin birlikte kullanılması ile ilgili genel bilgi verilmiş ve çalışmanın amacı, yöntemi ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, taşıyıcı sistem tanımları ve taşıyıcı sistem sınıflandırılması ile yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir araya gelişlerinin gereksinimi, tasarıma etkisi ve binalara olan yapısal katkıları açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, çalışma kapsamında incelenen tarihi yapılara getirilen modern ekler hakkında bilgi verilmiştir. Eski yapıların korunmasının nedenleri ve yeniden işlevlendirilmesi açıklanmış, tarihi yapıların bütünlenmesi hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca tarihi yapılara gelen modern ek kavramı ve eski yapılara geliş sebepleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde karma taşıyıcı sisteme sahip yapı örnekleri incelenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Öncelikle karma taşıyıcı sisteme sahip yapılar; eski yapılara modern eklerin gelmesiyle oluşan yapılar ve yeni bir yapı tasarlanırken taşıyıcı sistem çeşitlerinin bir araya gelmesiyle oluşan yapılar olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir. Bu örneklerin mimari form, fonksiyon ve taşıyıcı sistem ilişkisi ile geniş açıklık geçme sınırları incelenmiştir. Dördüncü bölümün ikinci kısmında; incelenen örnekler bahsedilen kriterlere dayanılarak oluşturulmuş bir tabloda karşılaştırılmıştır ve taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasının uygunluğuna değinilmiştir.

Sonuç bölümünde ise, elde edilen bilgilere dayanılarak yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir araya gelerek kullanılmalarının tercih edilme sebepleri açıklanmış ve incelenen örneklerden yola çıkılarak bu özelliklere sahip yapıların özgünlüğü ve etkinliği vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmanın sonucunda tasarımcıların strüktürlerin birlikte kullanılması ile ilgili algılarının güçlenmesi ve yeni tasarımlar için yol göstermesi beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Taşıyıcı sistem, geniş açıklık, mimari form, etkinlik ve ekonomiklik, tarihi yapı ve ek

STRUCTURAL EXAMINATION OF BUILDINGS FORMED BY THE COMBINATION OF VARIOUS LOAD-BEARING SYSTEMS

ABSTRACT

Structural systems are the systems that determine the formation and functioning of the structure. They move together in a functional structure with carrier systems. While the load-bearing systems enable the building to be constructed, they also ensure that the function of the structure is realized.

In this study, it is aimed to structurally examine buildings with mixed load-bearing systems, taking into account structures that combine different functions. For this purpose, the architectural form, function and load-bearing system relationship and wide span passage limits of buildings with mixed load-bearing systems were examined. In addition, modern additions to historical buildings are included in the scope of this study because they have a mixed load-bearing system structure. The purpose of use of buildings with mixed load-bearing systems in the world and in Turkey, the year of construction, the materials used, the functions of the spaces formed by mixed load-bearing systems, the wide span through which they pass, and the load-bearing systems used to cross this span were investigated and statistical analysis of these parameters was made.

In the first chapter, general information about the combined use of carrier system types is given and the purpose, method and scope of the study are explained.

In the second chapter, carrier system definitions and carrier system classification, the need for the combination of various carrier systems in buildings, their effects on design and their structural contributions to buildings are explained.

In the third chapter, information is given about the modern additions to the historical buildings examined within the scope of the study. The reasons for the preservation and re-functioning of old buildings are explained, and information is given about the integration of historical buildings. In addition, the concept of modern addition to historical buildings and the reasons for their addition to old buildings are explained.

In the fourth chapter, building examples with mixed load-bearing systems were examined and compared. First of all, buildings with mixed structural systems; It has been examined under two headings: structures formed by adding modern additions to old buildings, and structures formed by the combination of load-bearing system types when designing a new structure. The relationship between architectural form, function and carrier system and the wide span passing boundaries of these examples were examined. In the second part of the fourth chapter; The examined examples were compared in a table created based on the mentioned criteria and the suitability of using the carrier systems together was mentioned.

In the conclusion section, based on the information obtained, the reasons for preferring to use various load-bearing systems (shell systems, membrane systems, space frame systems, etc.) in structures are explained and the originality and effectiveness of structures with these features are emphasized based on the examples examined. In addition, as a result of the study, it is expected that designers' perceptions about the use of structures together will be strengthened and will provide guidance for new designs.

Keywords: Structural system, large span, architectural form, structural efficiency and economy, historical building and annex

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT vii
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
TABLOLAR LİSTESİ xxv

BÖLÜM BİR-GİRİŞ 1

1.1 Çalışmanın Amacı 2
1.2 Çalışmanın Kapsamı 3
1.3 Çalışmanın Yöntemi 3

BÖLÜM İKİ-TAŞIYICI SİSTEMLER VE BİRLİKTE KULLANILMALARI 5

2.1 Taşıyıcı Sistem Tanımı 5
2.2 Taşıyıcı Sistemlere Yüklerin Etkisi 6
2.2.1 Düşey Yükler 6
2.2.2 Yatay Yükler 7
2.3 Deformasyonların Taşıyıcı Sistem Üzerindeki Etkileri 8
2.4 Taşıyıcı Sistemler İçin Temel Koşullar 8
2.5 Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Malzemeler 9
2.6 Taşıyıcı Sistem Sınıflandırılması 9
2.6.1 Yığma Sistemler 11
2.6.2 Çubuk Sistemler 12
2.6.2.1 Tek Doğrultuda Yük Aktaran Çubuk Sistemler 13
2.6.2.1.1 Kolon-kiriş sistemler. 13
2.6.2.1.2 Çerçeve Sistemler. 15
2.6.2.1.3 Kemer Sistemler. 16
2.6.2.1.4 Düzlem Kafes-Kiriş Sistemler. 17

2.6.2.2 İki Doğrultuda Yük Aktaran Çubuk Sistemler 18
2.6.2.2.1 Uzay Kafes Sistemler 18
2.6.3 Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler 27
2.6.3.1 Düzlem Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler 28
2.6.3.1.1 Plaklar-Perdeler 28
2.6.3.1.2 Katlanmış Plaklar 28
2.6.3.2 Eğrilikli Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler 30
2.6.3.2.1 Kabuk Sistemler 30
2.6.3.2.2 Pnömatik (Şişme) Sistemler 32
2.6.4 Kablo Sistemler 34
2.6.4.1 Membran Sistemler 38
2.6.4.1.1 Açık Membran (Çadır) Sistemler. 40
2.7 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliği 41
2.7.1 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliğinin Amaçları 43
2.7.2 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliğinin Binalara Form ve Estetik Katkısı 44
2.7.3 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliğinin Binalara Yapısal Katkısı.....47
2.8 Karma Taşıyıcı Sistemlerin Kullanıldığı Yapılar 58

BÖLÜM ÜÇ-ESKİ YAPIDA YENİ EK UYGULAMALARI 60

3.1 Tarihi Yapıların Korunmasının Sebepleri ve Yeni İşlevli Bir Alana Dönüştürülmesi 61
3.1.1 Tarihi Yapıların Korunmasının Sebepleri 61
3.1.2 Tarihi Yapıların Yeni İşlevli Bir Alana Dönüştürülmesi 62
3.2 Eski Yapılarda Bütünlenme-Tamamlama 63
3.3 Tarihi Yapılara Gelen Çağdaş Ekler 63
3.4 Tarihi Yapılara Çağdaş Eklerin Getirilmesinin Değerlendirilmesi 71

BÖLÜM DÖRT-KARMA TAŞIYICI SİSTEMLERE SAHİP YAPI ÖRNEKLERİ……..... 72

4.1 Eski Yapıda Yeni Ek Uygulamaları 72
4.1.1 Serpentin Sackler Galerisi 72

4.1.2 Carré Des Arts 78
4.1.3 Alman Tarih Müzesi 81
4.1.4 Dresden Askeri Tarih Müzesi 87
4.1.5 Elbphilharmonie Hamburg Binası 99
4.1.6 Smithsonian Enstitü Binası..... 113
4.1.7 Bombay Sapphire İçki Fabrikası 119
4.2 Yeni Yapıda Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikte Kullanıldıkları Uygulamalar..... 126
4.2.1 DZ Bank Binası 126
4.2.2 Vakko Moda Merkezi ve Power Medya Merkezi 132
4.2.3 Phoenix Uluslararası Medya Merkezi 140
4.2.4 Pompidou Merkezi (Centre Pompidou) 147
4.2.5 Rhön Klinikum (Ayakta) Tıp Merkezi 154
4.2.6 Westpark Alışveriş Merkezi 158
4.2.7 Harbin Opera Binası 162
4.2.8 Denver Uluslararası Havalimanı 172
4.2.9 Dadong Sanat Merkezi 179
4.3 Karma Taşıyıcı Sisteme Sahip Yapı Örneklerinin Karşılaştırılması 183
4.3.1 Örneklerin Karşılaştırılması 183

BÖLÜM BEŞ-SONUÇ..... 192

KAYNAKLAR..... 195

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Yığma taşıyıcı sistem elemanları 11

Şekil 2.2: Süleymaniye Camisi'nin geniş açıklıklarının kubbe ve kemerlerle geçilmesi 12

Şekil 2.3 Kolon-kiriş sistemi taşıyıcı elemanları 13

Şekil 2.4 Kolon-kiriş sistemine yüklerin etkisi 13

Şekil 2.5: Kolon-Kiriş Sistemde Yapı Yöntemi 14

Şekil 2.6: Betonarme Kolon-Kiriş Yapım Sistemi 14

Şekil 2.7 Çerçeve sistemlerde yük etkisi 15

Şekil 2.8: Çerçeve sistem düzenlemeleri 15

Şekil 2.9 Kemer biçimleri 16

Şekil 2.10: Kemer düzenlemeleri 16

Şekil 2.11: Düzlem Kafes Kiriş 17

Şekil 2.12: Düzlem Kafes-Kirişlerin çeşitli düzenlemeleri 17

Şekil 2.13: Uzay kafes sistem örneği 18

Şekil 2.14: Uzay kafes sistem düğüm noktası- Mero Sistemi 19

Şekil 2.15: Uzay kafes sistemlerde iki, üç ve dört yönlü ağ düzenlemeleri 20

Şekil 2.16: Düzlem yüzeyli ve eğri yüzeyli uzay kafes sistem örnekleri 20

Şekil 2.17: Düzlem yüzeyli uzay kafes sistemin çubuk düzeni 21

Şekil 2.18: Tek eğrilikli uzay kafes sistemlerin düzenlenmeleri 22

Şekil 2.19: Brunei gübre depolama tesisi 22
Şekil 2.20: Çift tabakalı olarak üretilmiş çubuk ağı kubbe 23
Şekil 2.21: Kaburgalı kubbe 24
Şekil 2.22: Schwedler kubbesi 24
Şekil 2.23: Lamel kubbe uygulaması 25
Şekil 2.24: Diyametik kubbe uygulamaları 25
Şekil 2.25: Çift tabakalı jeodezik çubuk ağı-Biyosfer Montreal 26
Şekil 2.26: Hiperbolik-paraboloid yüzeyli uzay kafes sistem 26
Şekil 2.27: Plak ve perde 28
Şekil 2.28: Katlanmış plak ve yüklerin iletimi 29
Şekil 2.29: Betonarme katlanmış plak örneği-Kral Faysal Cami 29
Şekil 2.30: Katlanmış plak en kesitleri 30
Şekil 2.31: Kabuklarda yük dağılımı ve yükün zemine iletilmesi 31
Şekil 2.32: Kabuk sistem geometrileri 31
Şekil 2.33: Betonarme kabuk sistem yapı örnekleri 32
Şekil 2.34: Pnömatik sistem örnekleri 33
Şekil 2.35: Tek ve çift tabakalı pnömatik sistem 33
Şekil 2.36: Kablo sistem köprü örneği 35
Şekil 2.37: Tek kablo sistemlerde statik çalışma 36
Şekil 2.38: Çift kablo sistemlerin düzenlenme olasılıkları 37
Şekil 2.39: Kablo ağ sistemleri 37

Şekil 2.40: Membran sistemlerde asılma noktalarının pekiştirilme/ sağlamlaştırılma olasılıkları 39

Şekil 2.41: Açık membran sistemlerin geometrik olasılıkları 40

Şekil 2.42: Membran Sistemlerin Desteklenme Olasılıkları 40

Şekil 2.43: Farklı geometrilere sahip taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması 45

Şekil 2.44: San Diego Kongre Merkezi 46

Şekil 3.1: Albertina Müzesi modern saçak eki 67

Şekil 3.2: Reina Sofia Müzesinde asansörlerin modern ek olarak tasarlanması 68

Şekil 3.3: Viyana Museum Quarter'da eski yapı ile yeni yapı arasındaki geçit 68

Şekil 3.4: İsviçre Basel Kültür Müzesi'nin modern çatı eki 69

Şekil 3.5: Tarihi yapılara getirilen cam çatı örnekleri 69

Şekil 3.6: Esma Sultan Yalısına cam ve çelik ile yeni bir yapı eklenmesi 70

Şekil 3.7: Louvre Müzesine eklenen cam piramit 71

Şekil 4.1 Serpentine Sackler Galerisi 72

Şekil 4.2: Serpentine Sackler Galerisi ve Barut Deposu 73

Şekil 4.3: Eski avluların kapatılarak sergi alanına dönüştürülmesi 74

Şekil 4.4: Galeri mekânına dönüştürülen eski barut deposu 74

Şekil 4.5: Serpentine Sackler Galerisinin yeni eki 75

Şekil 4.6: Restoran ve sosyal alan olarak tasarlanmış yeni ek 75

Şekil 4.7: Yeni ekin çatısının oluşumu 76

Şekil 4.8: Serpentine Sackler Galerisinde kullanılan çelik kolon detayı ve görünüşü 76

Şekil 4.9: Yeni ekin beş adet çelik kolonunun plandaki yeri ve kesiti 76

Şekil 4.10: Çatı planı ve kuzey görünüş- Yeni ekin çatısının yığma yapının üzerine doğru uzandığını gösteren plan ve görünüş..... 77

Şekil 4.11: Yeni ekin çerçevesiz cam duvarları 77

Şekil 4.12: Carré Des Arts 78

Şekil 4.13: Tarihi Binbaşı Sabbe kışlası 79

Şekil 4.14: Carré Des Arts'ın avlusundaki festival etkinliği..... 79

Şekil 4.15: Carré Des Arts'ın avlusunun membran örtü ile kapatılması..... 80

Şekil 4.16: Carré Des Arts'ın avlu üst örtüsü olan membranın yığma yapıya monte edilmesi 80

Şekil 4.17: Carré Des Arts'ın açık membran sistem detayı 80

Şekil 4.18: Alman Tarih Müzesi 81

Şekil 4.19: Unter den Linden bulvarı üzerindeki tarihi cephanelik ve kat planı..... 82

Şekil 4.20: Tarihi cephaneliğin barok tarzı cephe ve bezemeleri 82

Şekil 4.21: Tarihi cephaneliğe gelen ekler a) Üst Örtü b) Eski yapı ile toprak altında bağlantısı olan yeni ek bina..... 83

Şekil 4.22: Yeni ekin cam fuayesi 83

Şekil 4.23: Tarihi yapı ile yeni ekin üçgen biçimli yapısının şematik gösterimi..... 84

Şekil 4.24: Tarihi cephaneliğin avlusuna uzay kafes sistem ile yapılmış bir üst örtü eklenmesi..... 84

Şekil 4.25: Alman Tarih Müzesinin Pei tarafından tasarlanmış yeni ek binası 85

Şekil 4.26: Yeni ek binanın tarihi yapıyla toprak altından bir geçit ile bağlantısını gösteren kesit 85

Şekil 4.27: Yeni ek binanın sarmal merdiveni 86

Şekil 4.28: Merdiven kulesinin cephe formu 86

Şekil 4.29: Yeni yapının iç görünüşleri 87

Şekil 4.30: Dresden Askeri Tarih Müzesi 88

Şekil 4.31: Dresden Askeri Tarih Müzesinin özgün E formu 90

Şekil 4.32: Tarihi yapı planının simetri aksı 90

Şekil 4.33: Tarihi yapının cephesinin simetri aksı 91

Şekil 4.34: Tarihi yapının kesiti 91

Şekil 4.35: Tarihi cephanelik yapısının zemin katındaki yığma kolon, tonoz ve kemerler 92

Şekil 4.36: Tarihi cephaneliğin cephesindeki bezemeler 92

Şekil 4.37: Cephaneliğin iç mekânındaki bezemeler 93

Şekil 4.38: Tarihi cephanelik ile yeni ekin birleştiği plan 94

Şekil 4.39: Dresden Askeri Tarih Müzesi Plan Analizi 95

Şekil 4.40: Teknoloji ve Ordu Tematik Sergi Alanı İç Görünüş 95

Şekil 4.41: Dresden Askeri Tarih Müzesinin Sirkülasyonu 96

Şekil 4.42: Tarihi yapı ile yeni yapı mekân birleşimi 96

Şekil 4.43: Yeni ekin sirkülasyon diyagramı 97

Şekil 4.44: Dresden Askeri Müzesinin yeni ekinin merdivenleri 97

Şekil 4.45: Yeni ek içindeki rampalar..... 98

Şekil 4.46: Dresden Tarihi Askeri Müzesinin seyir terası 98

Şekil 4.47: Dersden Askeri Müzesinin dikey şaftı..... 99

Şekil 4.48: Elbphilharmonie Hamburg Binası 99

Şekil 4.49: Elbphilharmonie Hamburg Binası'nın değişim süreci a) Neo-gotik çan kulesi b) Kaispeicher depo yapısı c) Elbphilharmonie Hamburg Binası. 101

Şekil 4.50: Kaispeicher yığma yapısının içinin boşaltılması 101

Şekil 4.51: Elbphilharmonie Hamburg Binasındaki açıklıklar a) Yığma cephenin açıklıkları b) Yeni ek cephenin cam panelleri c) Tarihi yapı ile yeni yapının cephede birlikte oluşturduğu açıklıklar 102

Şekil 4.52: Elbphilharmonie Hamburg Binasının planları a) Tarihi yapı planı b) yeni ekin plaza planı c) yeni ekin 19. kat planı..... 103

Şekil 4.53: Elbphilharmonie Hamburg Binasının cam panellerinin detay çizimi ve tipleri 104

Şekil 4.54: Elbphilharmonie Hamburg Binasının 82 metre uzunluğundaki yürüyen merdiveni..... 105

Şekil 4.55: Büyük salona ulaşımı sağlayan sarmal biçimindeki merdiven ve rampa 106

Şekil 4.56: Elbphilharmonie Hamburg Binasının plazası..... 106

Şekil 4.57: Plazanın üstündeki cephede bulunan tonozlar ve yapım aşaması..... 107

Şekil 4.58: Dikey açıklıkları gösteren perspektif kesiti 107

Şekil 4.59: Fuaye alanlarını gösteren plan ve kesit..... 108

Şekil 4.60: Elbphilharmonie yapısının plan ve kesiti 108

Şekil 4.61: Büyük salonun üzüm bağı şeklindeki biçimlenişi 109

Şekil 4.62: Büyük salonun iç görünüşü..... 109

Şekil 4.63: Büyük salonun plandaki yeri ve çapı..... 109

Şekil 4.64: Elbphilharmonie Hamburg Binasının çatısı..... 110

Şekil 4.65: Eski yapıya betonarme iskelet sistem ile eklerin yapılması ……...111

Şekil 4.66: Büyük salonun çelik kafes sistem ile inşa edilmesi..... 111

Şekil 4.67: Büyük salonun çelik düzlem kafes kirişler ile üstünün inşası 111

Şekil 4.68: Büyük salonun prekast beton elemanlar ile örtülmesi..... 112

Şekil 4.69: Büyük ve küçük salonun duvarlarına yapılan alçıpan uygulaması..... 112

Şekil 4.70: Smithsonian Enstitü Binası…….113

Şekil 4.71: Smithsonian Enstitüsünün Yunan mimari tazında tasarlanmış cepheleri 114

Şekil 4.72: Smithsonian Enstitüsünün kapalı avlusu 115

Şekil 4.73: Smithsonian Enstitüsünün camla kaplı örtüsü..... 115

Şekil 4.74: Smithsonian Enstitü binasının çatı örtü sisteminin formu..... 116

Şekil 4.75: Smithsonian Enstitü binasının çatı örtü sisteminin boyutları 116

Şekil 4.76: Çatı örtüsünün oluşumunda kullanılan prefabrike çelik elemanlar 116

Şekil 4.77: Çatı üst örtüsünün cam ile kaplanmış hali..... 117

Şekil 4.78: Smithsonian Enstitü binasının üst örtüsünün oluşumu..... 117

Şekil 4.79: Çatı örtüsünden yağmur suyunun tahliye edilmesi..... 118

Şekil 4.80: Smithsonian Enstitü binasının avlusunun peyzaj tasarımı 119

Şekil 4.81: Bombay Sapphire İçki Fabrikası 119

Şekil 4.82: Tarihi Laverstoke Değirmen Yapıları 121

Şekil 4.83: Tarihi yapılara seraların eklenmesi 121

Şekil 4.84: Laverstoke'daki nehrin genişletilmesi ve kıyısının düzenlenmesi 122

Şekil 4.85: Seranın iç görünüşü 122

Şekil 4.86: Seraların nehrin üzerine oturması 123

Şekil 4.87: Damıtma işlemi sonucunda çıkan ısının seralarda kullanılması 123

Şekil 4.88: Metal şeritler kullanılarak seraların oluşturulması 124

Şekil 4.89: Tarihi yapılara eklenen büyük ve küçük sera yapıları 124

Şekil 4.90: Seralarda kullanılan L-şekilli çelik profiller ……..…...125

Şekil 4.91: DZ Bank Binası . ……126

Şekil 4.92: Yapının cepheleri 128

Şekil 4.93: Pariser Meydanından yapının ana girişindeki cam gölgelik 128

Şekil 4.94: Avlu üst örtüsü 129

Şekil 4.95: Avlunun etrafındaki ahşap kaplı pasaj 129

Şekil 4.96: DZ Bank Binası'nın konferans salonu 130

Şekil 4.97: Banka kafeteryası ve fuaye 130

Şekil 4.98: Yapının plan ve kesitleri 131

Şekil 4.99: Vakko Moda ve Power Medya Merkezi 132

Şekil 4.100: Yapının birimleri 133

Şekil 4.101: Vakko Sanat Müzesi 134

Şekil 4.102: Yarım bırakılan otel projesinin mevcut betonarme taşıyıcı sistemi ve yeni çelik sistemi ile bütünleştirilmesi 135

Şekil 4.103: Mevcut betonarme yapının Vakko Moda ve Power medya merkezi için oluşumu 135

Şekil 4.104: Mevcut betonarme taşıyıcı sisteme çelik uzay kafes sistemle tasarlanmış alanların eklenmesi 135

Şekil 4.105: İç çekirdek olan vitrindeki hacimlerin işlevleri 136

Şekil 4.106: Yapının iç çekirdeğinin oluşumu ve plandaki konumu 136

Şekil 4.107: Aynalı Cam ile Kaplanmış Olan vitrin 137

Şekil 4.108: Vitrin'in altından yukarısına doğru uzanan sirkülasyon ağı şeması ve modeli 137

Şekil 4.109: Vitrin'in sirkülasyonunu gösteren fotoğraflar 137

Şekil 4.110 : Yapının "X" biçimli cam panelleri ve cephede kullanımları 138

Şekil 4.111: "X" biçimli cam panellerin kullanılmasıyla yapı cephesinde dinamikliğin sağlanması 139

Şekil 4.112: "X" biçimli camlar ile üst kattaki kutunun aynalı camlarının cephede zıtlık oluşturması 139

Şekil 4.113: Power Medya Merkezi 140

Şekil 4.114: Phoenix Uluslararası Medya Merkezi 140

Şekil 4.115: Phoenix Medya Merkezi'nin sosyal alanları 141

Şekil 4.116 : Yapının plan ve kesiti 142

Şekil 4.117: Ortak kullanılan mekânlardaki merdivenler, rampalar ve yürüyüş alanları 142

Şekil 4.118: Betonarme iskelet sistem olarak inşa edilmiş ofis kuleleri 143

Şekil 4.119: Dış kabuk sistemi 143

Şekil 4.120: Yapının mobius eğrilikli formu 144

Şekil 4.121: Yapının iç görünüşleri 145

Şekil 4.122: Yapının zeminden koparılması 145

Şekil 4.123: Yapının çubuk ağı inşaatı 146

Şekil 4.124: Centre Pompidou 147

Şekil 4.125: Centre Pompidou -Metz ve çevresi 148

Şekil 4.126: Centre Pompidou- Metz'in Galerileri ve iç mekândan görünüşü……...149

Şekil 4.127: Centre-Pompidou'nun zemin ve çatı planı ile kesiti 149

Şekil 4.128: Çatıdaki cumbalı pencereleri olan galerilerin uç kısımlarının şehrin odak noktasına göre tasarlanması 150

Şekil 4.129: Centre Pompidou'nun grand nef galerisi 150

Şekil 4.130: Çatının oluşumu 151

Şekil 4.131: Şekil: Centre Pompidou'nun çatı örgüsü ve detayı 152

Şekil 4.132: Çatı membranın gerilmesi 152

Şekil 4.133: Yapının şantiye aşamaları 153

Şekil 4.134: Rhön Klinikum tıp merkezi 154

Şekil 4.135: Rhön Klinik Merkezi cam kubbe etrafında şekillenmesi 155

Şekil 4.136: Yapı ve çevresinde bulunan cam kubbelerin vaziyet planındaki konumları 155

Şekil 4.137: Rhön-Klinikum Tıp Merkezinin cam kubbesi ile betonarme iskelet sistem inşaası 156

Şekil 4.138: Rhön-Klinikum Tıp Merkezinin cam kubbesinin iç görünüşü 156

Şekil 4.139: Cam kubbe ile çok katlı otoparkın aynı seviyede tasarlanması 157

Şekil 4.140: Rhön-Klinikum Tıp Merkezinin bahçesindeki kablo ağı 158

Şekil 4.141: Westpark Alışveriş Merkezi 158

Şekil 4.142: Westpark alışveriş merkezi'nin üst köprüsü 160

Şekil 4.143: Harbin Opera Binası 162

Şekil 4.144: Harbin Opera Binasının görünüşü 163

Şekil 4.145: Meydan girişinin altındaki otopark yolu ve girişi 163

Şekil 4.146: Harbin Opera Binası'nın plan ve kesiti 164

Şekil 4.147: Harbin Opera Binası fuaye alanı ve ahşap merdivenleri 164

Şekil 4.148: Fuaye alanının üzerindeki piramidal cam tavan 165

Şekil 4.149: Büyük tiyatro salonunun iç görünüşü 166

Şekil 4.150: Küçük tiyatro salonunun iç görünüşü 166

Şekil 4.151: Fuaye alanındaki ahşap ve betonun birlikte çalıştığını gösteren iç mekân görünüşleri 167

Şekil 4.152: Yapının katmanlı yapısı ve aleminyum plakalar ile cam giydirme cephelerinin görünüşü 168

Şekil 4.153: Harbin Opera Binasının açık hava performans alanı ve etkinlikler 168

Şekil 4.154: Harbin Opera Binasının çatısındaki açık meydan ve gözlem platformu 168

Şekil 4.155: Harbin Opera Binasının cephesindeki sirkülasyon alanları ve çatıya giden yol 169

Şekil 4.156: Harbin Opera Evi'nin özel olarak üretilen kırık beyaz şeklindeki mermerleri 169

Şekil 4.157: Büyük salona giden ahşap merdivenler 170

Şekil 4.158: Harbin Opera Binasının strüktür analizi 170

Şekil 4.159: Harbin Opera Binasının plan ve kesitleri 171

Şekil 4.160: Harbin Opera Binasının inşaat görüntüleri 171

Şekil 4.161: Denver Uluslararası Havalimanı 172

Şekil 4.162: Rocky Dağları'ndan ilham alınarak tasarlanmış Denver Uluslararası Havalimanı'nın membran yapısı 173

Şekil 4.163: Membran örtüden mekâna doğal ışığın alınmasını gösteren kesit…...174

Şekil 4.164: Yapının membran çatı örtüsü…….174

Şekil 4.165: Denver Uluslararası Havaalanı'nın kesiti…….175

Şekil 4.166: Denver Uluslararası Havaalanı'nın plan ve görünüşü……...175

Şekil 4.167: Denver Uluslararası Havalimanı'nın membran çatı örtüsünün iç mekân görünümü 176

Şekil 4.168: Dış membran yapısının terminalin araç rampalarını örtmesi 176

Şekil 4.169: Ana çatı ve asma destekli cam duvarlar 176

Şekil 4.170: Membran çatı örtüsünün yapısal elemanlarını ve yük dağılımını gösteren kesit 177

Şekil 4.171: Membran çatı örtüsünün yapısal elemanlarını gösteren kesit..... 178

Şekil 4.172: Yapının bağlantıları 178

Şekil 4.173: Yapının inşaat görüntüleri 179

Şekil 4.174: Dadong Sanat Merkezi..... 179

Şekil 4.175: Dadong Sanat Merkezi'nin membran ile örtülü açık alanı 180

Şekil 4.176: Sanat Merkezi'nin huni biçimindeki membran çatısı 181

Şekil 4.177: Dadong Sanat Merkezi'nin plan ve kesitleri..... 182

Şekil 4.178: Tiyatro Salonunun dış ve iç görünüşleri 182

Şekil 4.179: "X" şeklindeki cam ve betonarme cephe tasarımı 182

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Geometrik Çıkışlı Taşıyıcı Sistem Sınıflaması 10

Tablo 2.2: Taşıyıcı sistem çeşitleri ile geçilebilecek açıklıklar 53

Tablo 2.3: Geçilecek olan açıklığa göre sistem kesiti 53

Tablo 2.4: Taşıyıcı sistemlerin yapım maliyetine göre karşılaştırılması 56

Tablo 2.5: Taşıyıcı sistemlerin birleşim bölgesi detaylarının karşılaştırılması 56

Tablo 4.1: Serpentine Sackler Galerisi'nin genel bilgileri 72

Tablo 4.2: Serpentin Sackler Galerisinin Ölçütleri 77

Tablo 4.3: Carré Des Arts'ın genel bilgileri 78

Tablo 4.4: Carré Des Arts'ın sistem ölçütleri 81

Tablo 4.5: Alman Tarih Müzesinin genel bilgileri 81

Tablo 4.6: Alman Tarih Müzesi ölçütleri 87

Tablo 4.7: Dresden Askeri Tarih Müzesinin genel bilgileri 88

Tablo 4.8: Tarihi cephaneliğin bezemelerinin incelenmesi 93

Tablo 4.9: Dresden Askeri Tarih Müzesinin ölçütleri 99

Tablo 4.10: Elbphilharmonie Hamburg Binası genel bilgileri 100

Tablo 4.11: Elbphilharmonie Hamburg Binası Ölçütleri 112

Tablo 4.12: Smithsonian Enstitü Binası genel bilgileri 113

Tablo 4.13: Smithsonian Enstitü Binasının ölçütleri 119

Tablo 4.14: Bombay Sapphire İçki Fabrikasının genel bilgileri 120

Tablo 4.15: Bombay Sapphire İçki Fabrikasının ölçütleri 126

Tablo 4.16: DZ Bank Binası'nın genel bilgileri..... 127

Tablo 4.17: DZ Bank Binası'nın ölçütleri..... 132

Tablo 4.18: Vakko Moda Merkezi ve Power Medya Merkezi'nin genel bilgileri... 132

Tablo 4.19: Vakko Moda ve Power Medya Merkezi'nin ölçütleri 140

Tablo 4.20: Phoenix Uluslararası Medya Merkezi'nin genel bilgileri..... 141

Tablo 4.21: Phoenix Uluslararası Medya Merkezi'nin ölçütleri..... 146

Tablo 4.22: Centre Pompidou'nun genel bilgileri..... 147

Tablo 4.23: Centre Pompidou'nun ölçütleri..... 153

Tablo 4.24: Rhön Klinikum Tıp Merkezi genel bilgiler 154

Tablo 4.25: Rhön Klinikum Tıp Merkezi ölçütleri 158

Tablo 4.26: Westpark Alışveriş Merkezi'nin genel bilgileri 159

Tablo 4.27: Westpark Alışveriş Merkezi'nin ölçütleri 160

Tablo 4.28: Harbin Opera Binası'nın genel bilgileri 160

Tablo 4.29: Harbin Opera Binası'nın ölçütleri 171

Tablo 4.30: Denver Uluslararası Havalimanı'nın genel bilgileri..... 172

Tablo 4.31: Denver Uluslararası Havaalanı'nın ölçütleri 179

Tablo 4.32: Dadong Sanat Merkezi'nin genel bilgileri..... 180

Tablo 4.33: Dadong Sanat Merkezi'nin ölçütleri..... 181

Tablo 4.34 Seçilen yapı örneklerinin ölçütlerinin karşılaştırılması 181

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

Tarihi süreç içerisinde taşıyıcı sistemler çeşitli nedenlerden dolayı bir arada kullanılmıştır. Bu kullanım bazen bir ihtiyaç doğrultusunda gerekli olurken bazen de form açısından arzulanan, büyük ve geniş açıklıkları geçmek için mimarlar tarafından uygulanmıştır.

Teknolojinin gelişimi ve toplumsal ilişkilerin değişimi ile birlikte yeni mekân tipleri ve taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanılmasına duyulan gereksinim giderek artmıştır. Farklı taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanılması binalarda, mekânların etkinliklerini artırmasının yanında estetik ve ekonomik olarak da katkı sağlayabilmektedir.

Tarih boyunca insanlar genellikle dini, sosyal, ekonomik ve kültürel gibi çeşitli amaçlara hizmet eden yapılarda işlevleri gerçekleştirebilmek için farklı taşıyıcı sistemleri bir arada kullanma ihtiyacı hissetmiştir. Günümüzde de başta büyük toplulukları bir mekân altında toplamak ve çok çeşitli işlevleri bir arada bulundurmak amacıyla farklı taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanılmasına ihtiyaç duyulmakta ve bu ihtiyaca uygun olarak taşıyıcı sistem çeşitlerinin birlikte kullanıldığı yapılar tasarlanmaktadır. Böylelikle farklı fonksiyonlara hizmet eden mekanların farklı ölçek ve boyutlardaki mekân ihtiyaçları karşılanabilmektedir. Ayrıca tarihi yapıların bütünlenmesi veya yeniden işlevlendirilmesi sürecinde tarihi yapılara getirilen çağdaş yeni eklerin yapımında da günümüz taşıyıcı sistem çeşitlerine gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle yığma sistemlerle çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelerek karma taşıyıcı sistemli bir yapı oluşmaktadır.

İnsanların çeşitli ihtiyaçlarını ve eylemlerini karşılayabilmek için farklı fonksiyonlara sahip mekanların bir arada tasarlanmasında veya tarihi yapıların günümüz koşullarına adapte edilmesi sürecinde alacakları yeni eklerin inşa edilmesinde çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelmektedir. Karma taşıyıcı sistemler bir araya geldiğinde çeşitli avantajlar ve dezavantajlar ortaya çıkmaktadır. Her yapı sisteminin kendinden başka diğer yapı sistemlerine göre üstünlüklerinin ve eksik yönlerinin olduğu bir gerçektir.

Çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya geldiklerinde sunduğu avantajlar; geniş açıklıkların geçilmesini sağlamak, yeni tasarımların kimliğini oluşturmak, farklı işlevlere hizmet eden mekanların bir arada çalışmasını sağlamak ve tarihi yapılara getirilen çağdaş yeni eklerin tasarlanmasını sağlamaktır. Ayrıca mimari özgünlük, özgürlük, etkinlik, dönüşüm ve güçlendirme sağlamaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bir yapının dış etkenlere karşı koyabilmesi, yük taşıyıp aktarabilmesi için taşıyıcı sistemlere ihtiyacı vardır. Bu nedenle basit bir yapıdan, yüksek binalara ya da büyük açıklıklı yapılara kadar bütün yapılar için taşıyıcı sistem gereklidir.

Tarihsel süreç içinde, taşıyıcı sistemlerin yavaş bir şekilde geliştikleri, daha az malzeme kullanımına doğru gelişmelerin sağlandığı ve daha büyük açıklıkların örtülebildiği görülmüştür. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte malzeme olanakları genişlemiş, geniş açıklıklı mekânlar arada düşey taşıyıcılar olmadan daha az malzeme kullanılarak örtülebilmiştir. Böylece yığma taşıyıcı sistemlerden, daha büyük alanları daha az malzemeyle geçmeye uygun taşıyıcı sistemlere ulaşılmıştır.

Teknolojinin insan hayatına girmesiyle yaşam biçimi değişmiş ve beraberinde yeni gereksinimler ortaya çıkmıştır. Özellikle Endüstri Devrimiyle birlikte, geniş açıklıklı mekânlara ihtiyaç duyulmuş ve bu açıklıkları geçebilecek taşıyıcı sistem türleri geliştirilmiştir. Böylece toplumda değişen gereksinimler karşılanabilmiştir. Hem yapı hem de kent ölçeğindeki değişimler yeni fonksiyonlu yapıların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yeni fonksiyonlara sahip yapıların tasarımı ve bu yapılarda kullanılacak olan taşıyıcı sistemlerin seçimi mimarlığın esas konularından biri haline gelmiştir.

Çalışmanın amacı; taşıyıcı sistem çeşitlerinin bir araya gelişlerinin yapının mimarisine, biçimine ve yapısal özelliklerine etkisinin irdelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda karma taşıyıcı sistemlere sahip binalar mimari, yapısal ve biçimsel özellikleri bakımından incelenmiştir. Yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemler ve çeşitleri, bu sistemlerin geçtiği geniş açıklıklar, sistemlerde kullanılan malzemeler ve sistemlerin geometrik biçimleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasının yapısal, biçimsel ve estetik olarak uygunluğuna değinilmiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Tezde öncelikle taşıyıcı sistemler ile ilgili genel bir bilgi verilmiş; taşıyıcı sisteme etki eden yükler, gereksinimleri ve taşıyıcı sistem sınıflandırılması açıklanmıştır. Daha sonra yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasının amacı, yapılara olan estetik ve strüktürel olarak katkıları açıklanmıştır.

Sonraki bölümlerde, yığma yapılara modern eklerin getirilmesinde günümüz taşıyıcı sistemlerinin kullanılması da karma taşıyıcı sistemli bir yapı oluşturduğu için çalışmanın kapsamı içine dahil edilmiştir ve tarihi yapıların bütünlenmesi ve modern eklerin getirilmesi hakkında açıklamalar yapılmıştır. Çalışma kapsamındaki örnekler yapısal olarak incelenmiştir. Yapı örnekleri; tarihi yapılara getirilen çağdaş eklere sahip olan yapılar ve mekân işlevlerini karşılayabilmek için tasarlanmış karma taşıyıcı sisteme sahip olan yeni yapılar şeklinde iki grupta incelenmiştir. Karma taşıyıcı sistemli binaların taşıyıcı sistemlerinin yapısal özelliklerinin araştırıldığı bu çalışmanın kapsamındaki yapılar, yığma, karkas, kabuk, katlanmış plak, membran ve kablo strüktür gibi farklı taşıyıcı sistemleri bir arada bulunduran yapılardır.

Çalışmada öncelikle tarihi yapılara eklemlenen yeni eklerin tarihi yapı ile oluşturduğu diyaloğun estetik ve işlevsel yapısı incelenmiştir ve yapıda bulunan eski ve yeni taşıyıcı sistemin strüktürel avantajları araştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci kapsamındaki yapılar ise; karma taşıyıcı sisteme sahip olan yeni yapı uygulamalarıdır. Karma taşıyıcı sistemli binalar, taşıyıcı sistemlerin çeşitleri ve sistemlerin oluşturduğu mekânların fonksiyonları, geçtikleri geniş açıklıkları, malzemeleri ve biçimleri bakımından araştırılmıştır.

Sonuç bölümünde ise incelenen örnekler üzerinden değerlendirme yapılarak çeşitli taşıyıcı sistemlerin yapılarda birlikte kullanılmasının gerekliliğine ve uygunluğuna değinilmiştir.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Araştırmada, konu ile ilgili çeşitli tanımların ve çeşitli yapı örneklerinin bulunmasında çeşitli bilgilerin toplanmasında izlenen yol; literatür taramasıdır. Ayrıca

internette araştırmalar yapılmıştır ve bazı yapı üreticileri ile görüşülerek bilgiler toplanmıştır.

Çalışmada incelenen yapıların genel özellikleri, sahip oldukları taşıyıcı sistem detaylarının yer aldığı bilgiler ve kaynaklar araştırmacı tarafından yukarıdaki yöntemler dahilinde bir araya getirilmiştir.

Çalışmada karma taşıyıcı sistemlere sahip binaların mimari, yapısal ve biçimsel özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, taşıyıcı sistemler hakkında bilgi verilmiş, farklı taşıyıcı sistemlerin yapılarda bir araya gelişlerinin amaçları, estetik ve strüktürel olarak katkıları açıklanmıştır. Daha sonra yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı durumlar ile bu durumların nedenleri açıklanmıştır ve karma taşıyıcı sistemlere sahip yapı örnekleri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda karma taşıyıcı sisteme sahip binaların mimari formu, fonksiyonu, taşıyıcı sistemleri ile geniş açıklık geçme sınırları incelenmiştir. Ayrıca araştırılan karma taşıyıcı sisteme sahip binaların kullanım amacı, yapım yılı, kullanılan malzemeleri ve taşıyıcı sistemleri ile bu sistemlerin oluşturduğu mekanların fonksiyonları da incelenmiştir. İncelenen örnekler bahsedilen kriterlere dayanılarak oluşturulmuş bir tabloda karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

BÖLÜM İKİ
TAŞIYICI SİSTEMLER VE BİRLİKTE KULLANILMALARI

Taşıyıcı sistem tanımlarının ve taşıyıcı sistem sınıflandırılmasının ele alındığı bu bölümde çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir araya gelişlerinin gereksinimi, tasarıma etkisi ve binalara olan yapısal katkıları açıklanmaktadır.

2.1 Taşıyıcı Sistem Tanımı

Mekânsal ihtiyaçların karşılanabilmesi amacı ile inşa edilen yapıların belirli bir strüktürel bütünlüğe sahip olması gerekmektedir. Taşıyıcı sistem; yapıda mevcut olan ve sonradan ortaya çıkabilecek yüklere karşı yapıyı ayakta tutan, tüm yükleri dengeli bir şekilde zemine aktaran elemanların tümüne birden verilen addır. Aynı zamanda strüktür olarak da adlandırılır. Taşıma kelimesinin anlamı ise; yerçekimi kuvvetine karşı yapılan bir eylemdir (Türkçü, 2017).

Yapılar, hangi forma sahip olursa olsun başta yerçekimi olmak üzere çeşitli yüklerin etkisi altındadır. Yapıya etkiyen yükleri, güvenlik sınırları içinde taşıyan ve taşıyıcı elemanları aracılığıyla zemine ileten sistemlere taşıyıcı sistemler denir (Aka, Keskinel, ve Arda,1992). Taşıyıcı sistem kavramı; yapının geometrisi, malzemesi ve yapıya bütünlük kazandıran, ayakta tutan sistemler arasındaki ilişkileri içermektedir (Kayalar, 2010).

Mimarlıkta taşıyıcı sistemin temel görevi alanların sınırlarını belirlemek ve örtmektir. Taşıyıcı sistem yapıların temel bileşenlerindendir. Çeşitli amaçlar için çeşitli boyutlardaki alanlara ihtiyaç duyulur. Bunun içinde yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemler kullanılır. Taşıyıcı sistemler yapılarda özgürlük ve özgünlük sağlamaktadır (Türkçü, 2017).

Taşıyıcı sistemler, yapıların çeşitli yüklere ve etkilere dayanmasını ve ayakta kalabilmesini sağlar. Yapılar üzerlerine etki eden yükleri karşılamak zorundadırlar. Bu nedenle en basit yapıdan, geniş açıklıklı yapılara kadar bütün yapılar için taşıyıcı sistemler çok önemlidir (Doğan Hasol, 2011).

İnsanlığın gelişim sürecinde, insanoğlunun doğa etkilerinden korunma çabası kadar, yerçekimini yenme, ona karşı koyma, direnme uğraşı da gözlenmektedir. İnsanın en doğal gereksinimlerinden olan barınma gereksinimi söz konusu olduğunda, taşıyıcı sistemler daha tarih başlarında, dünyanın farklı yerlerinde uygulanmaya başlanmıştır. Tarihsel süreç içinde taşıyıcı sistemler uzun bir zaman dilimine yayılarak yavaş bir şekilde gelişmiştir. Daha geniş açıklıklar daha az malzeme kullanılarak geçilebilmiştir (Türkçü, 2017). Son otuz yıl içinde yeni malzemeler keşfedilmiş, öncekilere benzemeyen değişik ve gelişmiş sistemler ortaya çıkmıştır (Bahadır, 1997). Bu sistemlerin gelişimiyle geniş açıklıklar farklı biçimlerde geçilebilmiş ve işlevleri bir arada bulunduran mekân ihtiyaçları kolaylıkla karşılanabilmiştir. Günümüzde de çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması hem mekân ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlamakta hem de estetik ve strüktürel olarak yapılara katkı sağlamaktadır.

2.2 Taşıyıcı Sistemlere Yüklerin Etkisi

Yapılardaki taşıyıcı sistem seçiminde en önemli iki etken yapıların işlevi ve yapıya etki eden yüklerdir. Yapıların işlevine göre şekillenen planının kullanışlı olması ve taşıyıcı sistem elemanlarının yapının işlevine engel olmayacak şekilde tasarlanması yapılar için önemli bir etkendir. Ancak yapılara etki eden yükler yapıların tasarımında büyük önem taşımaktadır. Yük, yapı ögelerinin taşıdığı ağırlık ve kuvvetlerdir. Yapılara etki eden yükler düşey ve yatay yükler olmak üzere iki grupta sınıflandırılır (Kaya, 2021).

2.2.1 Düşey Yükler

Düşey yükler sabit ve hareketli yükler olmak üzere iki sınıfta toplanabilir. Yapıdaki sabit yükler, yapıların kendi ağırlıkları ile oluşmaktadır. Yapıdaki hareketli yükler ise, yapının işlevine göre kullanıcıların oluşturduğu yükler ve meteorolojik olaylar sonucunda yapıda biriken kar, buz gibi doğal yükler oluşturmaktadır.

Sabit yükler, taşıyıcı sistemin kendi ağırlığı ve yapıda değişmeyeceği kabul edilen tüm bileşenlerin ağırlığıdır. Bu nedenle ölü yükler olarak da adlandırılırlar. Bu

yükler; yapının taşıyıcı sistem elemanları, kaplama malzemeleri, çatı, duvar, cephe elemanları, mekanik ve tesisat sistemlerinin ağırlıklarından oluşmaktadır.

Hareketli yükler, sabit yükler dışında kalan diğer yüklerdir. Mobilyalar, insanlar vb. bu grupta ele alınır. Hareketli yükler yapının taşıyıcı sisteminin bir parçası değildir ve yapının işlevine uygun olarak kullanılması sonucunda değişkenlik gösterir ve bu sebepten dolayı hesaplanması zordur.

Hava değişimi sonucunda yapıda biriken kar, buz ve yağmur yükleri yapının inşa edildiği bölgeye göre dikkat edilmesi gereken hareketli yüklerdir. Bu yükler genel olarak yapıların çatı döşemesine etki eder. Bu nedenle kar yükü ihtimali olan bölgelerde inşa edilecek yapılarda çatı eğimi en önemli faktördür. Kar yükünün hesap değerleri ve çatı eğimine bağlı olarak azaltma değeri TS 498'de (1997) açıklanmıştır. Yağmur yükü, yapının çatı ve teraslarındaki giderlerin ve olukların tıkanmasından dolayı yapıda yük oluşturabilir. Yapılarda buz oluşumu çeşitli faktörlere bağlı olarak meydana gelmektedir. Buz yükünün hesaplanması gerektiği durumlarda yeteri kadar bilgi yoksa, TS 498'e (1997) göre bütün yüzeylerin buz kalınlığı 3 cm olarak kabul edilir ve buzun birim hacim ağırlığı $\gamma buz = 7$ kN/m3 alınabilir (Kaya, 2021).

2.2.2 Yatay Yükler

Deprem ve rüzgâr gibi dinamik yükler, yapıda yanal hareketlere neden olduklarından yatay yükler olarak kabul edilirler.

Yapılarda rüzgâr yükü, rüzgârın hızına ve geliş doğrultusuna, binaların yüksekliğine, formuna ve bulunduğu konumuna bağlı olarak değişiklik gösteren bir yüktür.

Depremler de yapıya zarar verebilmektedir. Deprem yapıya, temeller aracılığıyla ulaşır ve yapıda kontrolsüz hareketlerin ve yüklerin oluşmasına sebep olur. Bu yatay deprem yükleri değişim halinde olduğu için tahmin edilemez. Depremin yapıya etkisi tercih edilen taşıyıcı sistemin özelliklerine bağlıdır (Salvadori ve Heller, 1975).

2.3 Deformasyonların Taşıyıcı Sistem Üzerindeki Etkileri

Yükler taşıyıcı sistemlere etki ettiğinde deformasyona neden olurlar. Bu deformasyonlar öteleme ve dönme olmak üzere iki çeşittir. Deformasyonlar gözle görülmeyecek kadar küçüktür. Deformasyonların taşıyıcı sistem üzerindeki etkileri şunlardır:

- Çekme etkisi: Çekilen malzemenin her parçasının birbirinden ayrılma eğilimi gösterdiği durumdur. (Sen,1990).

- Basınç etkisi: Taşıyıcı elemanların düşey eksenine dik doğrultuda etkiyen kuvvetler basınç etkisi olarak tanımlanır. Taşıyıcı elemanların basınç limitinin aşılması durumunda taşıyıcı elemanlarda burkulma meydana gelir.

- Kayma etkisi: Taşıyıcı elemanları meydana getiren parçacıkların kendi içlerinde birbirleri üzerinden akmaları olarak tanımlanır.

- Eğilme etkisi: Taşıyıcı elemanlarda çekme, basınç ve kayma gerilmelerinin karışık bir şekilde oluşması durumunda eğilme etkisi oluşur. İki mesnet arasındaki bir kirişe yük uygulandığında kirişin belli kısımlarında kısalma, belli kısımlarında sarkma(uzama), mesnetlerde ise kayma gerilmeleri meydana gelir (Sen,1990).

2.4 Taşıyıcı Sistemler İçin Temel Koşullar

Taşıyıcı sistemlerin her koşul altındaki işlevleri şunlardır:

- Denge: Yapının üzerine etki eden kuvvetlerin yapıda bir hareket meydana getirmemesi durumudur.

- Stabilite: Yapıda denge, hareketsizliğin sağlanması ve stabilite bu dengenin kararlılığının yani sürekliliğinin sağlanmasıdır.

- Mukavemet: Bir yapı malzemesinin veya yapının taşıyıcı bir bölümünün üzerine gelen yüklere direnme yeterliliğidir.

- Fonksiyonel uygunluk: Farklı yapılar, farklı amaçlar için inşa edilirler ve farklı yükler ve programları karşılamak durumundadır. Yapının işlevine göre taşıyıcı sistem seçilir.

- Ekonomi: Proje aşamasında farklı seçenekler değerlendirilir ve bunlar maliyet ve işçilik açısından karşılaştırılır. Bu seçeneklerden en uygun olanı seçilir.

- Estetik: Yapı için önerilen taşıyıcı sistem yapının görünümü de etkiler. Bu nedenle taşıyıcı sistemin tasarımında yük aktarma dışında bir anlam ifade etmesi önemlidir (Anonim, 2019).

2.5 Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Malzemeler

Taşıyıcı sistemlerde taş, tuğla, kerpiç, ahşap, betonarme ve çelik gibi malzemeler kullanılır. Taş, tuğla ve beton gibi malzemeler basınca, kablo ve tekstil gibi malzemeler ise çekmeye çalışır. Ahşap, çelik ve alüminyum gibi malzemeler hem çekmeye hem de basınca dayanıklıdır (Anonim, 2019).

2.6 Taşıyıcı Sistem Sınıflandırılması

Yapılar, üç boyutlu karmaşık bir sisteme sahiptirler ve taşıyıcı sistemlerini okumak zor görünebilir. Ancak taşıyıcı sistemler sınıflandırıldığında yapıları anlamak kolaylaşabilmektedir (Meistermann, 2022). Biçimsel ve geometrik değişiklikler göz ardı edilerek taşıyıcı sistemler genel olarak üç grupta sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Yığma sistemler

- Çubuk (iskelet) sistemler

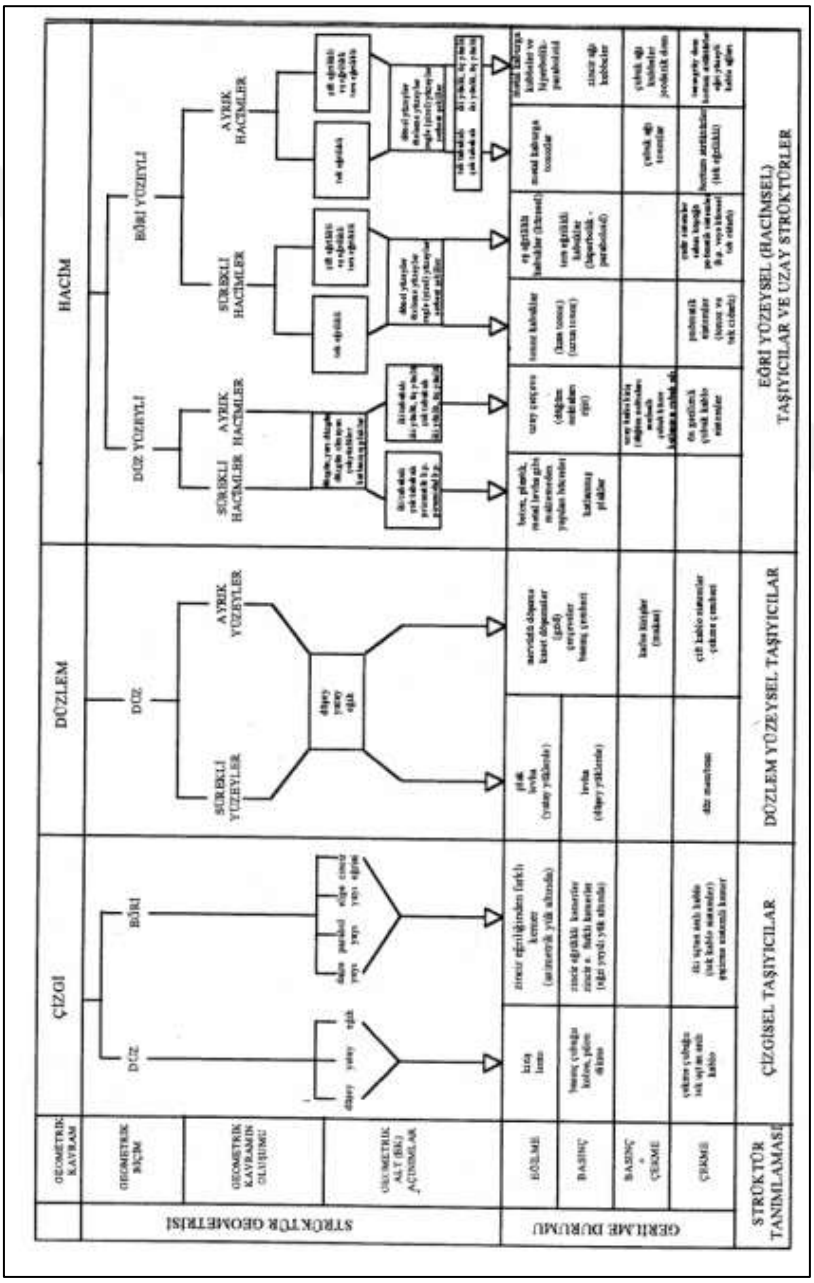
- Yüzeysel taşıyıcı sistemler (Türkçü, 2017)

Taşıyıcı sistemler geometrik özelliklerine bakılarak da sınıflandırılabilmektedir. Bu sınıflandırma türünde kullanılan malzeme özellikleri hesaba katılmamaktadır. Taşıyıcı sistemler geometrik özelliklerine göre sınıflandırılırken, geometrik biçimlerine, taşıyıcı elemanlarına ve taşıyıcı sistemde oluşan gerilmelerine göre incelenmektedir. Bu sınıflandırma, çizgisel taşıyıcı elemanlardan hacimsel taşıyıcı sistemlere doğru

gidildikçe, sistemlerin taşıma kabiliyetleri artmaktadır. Bu sınıflandırma Çetin Türkçü tarafından yapılmıştır. Türkçü'ye göre mimarlık şekiller ve çizgilerle sağlanan bir dil olduğu için geometrik çıkışlı bir sınıflandırma mimarlara kolaylık sağlayacaktır. Tablo 2.1 geometrik çıkışlı taşıyıcı sistem sınıflamasını göstermektedir (Türkçü, 2017).

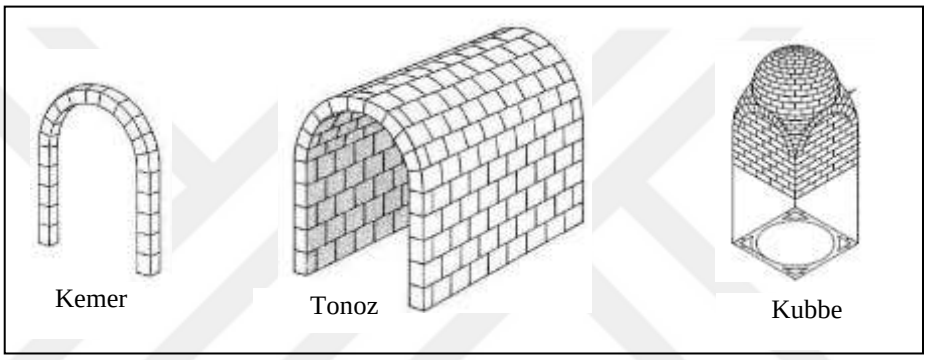
Bu çalışmada taşıyıcı sistemler, yığma sistemler, çubuk sistemler, yüzeysel taşıyıcı sistemler ve kablo sistemler olarak incelenmiştir.

Tablo 2.1 Geometrik Çıkışlı Taşıyıcı Sistem Sınıflaması (Türkçü, 2017, s.46)



2.6.1 Yığma Sistemler

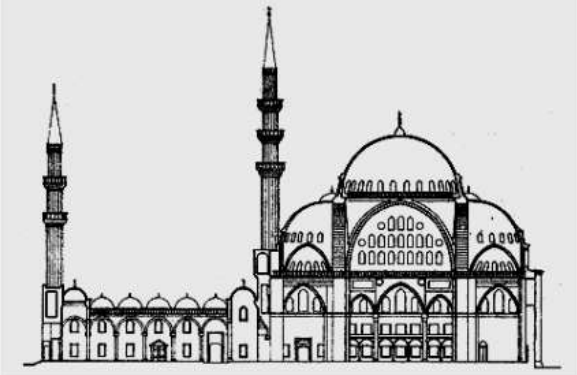
Yığma yapı sistemleri, yatay ve düşey yükleri dağıtan elemanlardan oluşur. Yığma sistemler, taşıyıcı elemanların üst üste dizilip yığılması neticesinde bir bağlayıcı madde ile bir araya gelmesi ile oluşan sistemlerdir. Bağlayıcı maddeye ilaveten metal kenetler taşıyıcı elemanların bir arada kalmasını sağlamak için kullanılır. Yığma taşıyıcı sistemde bulunan düşey veya eğik elemanlar hem taşıyıcı elemanlardır hem de mekânı bölücü elemanlardır. Yani taşıyıcı ve mekânı bölücü elemanlar birbiriyle örtüşmektedir. Yığma sistemlerde taş, tuğla, kerpiç vb. gibi malzemeler kullanılır. Yığma taşıyıcı sistem elemanları kolon, kemer, duvar, tonoz veya kubbedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Yığma taşıyıcı sistem elemanları (https://romamimarligi.wordpress.com/2020/12/11/roma-mimarisinde-kemer-tonoz-ve-kubbe/)

Yığma taşıyıcı sistemde kullanılan taşın basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise çok düşüktür. Bu nedenle mekânların üstünün örtülmesinde çekmeye daha dayanıklı olan ahşap elemanlar kullanılmıştır. Zamanla geniş açıklıkların geçilmesine ihtiyaç duyulmuş ve yığma sistemlerin ana malzemesi olarak kullanılan taş strüktürel olarak etkin bir biçimde kullanılmıştır. Geniş açıklıkların geçilmesini sağlayan kemer, tonoz, kubbe gibi yığma sistem elemanları (Şekil 2.2) geliştirilmiştir (Türkçü, 2017).

Yığma duvarlar, burkulma veya yıkılma gibi çeşitli nedenlerden dolayı zarar görebilmektedir. Yığma yapılarda bu tür risklerden korunmak için duvarlar belli aralıklarda, dik istikametteki duvarlarla birleştirilerek veya kesiştirilerek rijit hale getirilir. Duvarların karşılıklı olarak birbirini desteklemesi sayesinde yığma yapı kararlı hale gelir (Meistermann, 2022).



Şekil 2.2: Süleymaniye Camisi'nin geniş açıklıklarının kubbe ve kemerlerle geçilmesi (Vogt & Widmer,1965, s.17)

Yığma yapının temeli, blok duvar örme tekniğidir. Yığma duvarlar çekme kuvvetlerini taşıyamaz. Bu sebeple yükseklik, uzunluk ve kalınlıklarına uygun bir şekilde sağlamlaştırılmaları gerekir. Yığma yapıda çekme gerilmelerini önlemek için çıkmalar ve payandalar yapılabilir veya geniş boşluklar oluşturulmadan net bir yük dağılımı sağlanabilir (Meistermann, 2022, s.59).

2.6.2 Çubuk Sistemler

Taşıyıcı sistemi ayakta tutabilen elemanlarla örtücü elemanların birbirlerinden yük taşıma açısından farklılaştığı taşıyıcı sistemlere genel olarak çubuk sistemler denir. Bu nedenle örtücü ve taşıyıcı elemanlar statik görevler açısından farklılık gösterdiği için birbirlerinden çok farklı özellikteki malzemelerden yapılabilirler. Çubuk sistemler yığma sistemlere göre daha ekonomiktir. Çünkü; yük aktarımı açısından daha az malzeme gerektirir (Türkçü, 2017).

Kolon, kiriş, plak, levha gibi elemanlardan kurulan betonarme karkas binalar, ahşap karkas yapılar, çelik ve ahşap çubuklardan yapılan düzlem makas ve kafes kirişler, uzay kafesler, metal çubuklardan kurulan kubbe ve tonozlar çubuk (iskelet) sistemlerin örneklerine katılabilir (Türkçü, 2017).

Çubuk sistemlerde amaç; yapının ölü ve hareketli yüklerinin çubuk elemanlar aracılığıyla zemine aktarılmasıdır. Taşıyıcı yapı, çubuk biçimli elemanlardan oluşur. Bu sisteme daha sonra örtücü elemanlardan olan paneller veya duvarlar eklenebilir. İç

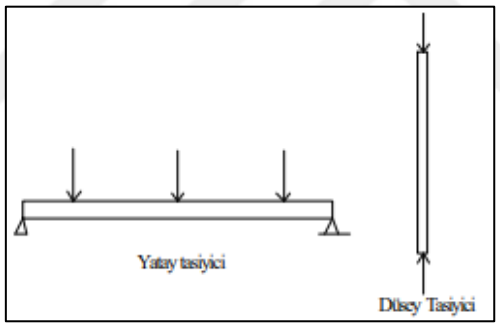
mekânları oluşturan elemanlar ile taşıyıcı sistem elemanları prensip bakımından farklılık gösterir.

Çubuk sistemler yük dağıtım ilkelerine göre tek doğrultuda ve çift doğrultuda yük aktaran sistemler olarak ikiye ayrılırlar (Atalay, 2002).

2.6.2.1 Tek Doğrultuda Yük Aktaran Çubuk Sistemler

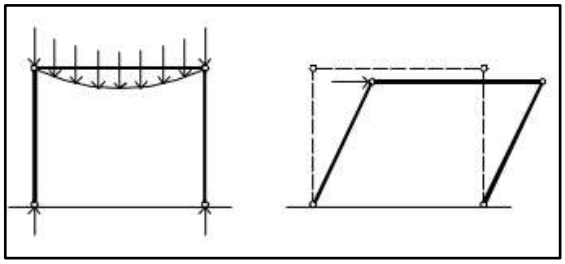
2.6.2.1.1 Kolon-Kiriş Sistemler

Kirişlerin kolonlar üzerine yerleştirilmesi ile oluşan sistemlerdir. Kolan-kiriş sistemlerin taşıyıcı elemanları kolonlar ve kirişlerdir (Şekil 2.3). Yatay taşıyıcı olarak kullanılan ve düşey yüklere maruz kalan çubuklara kiriş denir. Düşey taşıyıcı elemanlar olarak kolonlar kullanılır ve basınca çalışan yapı elemanlarıdır (Atalay, 2002).



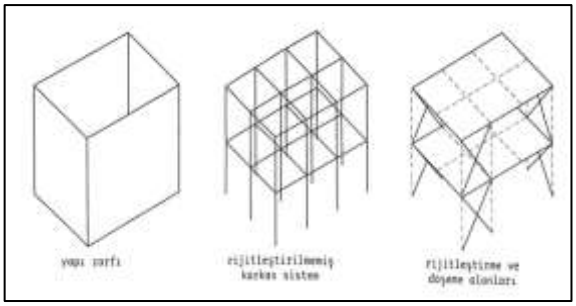
Şekil 2.3 Kolon-kiriş sistemi taşıyıcı elemanları (Atalay,2002)

Kolon-kiriş sistemlerinde yükler kirişlerden kolonlara aktarılır ve kolonlardan ise zemine iletilir. Kolon-kiriş sistemlerinde kolon ve kirişler yüklere birbirlerinden bağımsız olarak karşı koyarlar (Atalay, 2002), (Şekil 2.4).



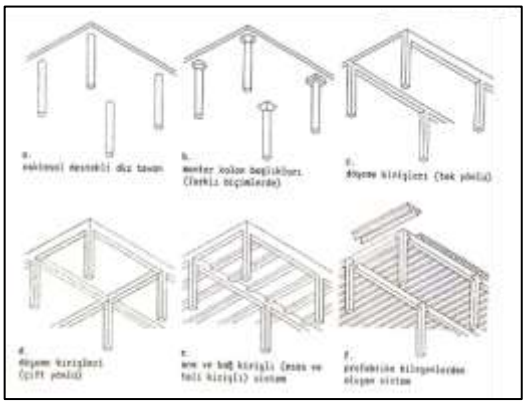
Şekil 2.4 Kolon-kiriş sistemine yüklerin etkisi (Atalay,2002)

Bu sistemin taşıyıcı elemanları olan kolon ve kirişler, birleşim noktalarındaki malzemeye uygun bir biçimde bir araya getirilirler (Meistermann, 2022), (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Kolon-Kiriş Sistemde Yapı Yöntemi (Meistermann, 2022)

Hem basınç hem de çekme dayanımı olan malzemeler kolon-kiriş sistemlerde kullanılabilir. Örneğin: ahşap, çelik veya betonarme gibi malzemeler kullanılabilir. Ancak bu malzemelerin her birinin kendine özgü yapım sistemleri vardır (Şekil 2.6). Noktasal olarak desteklenen bu sistemlerle sadece sınırlı açıklıklar geçilebilir ve tüm kuvvetlerin kolonlara aktarılması gerekir. Kolondan döşemeye geçiş noktalarında aşırı yüklemelerden oluşabilecek sorunlara karşı önlemler alınmalıdır.



Şekil 2.6: Betonarme Kolon-Kiriş Yapım Sistemi (Meistermann, 2022)

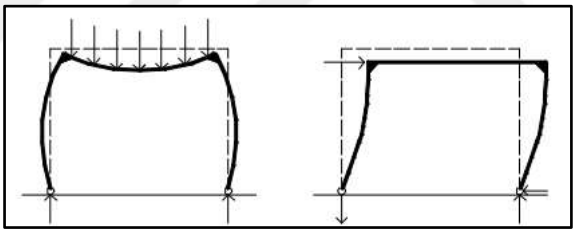
Geçilen açıklığın fazla olması halinde döşemede kirişler kullanılır. Döşeme kirişleri, döşemenin yüzey alanını doğrusal bir düzende destekler. Döşeme kirişleri farklı biçimlerde düzenlenebilir. Geçilen açıklığa göre tek veya çift doğrultuda uzanacak şekilde düzenlenebilir. Döşeme sisteminin kalınlığı her katın yüksekliğini

etkiler. Bu nedenle geçilecek açıklık arttıkça, döşemenin kalınlığı da artar (Meistermann, 2022, s. 62).

25 metre ve 30 metrelik açıklıklardan sonra bütün kolon-kiriş sistemlerde, imalât, kalıp ve işçilik bakımından küçümsenmeyecek bir maliyet artışı ortaya çıkmakta bu nedenle de 30 metreden fazla olan açıklıklar için başka strüktürler ele alınmaktadır (Ayaydın, 1989).

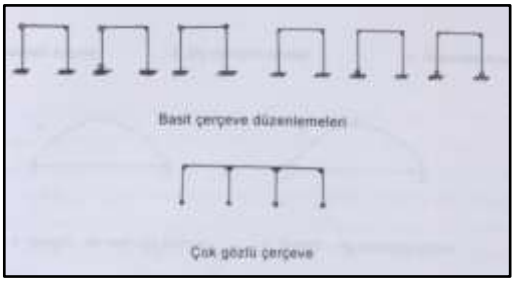
2.6.2.1.2 Çerçeve Sistemler

Kolonların ve kirişlerin düğüm noktalarının rijitleştirilmesi sonucunda yüklere karşı beraber hareket ederek karşı koyacak biçimde oluşturulan sistemlere çerçeve sistemler denir. Çerçeve sistem dikey yüklere maruz kaldığında, sürekli kiriş gibi hareket eder ve kesit tesirleri azalır. Yatay yükler altında ise kolonlar, kolon-kiriş sisteme göre daha az deformasyona uğrarlar (Şekil 2.7). Çerçeveler, çelik çerçeveler, betonarme çerçeveler ve ahşap çerçeveler gibi farklı malzemelerden oluşturulabilirler (Bahadır, 1997).



Şekil 2.7 Çerçeve sistemlerde yük etkisi (Atalay,2002)

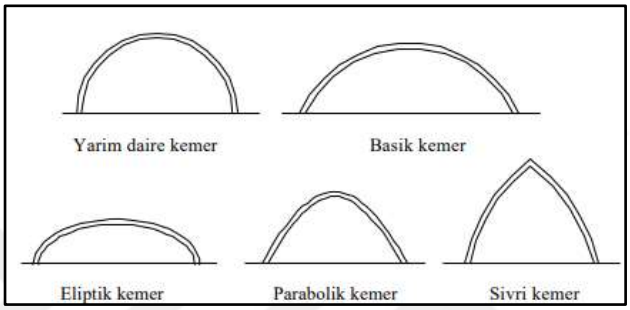
Çerçeveler beraber hareket edecek şekilde yan yana getirilip çok gözlü bir biçimde üretilebilirler (Bahadır,1997), (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Çerçeve sistem düzenlemeleri (Bahadır,1997)

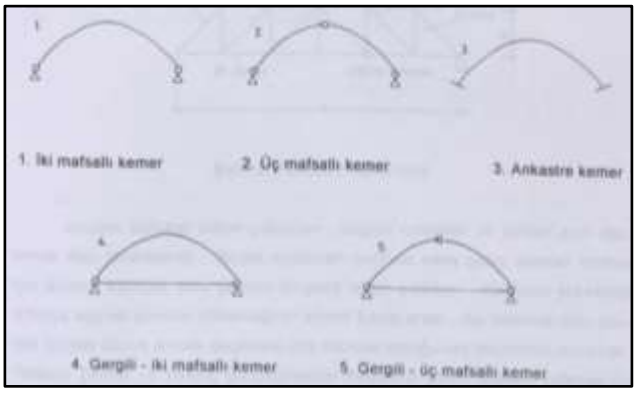
2.6.2.1.3 Kemer Sistemler

Basınca çalışan kemerler, eğri eksenli çubuk taşıyıcı sistemlerdir. Kemerler çeşitli şekillerde üretilebilirler (Şekil 2.9). Kemerler ile çeşitli açıklıklar geçilebilmektedir. Bu çubuk taşıyıcı elemanların yüksekliklerinin geçilen açıklığa oranı H/L= 1/5~1/6'dan az olmamalıdır. Bunun nedeni ise; bu oran küçüldükçe mesnet itkileri artmaktadır. Sistemde artan itkiler, mesnetlenme durumlarında gergi çubuğu gerektirebilmektedir (Özsen ve Yamantürk, 1991).



Şekil 2.9 Kemer biçimleri (Atalay,2002)

Kemerler, iki-üç mafsallı ankastre olarak veya gergili iki-üç mafsallı olarak düzenlenebilirler (Bahadır, 1997), (Şekil 2.10).

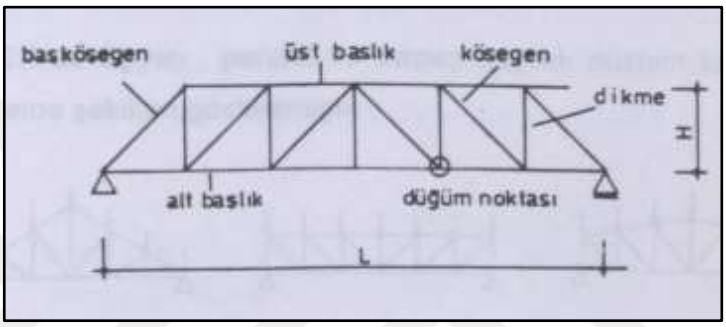


Şekil 2.10: Kemer düzenlemeleri (Bahadır,1997)

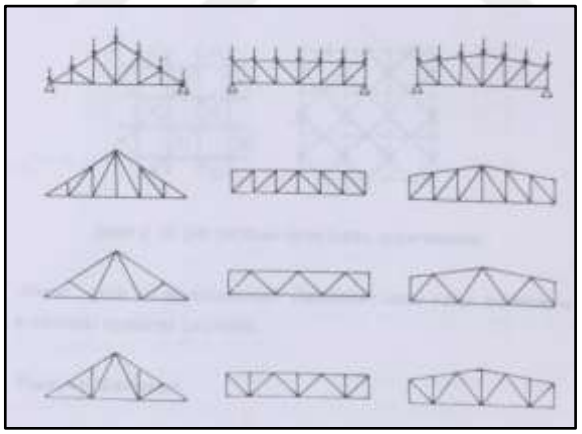
Kemerler taş, ahşap, betonarme ve çelik gibi farklı malzemelerden üretilebilirler. Kemer sistemlerinde kullanılan malzeme çeşidine göre geçilebilen en geniş açıklıklar tutkallı lamine ahşap kemerler ile ~ 100 m, betonarme(öngerilmeli) kemerler ile ~ 280 m, çelik kemerler ile ~ 500 m'dir (Bahadır,1997).

2.6.2.1.4 Düzlem Kafes-Kiriş Sistemler

Düzlem kafes kirişler, üst ve alt başlık çubukları arasına dik ve diyagonal bir biçimde çubukların yerleştirilmesiyle oluşan sistemlerdir (Şekil 2.11). Doğrusal çubukların diğer çubuklarla (ara çubuklarla) birleştiği noktalara düğüm noktası denir. Düzlem kafes kirişlerde tüm elemanlar aynı düzlem içinde yer alır. Düzlem kafes kirişler çeşitli şekillerde düzenlenebilirler (Şekil 2.12). Doğrusal çubukların üst kısmında basınç gerilmeleri, ara çubuklarda hem basınç hem çekme, çubukların alt kısmında ise çekme gerilmeleri görülür.



Şekil 2.11: Düzlem Kafes Kiriş (Bahadır, 1997)



Şekil 2.12: Düzlem kafes-kirişlerin çeşitli düzenlemeleri (Bahadır, 1997)

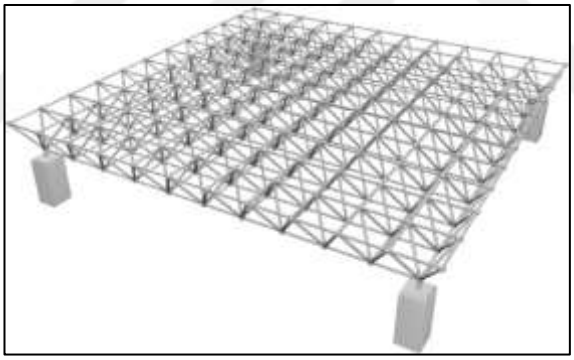
Büyük açıklıkların geçilmesinde düzlem kafes kirişler dolu gövdeli kirişlere göre daha çok tercih edilirler. Düzlem kafes kirişlerin yükseklikleri artıkça taşıma güçleri de arttığı için geniş açıklıkları geçme konusunda dolu gövdeli kirişlere göre daha etkindirler (Atalay, 2002).

Düzlem kafes kirişlerde kullanılan malzemelere göre geçilebilen açıklıklar değişmektedir. Ahşap düzlem kafes kirişlerde kiriş yüksekliğinin geçilen açıklığa oranı 1/6 ila 1/10 arasında değişmektedir ve yaklaşık olarak 24 metrelik bir açıklık geçilebilmektedir. Çelik düzlem kafes kirişlerde ise kiriş yüksekliğinin geçilen açıklığa oranı 1/12 ila 1/16 arasında değişmektedir ve yaklaşık olarak 50 veya 60 metre arasındaki açıklıklar geçilebilmektedir (Bahadır, 1997).

2.6.2.2 İki Doğrultuda Yük Aktaran Çubuk Sistemler

2.6.2.2.1 Uzay Kafes Sistemler

Uzay kafes sistemler; düz çubuklar ile mafsallı düğüm noktalarının üç boyutlu bir ağ oluşturacak şekilde bir araya gelmesiyle oluşan sistemlerdir (Şekil 2.13). Uzay kafes sistemler yaygın olarak geniş açıklıkları geçmek için kullanılırlar (Türkçü, 2017).



Şekil 2.13: Uzay kafes sistem örneği (https://insapedia.com/uzay-kafes-sistem-nedir-ozellikleri-ve-cesitleri/)

Uzay kafes sistemler üç boyutlu olması nedeniyle sadece basınç ve çekme gerilmelerinin hâkim olduğu taşıyıcı sistemlere göre daha ekonomiktirler. Uzay kafes sistemler hafifliği, prefabrikasyona uygunluğu ve geniş açıklıkları arada düşey taşıyıcılar olmadan geçebilmeleri nedeniyle çok tercih edilirler (Türkçü, 2017).

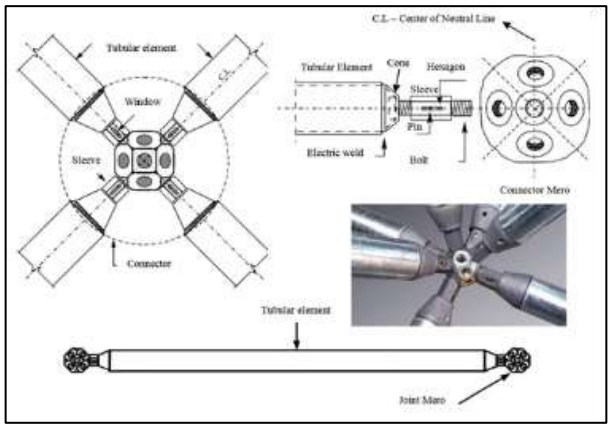
Uzay kafes sistemler üç boyutlu sistemler olduğu için çeşitli yönlerden gelebilecek yüklere karşı direnç gösterebilirler. Uzay kafes sistemlerin elemanları en az iki düzlem

içinde yer alır. Bu yüzden uzay kafes sistemlerin düğüm noktaları, aynı düzlem içinde olmayan en az üç çubuk tarafından desteklenir (Türkçü, 2017).

Uzay kafes sistemin taşıyıcı elemanları düğüm noktaları, çubuklar ve aşıklardır. Düğüm noktaları; çubukların birleşimini sağlayan bağlantı elemanlarıdır. Küresel, silindir geometrili, yıldız tipli ve levha gibi çeşitli düğüm noktaları bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan düğüm noktası küresel geometrili olan Mero sistemidir (Şekil 2.14).

Çubuklar, düğüm noktalarına kaynaklama veya vidalama yöntemleriyle birleştirilirler. Uzay kafes sistem ilkelerine vidalama yöntemi daha uygundur.

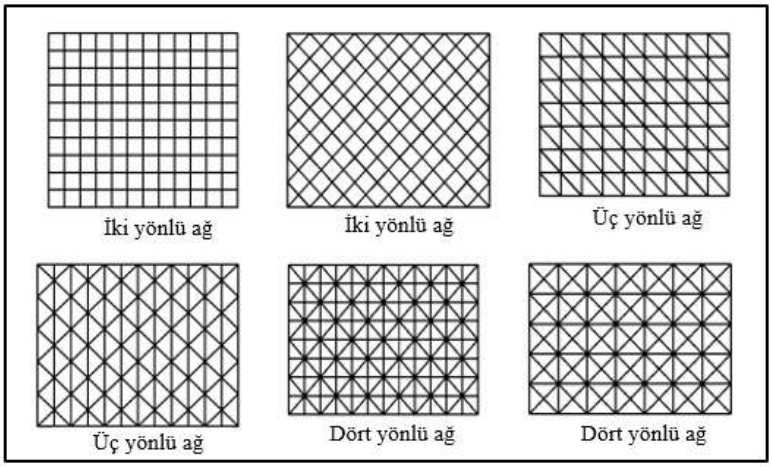
Uzay kafes sistemlerde kullanılan ve yalnızca basınç ve çekme gerilmelerinin etkisi altında olan çubuklar boru ve kutu profiller gibi elemanlardan üretilirler. Paslanmaya karşı düğüm noktalarının ve çubukların korunması gereklidir. Galvanizleme, koruyucu boyalar veya plastik kaplamalarla paslanmaya karşı koruma sağlanabilir. Paslanmaya karşı tedbirler düzenli olarak alınmalıdır. Aşıklar, uzay kafes sisteme gelecek olan kaplama malzemelerini taşımak için gereklidir. Aşıklar düğüm noktalarının üzerine özel bağlantılarla mesnetlenirler.



Şekil 2.14: Uzay kafes sistem düğüm noktası- Mero Sistemi

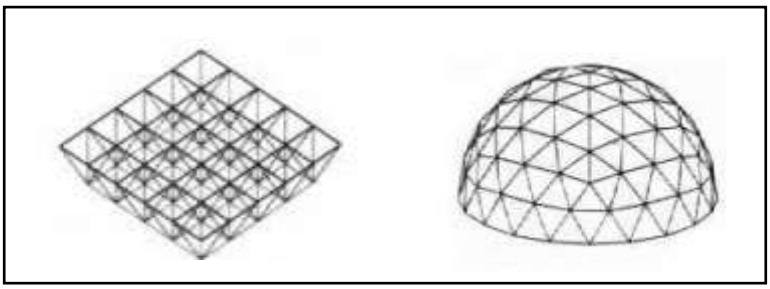
Uzay kafes sistem geometrileri çeşitli biçimlerde oluşturulabilir. Uzay kafes sistemi oluşturan ağlar, çubukların birleşim açılarına ve uzunluklarına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Uzay kafes sistemin her iki tabakasında genellikle

üçgen,kare ve altıgen kullanılmaktadır. Uzay kafes sistemlerdeki ağ düzenlemeleri iki, üç ve dört yönlü olabilmektedir (Atalay, 2002), (Şekil 2.15).



Şekil 2.15: Uzay kafes sistemlerde iki, üç ve dört yönlü ağ düzenlemeleri (Atalay, 2002)

Uzay kafes sistemler tek veya iki tabakalı olarak üretilebilirler. Düzlem yüzeyli uzay kafes sistemler iki veya çok tabakalı olarak üretilirken, eğri yüzeyli uzay kafes sistemler tek tabakalı da üretilebilirler (Türkçü, 2017), (Şekil 2.16).

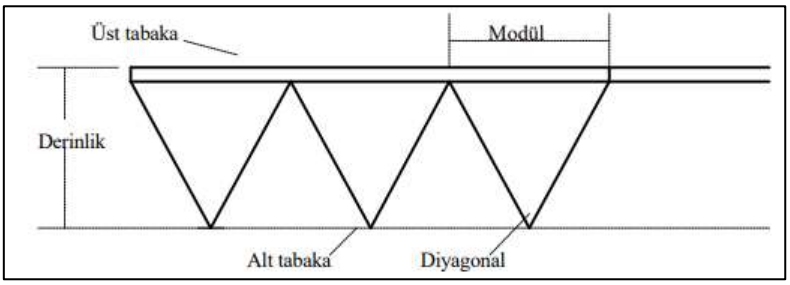


Şekil 2.16: Düzlem yüzeyli ve eğri yüzeyli uzay kafes sistem örnekleri (https://web.deu.edu.tr/fmd/s16/16-03.pdf)

Uzay kafes sistemlerle yapısal zorlamalara gidilmeksizin geniş açıklıklı yapılar kolay, hafif ve ekonomik olarak örtülebilmektedir. Bu sistemler ile 100 metreyi aşan geniş açıklıklar ekonomik olarak geçilebilmektedir (Bayülgen, 1988). (Bayülgen, C. (1988) Çağdaş Strüktür Sistemleri. Yıldız Teknik Üniversitesi Basım – Yayın)

Uzay kafes sistemler iki grupta sınıflandırılabilirler:

• Düzlem yüzeyli uzay kafes sistemler: Çubuk ve düğüm noktaları iki düz yüzeysel ızgaranın arasında yer alır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17: Düzlem yüzeyli uzay kafes sistemin çubuk düzeni (Atalay, 2002)

• Eğri yüzeyli uzay kafes sistemler: Eğri yüzeylerin üzerinde düzenlenmiş düz çubuk ve düğüm noktalarından oluşur. Eğri yüzey üzerindeki çubuklar düğüm noktalarını birleştirir (Türkçü, 2017).

Eğri bir yüzey çizgisel bir ızgara sistemine bölündükten sonra, çizgilerin kesişimlerine düğüm noktaları, düğüm noktaları arasına da çizgiler doğrultusunda düz çubuklar yerleştirilerek eğri yüzeyli uzay kafes sistemler türetilebilir. Eğri yüzeyli uzay kafes sistemler iki başlık altında incelenebilir;

A. Tek Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler

- Örneğin; silindir yüzeyler olan çubuk ağı tonozları

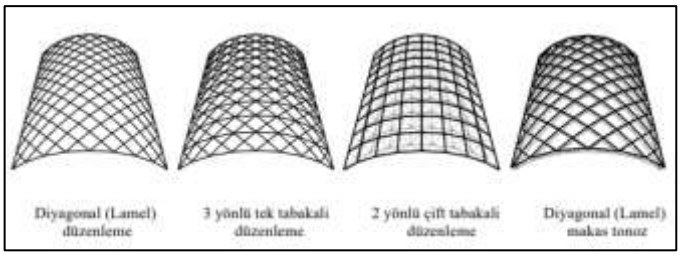
B. Çift Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler

a-Eğrilikleri aynı yönde: Çubuk ağı kubbeleri, jeodezik kubbeler

b-Eğrilikleri ters yönde: Hiperbolik Paraboloitlerdir (Türkçü, 2017).

A. Tek eğrilikli Uzay Kafes Sistemler-Çubuk Ağı Tonozları

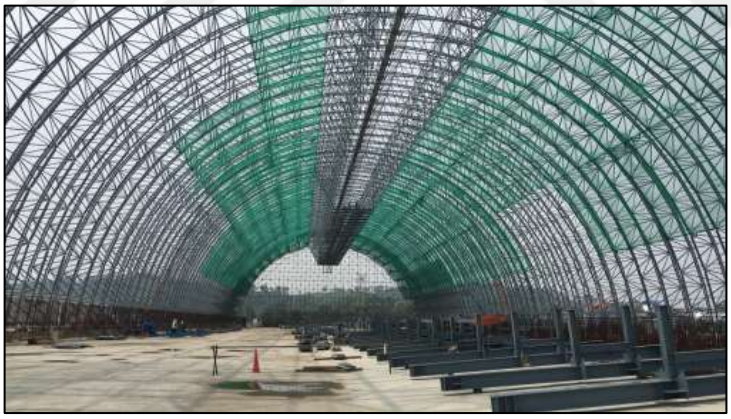
Çubuk ağı tonozları, Gauss eğriliği sıfır olan yani tek eğrilikli olan yüzeylerdir. Tek eğriliğe sahip olmalarından dolayı basit ve kolay geometrik çözümlere sahiptirler. Tek eğrilikli uzay kafes sistemlerin eğri geometrileri daire, parabol veya elips yayından türetilebilir ve bu geometrilere göre isimlendirilebilirler (Şekil 2.18).



Şekil 2.18: Tek eğrilikli uzay kafes sistemlerin düzenlenmeleri (http://www.surrey.ac.uk)

Çift eğrilikli sistemlere göre statik dirençleri daha azdır. Tek tabakalı ve eğrilikli bu sistemlerde üçgen ağlar bile stabilite sorunu yaşayabilirler. Bu nedenle üçgen ağlarda mesnet sayıları oldukça fazla olmalıdır. Dörtgen ağlarda stabilite sorunu yaşamamak için rijit birleşimler yapılmalı veya kablo gibi elemanlarla takviyeler yapılmalıdır.

Tek eğrilikli uzay kafes sistemler tek veya çift tabakalı olarak üretilebilirler (Şekil 2.19). Ancak 20 metreyi aşan açıklıklarda çift tabakalı olarak üretilmeleri daha doğru olmaktadır.



Şekil 2.19: Brunei gübre depolama tesisi (https://uskon.com/tr/referanslar/brunei-fertilizer-industries/)

B. Çift Eğrilikli Uzay Kafes Sistemler

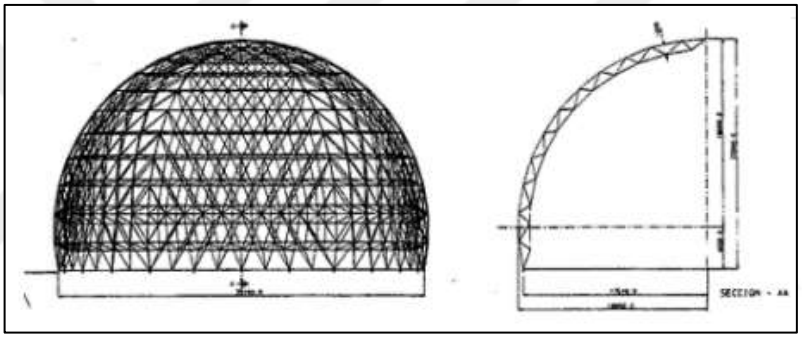
Çift eğrilikli uzay kafes sistemler, yüzeyleri oluşturan asal eğriliklerin birbirleriyle aynı yönde veya ters yönde olmaları sonucunda oluşan eş eğrilikli veya ters eğrilikli yüzeylerden oluşan sistemlerdir. Çift eğrilikli uzay kafes sistemlerde kullanılan

eğrilikleri aynı yönde olan geometriler küre, paraboloid ve elipsoid kesitleri, eğrilikleri ters yönde olan geometriler ise hiperbolik paraboloidlerdir (Atalay, 2002).

a) Eğrilikleri aynı yönde olan uzay kafes sistemler (Çubuk Ağları-Kubbeleri)

Eğrilikleri aynı yönde olan uzay kafes sistemler üretilirken genellikle küre kesit yüzeylerinden yararlanılmaktadır. Yaygın olarak küre kesit yüzeylerinin tercih edilmesinin nedeni, en büyük alanların en küçük yüzeyle örtülebilmesindendir (Türkçü, 2017).

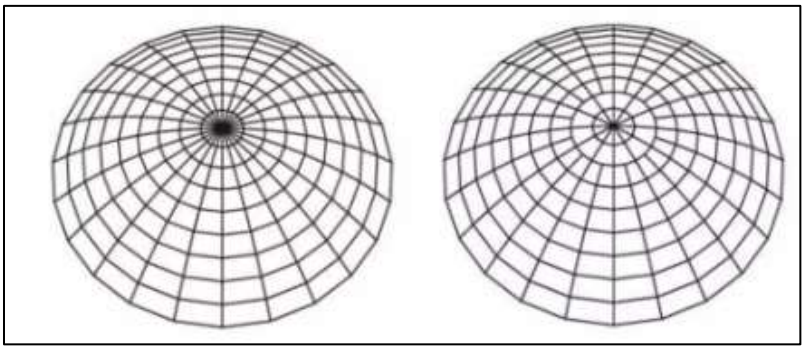
Eş eğrilikli olan bu sistemler, tek tabakalı ve çift tabakalı olarak da uygulanabilmektedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20: Çift tabakalı olarak üretilmiş çubuk ağı kubbe (Chilton, 2000, s.105)

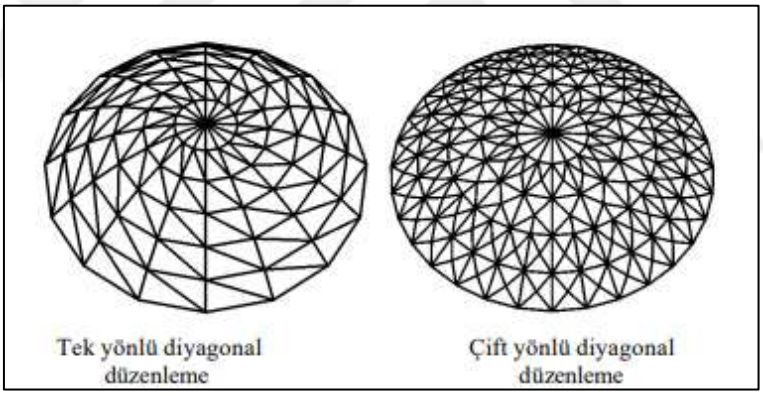
Eş eğrilikli olan uzay kafes sistemler, çubuk düzenlemelerine göre çeşitli şekillerde tek tabakalı çubuk ağı kubbeleri olarak üretilebilmektedirler. Bu kubbelere Kaburgalı kubbeler, Schwedler kubbesi, Lamel Kubbe, Jeodezik Kubbe, Zimmermann Kubbesi, Çerçeve Kubbeleri örnek olarak verilebilmektedir.

- Kaburgalı Kubbeler, kubbenin tepesinden aşağıya doğru devam eden kaburga elemanlardan ve yatay halka elemanlarından oluşan kubbelerdir (Şekil 2.21).



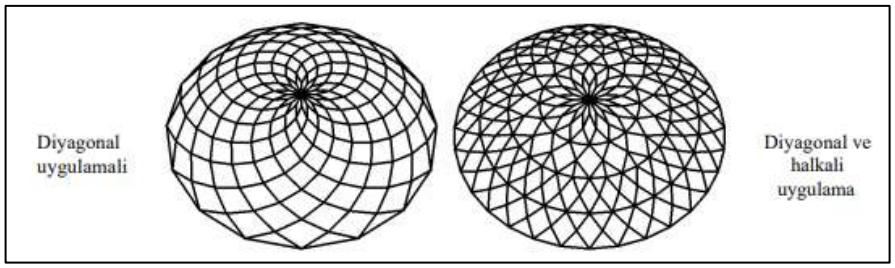
Şekil 2.21: Kaburgalı kubbe (https://www.slideshare.net/sajjadbayrami/uzay-kafes-yap-sistemleri)

- Schwedler Kubbesi, kubbenin tepe noktasından en alt tabakadaki halkaya doğru devam eden kaburga ve yatay halka elemanlar ile bu elemanların birbirleri ile kesişmesini sağlayan diyagonal elemanlardan oluşan kubbelerdir (Şekil 2.22).



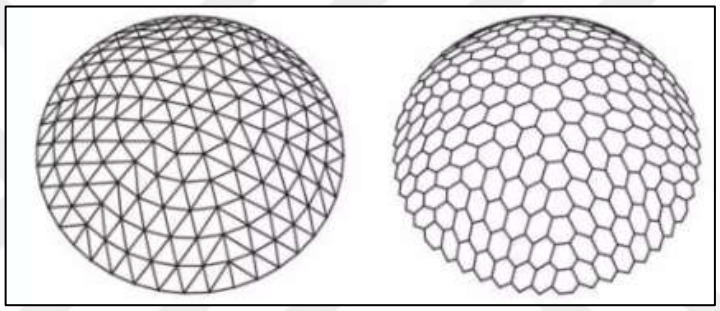
Şekil 2.22: Schwedler kubbesi (https://www.slideshare.net/sajjadbayrami/uzay-kafes-yap-sistemleri)

- Lamel Kubbe: Kubbenin tepesinden ekvatoruna doğru saat yönünde ve saat yönünün tersi yönünde yerleştirilmiş olan diyagonal elemanlardan oluşan kubbelerdir (Şekil 2.23). Bu kubbelerde yatay halkalar isteğe göre kullanılabilir veya kullanılmayabilir. Ancak kaburga elemanları kullanılmamaktadır (Bayramı, 2014)



Şekil 2.23: Lamel kubbe uygulaması (https://www.slideshare.net/sajjadbayrami/uzay-kafes-yap-sistemleri)

- Diyametik kubbeler: Uç noktaları etrafında radyal olarak tekrarlanan dilimlerden oluşan kubbelerdir (Bayramı, 2014), (Şekil 2.24).



Şekil 2.24: Diyametik kubbe uygulamaları (https://www.slideshare.net/sajjadbayrami/uzay-kafes-yap-sistemleri)

- Jeodezik Kubbe: Bu kubbenin yapısı diğerlerinden oldukça farklıdır. Jeodezik kubbeler, ilk olarak Buckminister Fuller tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Küre yüzeyini oluşturan en kısa yay jeodezik yay olarak tanımlanır. Jeodezik kubbe, küre yüzeyinin jeodezik yaylara bölünmesiyle elde edilen çubuk ağlarından oluşan kubbeleridir (Şekil 2.25). Jeodezik kubbeleri oluşturan yayları içine alan bir düzlem kürenin merkezinden geçer.

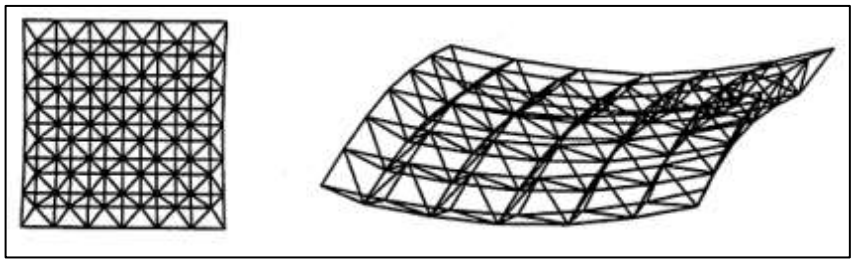
Jeodezik kubbelerde düz çubuklar kullanılmakta ve düğüm noktaları mafsallı olmaktadır. Jeodezik kubbelerde yalnızca üçgenlere bölünmüş geometriler stabiliteyi sağlayabilmektedir. Yani; jeodezik kubbelerde küre yüzeyi, jeodezik yaylar kullanılarak en az sayıda düğüm noktasına sahip olacak şekilde üç yönlü bir ağa bölünmektedir (Türkçü, 2017).



Şekil 2.25: Çift tabakalı jeodezik çubuk ağı-Biyosfer Montreal (https://www.arkitektuel.com/biyosfer-montreal/)

b) Eğrilikleri ters yönde olan uzay kafes sistemler

Çift eğrilikli ve eğrilikleri birbirine ters yönde olan hiperbolik paraboloid yüzeyli uzay kafes sistemler, semer yüzeyleri olarak da adlandırılmaktadır. Birbirine ters yönde olan parabol yaylarından oluşurlar. Bu yüzeyler elde edilirken düzlem yüzeyli bir uzay kafesin üst tabaka çubukları bir yönde kısalırken, öteki yönde ise alt tabaka çubukları kısalır (Atalay, 2002), (Şekil 2.26).



Şekil 2.26: Hiperbolik-paraboloid yüzeyli uzay kafes sistem (Chilton.2000 s.56)

Uzay Kafes sistemin avantajları; uzay kafes sistemler, geniş açıklıklı yapı tasarımında büyük avantajlar sağlamaktadır. Uzay kafes sistemler üç boyutlu hafif sistemler olduğu için geniş açıklıkları kolaylıkla geçebilme özelliğine sahiptir. Ayrıca hafif sistemler olmasından dolayı düşey taşıyıcılara daha az yük binmesini sağlar. Arada düşey taşıyıcılar olmadan geniş açıklıklar geçilebildiği için yapıların fonksiyonlarının gerçekleşmesini sağlar ve mekân kullanım alanını artırır. Benzer

elemanların tekrar etmesi nedeniyle imalât ve montaj yönünden büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İmalat ve montaj süresi kısa olduğu için ekonomiklikte sağlamaktadır. Uzay kafes sistemler ile çeşitli geometrik formlar elde edilebilir. Uzay kafes sistemler sahip olduğu boşluklu yapısı sayesinde tesisat vb. gibi mekanik sistemler yönünden de rahatlık sağlamaktadır. Uzay kafes sistemlerin kaplama malzemesi olarak çeşitli malzemeler kullanılabilmektedir (Yücel, 2012).

2.6.3 Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler

Yüzeysel taşıyıcı sistemlerde, sisteme etki eden yükler iki veya üç yönde aktarılır. Yüzeysel taşıyıcı sistemlerin kalınlıkları iki boyutuna oranla çok daha küçüktür. İki yönde yük aktarımında düzlem yüzeysel elemanlar, üç yöndeki yük aktarımında ise uzaysal taşıyıcı sistemlerden bahsedilebilir. Plaklar-perdeler ve katlanmış plaklar düzlem yüzeysel sistemler, kabuk, asma ve pnömatik sistemler ise eğri yüzeyli taşıyıcı sistemlerdir (Türkçü, 2017).

Yüzeysel taşıyıcı sistemler eğri veya katlanmış yüzeylerden oluşan geometrik formlara sahiptirler. Katlanma ve eğrilik yüzeysel taşıyıcı sistemlerin direncini artırdığı için düzlemsel elemanlara göre taşıma güçleri daha fazladır (Türkçü,2017).

Yüzeysel taşıyıcı sistemlerde taşıyıcı elemanlar ile örtücü elemanlar birbirinden ayrılmazlar. Bu sistemde tüm elemanlar yapısal ve işlevsel olarak bütünleşmiştir (Türkçü, 2017).

Yapıların ihtiyaçlarına uygun olarak yüzeysel taşıyıcı sistemler ahşap, çelik, betonarme, plastik vb. malzemeler ile elde edilebilir.

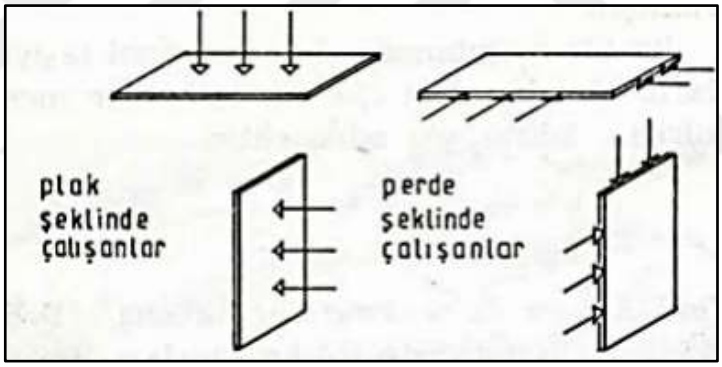
Yüzeysel taşıyıcı sistemler geometrik formları nedeniyle yapım aşamasında kalıpların hazırlanması ve sökülmesinde bazı zorluklar çıkarabilirler. Yüzeylerin eğrilikli olması kalıp hazırlanmasında işçiliği arttırır. Bu nedenle işçilik ve kalıp açısından maliyetli olabilmektedir (Bayülgen, 1988).

2.6.3.1 Düzlem Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler

Düzlem yüzeysel elemanlar olan plaklar ve perdeler, iki doğrultuda yük aktarımını sağlarlar. Plaklar ve perdeler çeşitli biçimlerde bir araya gelerek katlanmış plakların oluşmasını sağlarlar (Bahadır, 1997).

2.6.3.1.1 Plaklar-Perdeler

Plaklar ve perdeler, kalınlıklarına oranla iki boyutları çok daha büyük olan düzlem yüzeyli taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 2.27). Düşey taşıyıcı elemanların üzerine veya kirişler arasına yerleştirilen yatay taşıyıcı elemanlara plak denir. Plaklarda statik boyutlandırmayı belirleyici gerilme türü eğilmedir. Plağın serbest açıklığı artıkça kalınlığı da açıklığa oranla artar. Bu nedenle geniş açıklıklarda kalın bir plak kullanımı ekonomik olmaktan çıkabilmektedir. Perdeler ise kirişler veya kat döşemeleri arasında düşey olarak konumlanan elemanlardır (Bahadır,1997).

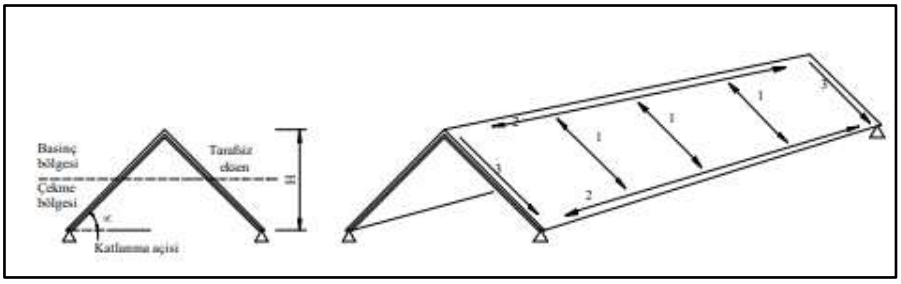


Şekil 2.27: Plak ve perde (Prefabrik yapılar, Cahit Gürer, ders notları, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü)

2.6.3.1.2 Katlanmış Plaklar

Katlanmış plaklar; plakların açı oluşturacak şekilde birleşmesiyle elde edilen uzaysal taşıyıcı sistemlerdir. Sisteme etki eden yükler üç doğrultuda aktarılmaktadır (Şekil 2.28).

Katlanmış plaklarda katlanma sayısı artıkça plakların kalınlığı azalır. Katlanmış plaklar, katlanma sayesinde düzlem plaklara oranla malzeme kullanımı bakımından daha etkin sistemlerdir.



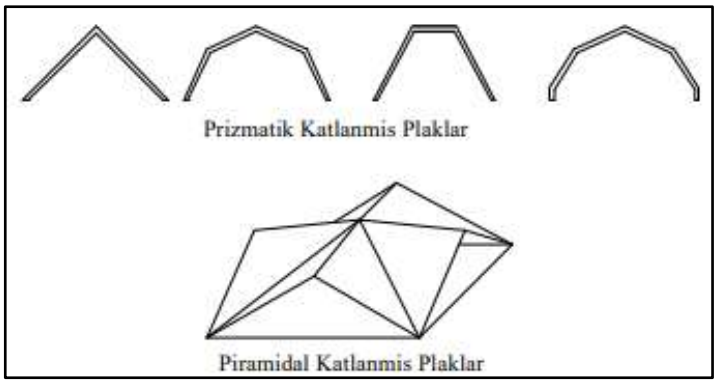
Şekil 2.28: Katlanmış plak ve yüklerin iletimi (Atalay, 2002)

Katlanmış plaklarda monolitik birleşime uygun olan malzemeler tercih edilir. Günümüzde en çok tercih edilen malzemeler beton, çelik, fiber donatılı beton, fiber takviyeli polyester, karbon fiber vb. sayılabilir (Şekil 2.29).



Şekil 2.29: Betonarme katlanmış plak örneği-Kral Faysal Cami (https://www.gzt.com/mecra/selimiye-camiinin-uzaklardaki-esi-2911894)

Katlanmış plaklar; prizmatik (üçgen ve çokgen enkesitli ve Z-biçimli prizmatik plaklar), piramidal, üçgensel ve çerçeve biçimli olarak sınıflandırılabilirler. (Şekil 2.30).



Şekil 2.30: Katlanmış plak en kesitleri (Atalay, 2002)

Katlanmış plakların boyutlandırılmasını ve taşıma gücünü; katlanma sayısı, katlanma açısı, katlanmış plak yüksekliği, plak kalınlığı, katlanmış plak genişliği ve malzeme kalitesi etkiler (Türkçü, 2017).

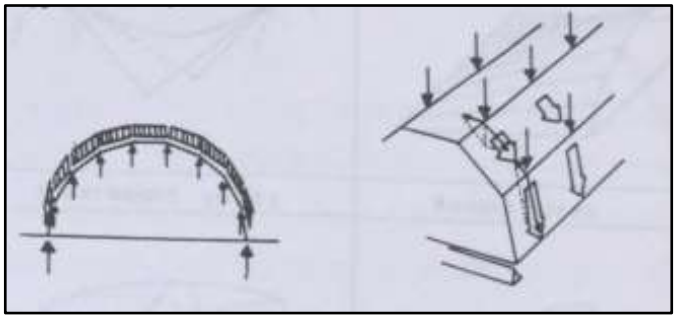
Katlanmış plakların avantajları olarak sayılabilecek özellikler; hafif sistemlerdir. Geniş açıklıkların geçilmesini sağlayan sistemlerdendir. Katlanmalar sayesinde plak kalınlığı azalmaktadır. Böylece inşaat maliyetlerinde azalma sağlarlar. Katlanmalar sayesinde oluşan geometrik biçimler yapıda estetik bir tasarımın elde edilmesini sağlar. Dezavantajları olarak sayılabilecek özellikler ise kalıp yapımının zorluğudur. Buna bağlı olarak yapım aşamasında denetim ve vasıflı işgücü gerektirir.

2.6.3.2 Eğrilikli Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler

2.6.3.2.1 Kabuk Sistemler

"İki boyutu kalınlığından çok büyük olan, taşıma ve örtme işlemini aynı anda gören, dış kuvvetlere karşı kabuğun orta çizgisine teğet eksenel kuvvetlerle direnen tek veya çift eğrilikli hacimsel taşıyıcı sistemlerdir." (Türkçü,2017, s.108).

Kabuk sistemler üzerlerine etki eden yükleri üç yönde dağıtan yüzeysel taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31: Kabuklarda yük dağılımı ve yükün zemine iletilmesi (Bahadır, 1997)

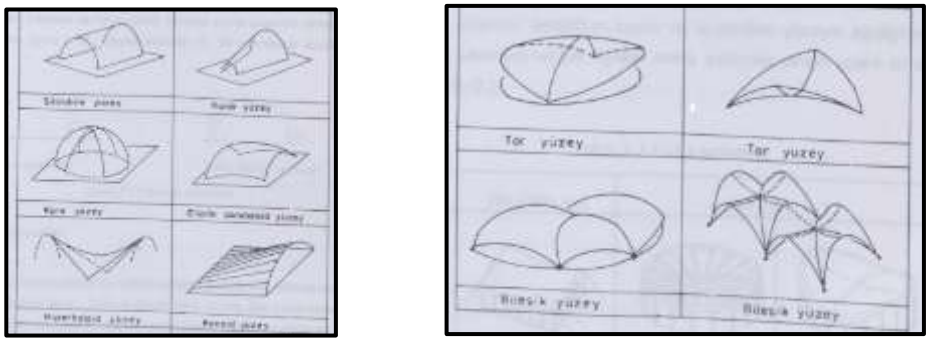
Kabuk sistemlerin bazı koşulları sağlaması gerekmektedir. Bunlar;

- **Eğrilik:** Kabuk sistemler eğri yüzeylerden oluşurlar. Kabuklar eğriliklerine göre tek veya çift eğrilikli olarak sınıflandırılabilirler.

- **Sertlik / Rijitlik:** Kabuklar sert ve homojen malzemelerden üretilirler. Böylelikle basınca ve çekmeye karşı koyabilecek elemanlardan oluşurlar. Kabuk sistemler eğilmeye karşı dayanıklıdırlar.

- **İncelik:** Kabuk kalınlıkları geçilen açıklıkla karşılaştırıldığında son derece azdır. Kabuk sistemin kalınlığı, plaklardan daha ince, membranlardan ise kıyaslanmayacak kadar kalındır (Türkçü,2017).

Kabuk sistemler eğri yüzeyler olarak üretilirler. En çok uygulanan kabuklar; silindir kabuklar, dönel kabuklar, konoit kabuklar, eğri kenarlı hiperbolik paraboloitler, düz kenarlı hiperbolik paraboloitler ve serbest biçimli kabuklardır (Şekil 2.32).



Şekil 2.32: Kabuk sistem geometrileri (Bahadır, 1997)

Kabuk sistemlerde kullanılan malzemeler homojen ve rijit olmalıdır. Günümüzde kabuk yapımında kullanılan malzemeler arasında betonarme, metal saçlar, ahşap levhalar, takviyeli plastik malzemeler sayılabilir (Türkçü, 2017), (Şekil 2.33).

Kabuk Sistemlerin Avantajları; Kabuk sistemler geniş açıklıkları ince yüzeysel bir taşıyıcı sistem olarak geçebilmektedirler. İncelik özelliği sayesinde hafif sistemlerdir. Hafif olmaları nedeniyle temel ve destek sistemlerinden tasarruf edilerek yapıdaki ölü yükler azaltılabilir. Eğrilik özellikleri ile özgün tasarımların ortaya çıkmasını sağlarlar. Dezavantajları ise; eğrilikleri nedeniyle yapım aşamasında kalıp sorunları ortaya çıkmaktadır. İnşaat aşamasında nitelikli işgücü ve denetim gerektirir.



Şekil 2.33: Betonarme kabuk sistem yapı örnekleri (Kabuk Sistemler, avys.omu.edu.tr)

2.6.3.2.2 Pnömatik Sistemler

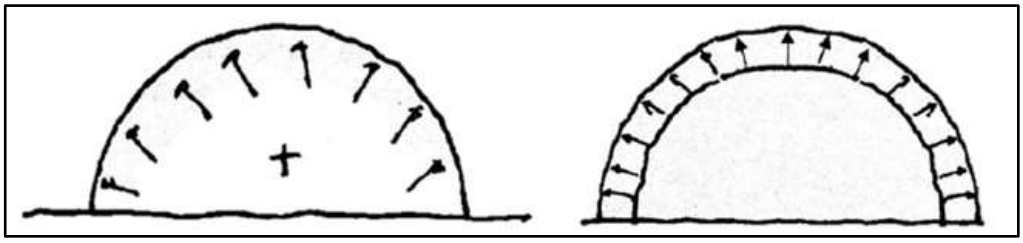
Membran malzemelere kapalı bir alan oluşturacak biçim verildikten sonra hava veya çeşitli gazlar ile doldurulup basınç farkı etkisi yaratılarak taşınmasının sağlandığı sistemlere pnömatik sistemler denir (Şekil 2.34). Örtme ve taşıma işlerini beraber gerçekleştiren kapalı membran yüzeylerden oluşurlar. (Atalay, 2002)

Kapalı bir alan içerisinde oluşturulan basınç farkı ile membran örtüye ön-gerilme verilerek sistemin taşıyıcılığı sağlanır. (Türkçü,2017)



Şekil 2.34: Pnömatik sistem örnekleri (https://insapedia.com/membran-sistemler-ve-cesitleri/)

Pnömatik sistemlerde membran gerilme durumu, iç ve dış hacim arasındaki basıncın fazlası veya eksikliği oluşturularak sağlanır. Kapalı bir hacim basınç fazlası bir durumun oluşması için hava veya çeşitli gazlar ile doldurulur. Kapalı bir hacim içinden gaz boşaltıldığında ise, dışarıdaki hava basıncından dolayı yüzey içeriye doğru girer. Mimarlık ve mühendislik uygulamalarında pnömatik sistemlerde basınç fazlası durumun daha çok tercih edildiği görülmektedir. Basınç fazlası durumun elde edilebilmesi için bir veya iki cidarlı membranlar hava veya çeşitli gazlar ile doldurulur (Şekil 2.35). Pnömatik sistemlerdeki basınç seviyesi, ihtiyaç duyulan alanın büyüklüğüne, yüksekliğine ve rüzgârın şiddetine göre artıp azalabilmektedir (Türkçü, 1997).



Şekil 2.35: Tek ve çift tabakalı pnömatik sistem (https://insapedia.com/membran-sistemler-ve-cesitleri/)

Pnömatik sistemler, membran, membranı taşıyan hava veya gaz, zemin bağlantıları ve yapının giriş-çıkış bölümleri olmak üzere dört elemandan oluşur. Genellikle membran olarak PVC, cam elyaflı dokumalar, polietilen vb. gibi malzemeler tercih edilebilir (Dent,1971).

Pnömatik sistemler farklı şekillerde gruplandırılabilirler. Gruplandırma kriterleri olarak basınç düzeyi, tabaka sayısı ve geometrik biçim gibi veriler alınmaktadır.

- Basınç Düzeyine Göre: Alçak veya yüksek basınçlı sistemler
- Tabaka (cidar) sayısına göre: Tek veya iki cidarlı sistemler
- Basınç farkının sağlanma türüne göre: Basınç farkını şişirme yoluyla sağlama (basınç fazlalığı), basınç farkını emme/ boşaltma yoluyla sağlama (basınç azlığı)
- Geometrik biçime göre: Tek boyutlu (hortum) pnömatik sistemler, yüzeysel (yastık) pnömatik sistemler, hacimsel pnömatik sistemler: silindir, küre, veya benzer tek veya çift eğrilikli geometriler
- Taşıyıcı Sistem ilkelerine gör: Hava destekli pnömatik sistemler, hava ile şişirilen pnömatik sistemler, şişirilmiş hortum (kaburgalı) sistemler (Türkçü, 2017).

Pnömatik sistemlerin en belirgin özelliği; geniş açıklıkları kolon gerektirmeden örtebilmesi ve çok büyük ferah alanların oluşmasını sağlamasıdır. Hafif taşıyıcı sistemlerdir. Diğer sistemlere oranla çok daha hafif olan bu sistemler günümüzde 500 metre eninde ve birkaç km. boyunda yapı elde etme olanağı sağlarlar. Yapım aşamasında hızlı montaj ve sökme kolaylığına sahiptirler. Söndüğünde ise taşınması kolaydır. Pnömatik sistemler, geleneksel sistemlere göre yüzde elli oranında daha fazla ekonomiklik sağlarlar.

Bu sistemlerin olumsuz yanları olarak kolayca delinme ve sönme, çabuk bozulma ve uzun yıllar dayanmama gibi özelliklerinden bahsedilebilir. Ayrıca zarftaki aşırı basıncın sürekli olarak korunması gerekir. Basıncı korumak için fanın sürekli olarak çalışması gerekir. Bu sistemlerde yalıtım ise sert duvarlı yapılara göre daha zayıftır (Parlak, 1998).

2.6.4 Kablo Sistemler

Kablo sistemler, yapıya gelen yüklerin düğüm noktaları arasına gerilmiş kablo veya halatlar tarafından taşındığı taşıyıcı sistemlerdir. Yapının ana taşıyıcı elemanları olan kablolar sadece çekme gerilmesinin etkisi altındadır (Türkçü, 2017).

"Çok sayıda kablonun çeşitli geometrilerde bir araya getirilip, düğüm noktalarıyla birleştirilerek tek ve çift eğrilikli ayrık yüzeyler oluşturduğu ve sadece çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlere **kablo sistemler** denir." (Türkçü, 2017 s. 202), (Şekil 2.36).



Şekil 2.36: Kablo sistem köprü örneği (https://www.sanalsantiye.com/kopru-turleri-ve-uygulamalari/)

Kablo sistemlerin en önemli özelliği hafif sistem olmalarıdır. Bununla birlikte kablo sistemlerde kullanılan örtü elemanları da hafif olduğundan tüm yapıdaki ölü yük azalmakta bu durumda temellerin küçülmesini sağlamaktadır. Kablolarda burkulma problemi olmadığı için çok geniş açıklıklar kolaylıkla geçilebilmektedir. Böylece ihtiyaç duyulan büyüklükte alanlar, aralarda düşey taşıyıcılar olmadan geçilebilmektedir (Türkçü, 2017).

Genellikle çelikten üretilen kablolar esnek ve çekme kuvvetlerini alan elemanlar olarak tanımlanırlar. Kabloların biçimi, dış etkiler ve iç kuvvetler tarafından belirlenir (Türkçü, 2017).

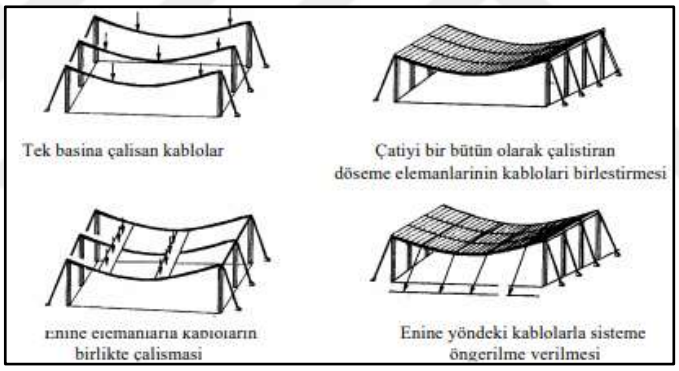
Kabloların taşıma gücü geleneksel çelik malzemeden 5-10 kat daha fazladır. Kablo sistemler geleneksel çelik sistemden 10 kat, dolu gövdeli iskelet sistemden ise 100-150 kat daha hafif sistemlerdir. Ayrıca bu sistemlerde yapım aşamasında kalıp ve iskele çoğunlukla kullanılmamaktadır. Kalıp ve iskele giderleri de olmadığı için ekonomik sistemler olarak görülürler (Bayülgen, 1988).

Kablo sistemlerde kullanılan kabloların basınç dayanımlarının çok az olması ve bu sistemlerin de hafif olması nedeniyle sisteme etki edecek kuvvetlere karşı kolaylıkla deformasyona uğramaları, çelik kabloların paslanma gibi kimyasal nedenlerle

aşınması ve tüm yapım aşamasında uzman bir yaklaşım ve denetim gerektirmesi bu sistemlerin olumsuz yönleri olarak düşünülebilir. Kablo sistemler 40 metreden az açıklıklarda ekonomik olmamalarına karşın, açıklıklar arttıkça ekonomik olma durumları da doğru oranda artmaktadır. Bu sistemlerin ekonomik olma durumları 300 metreye kadar devam etmektedir (Bayülgen, 1988).

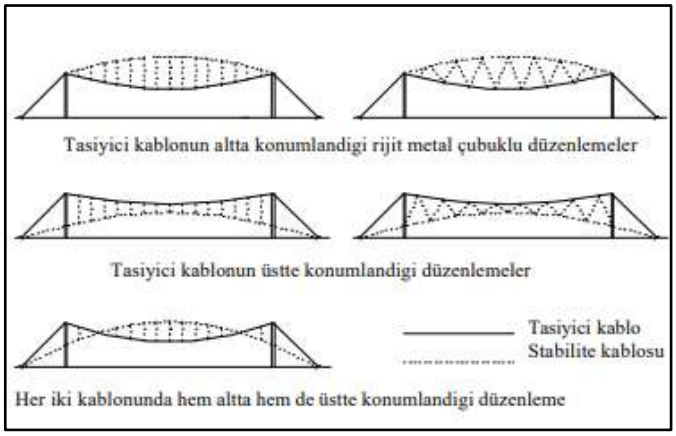
Kablo sistemler, yüzey eğriliklerine ve kablo sayılarına göre tek kablo sistemler, çift kablo sistemler, kablo ağ sistemleri olarak incelenebilirler.

Tek kablo sistemler: Ankraj elemanları arasına gerilmiş çekme elemanlarının tek tabakalı olarak düzenlenmesiyle oluşan sistemlerdir (Şekil 2.37). Tek eğrilikli silindirik yüzeyler oluştururlar. Kabloların kararlılığının sağlanabilmesi için çatının ağır olması gerekmektedir. Sistemin stabilitesini sağlamak için kablolara ön-gerilme verilir (Türkçü, 2017).



Şekil 2.37: Tek kablo sistemlerde statik çalışma (Atalay, 2002)

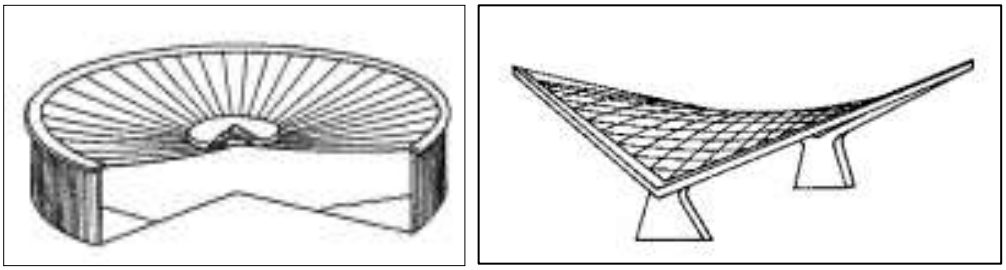
Çift kablo sistemler: Çift kablo sistemler, tek düzlemde yer alan ve birbirlerine göre ters eğrilikli iki kablodan meydana gelirler. Bu sistemler yan yana gelerek geniş alanları örtebilirler. Taşıyıcı ve stabilite kablosu olmak üzere iki çeşit kablodan oluşurlar. Sarkan kablolar, taşıyıcı kablolardır. Yüklerin taşınmasını sağlarlar. Stabilite kabloları ise duran bir konumda yer alır. Yani kemer gibi bir biçimde sistemde yer alır. Taşıyıcı kablolara ön-gerilme verilmesini sağlarlar. Sistem geometrisi tonoz yüzeylerden oluşur. Bu sistemler tek kablo sistemlerdeki gibi ağır çatı kaplaması gerektirmez (Şekil 2.38).



Şekil 2.38: Çift kablo sistemlerin düzenlenme olasılıkları (Atalay, 2002)

Stabilite kablosunun yukarıda taşıyıcı kablonun ise aşağıda yer aldığı durumda, kablolar arasındaki elemanlarda basınç gerilmesi oluşur. Bu durumunun tersi olduğunda ise ara elemanlarda çekme gerilmesi görülür (Türkçü, 2017).

Kablo ağ sistemleri: Kabloların belirli bir yüzey üzerinde ağ oluşturması ile oluşan sistemlerdir. Tek veya çift eğrilikli olarak üretilebilirler. Kablo ağlarının stabilitesi düzlem içinde yer alan kablolara verilen ön-gerilme ile sağlanır. Kablo ağları, iki veya üç yönlü kablolarla oluşturulur (Şekil 2.39).



Eş eğrilikli uzay ağ Ters eğrilikli uzay ağ

Şekil 2.39: Kablo ağ sistemleri (Rühle, 1970, s.18-19)

Kablo ağ sistemleri sadece düzlem üzerindeki çekme kuvvetlerine karşı dirençlidir. Sisteme dik gelen yükleri karşıladıklarında sarkarlar. Bu durum kablo ağ yüzeylerin bozulmasına sebep olur (Türkçü, 2017).

Kablo Sistemlerin Yapım Elemanları

Kablo sistemlerin yapım elemanları şunlardır:

Kablolar: Çekmeye çalışan elemanlardır. Sisteme gelen ana yüklerin taşınmasını sağlarlar.

Düğüm noktaları: Sistem içinde birbirleri ile kesişen kabloların bağlanmasını sağlayan elemanlardır

Asılma noktaları: Kabloların çekme kuvvetlerinin yardımcı elemanlara aktarılmasını sağlayan noktalardır. Bu noktalarda mesnet bağlantıları bulunur ve düğüm noktası özelliğindedir. Sadece yük aktarma görevi yaptığı için düğüm noktalarından daha büyük boyutlarda üretilirler.

Kabloların bitişleri: Kablo uçlarının asılmasını veya başka bir kabloya bağlanmasını sağlayabilmek için kabloların bitişleri özel olarak tasarlanırlar. Bu bitişler bulonlu veya sarmal bir elemanla, manşonlu, yüksüklü, ankraj halkalı bir biçimde hazırlanabilir.

Ağ gözleri: Kablo ağlarının oluşturduğu her bir göze verilen addır. Bu gözler, üçgen, dörtgen veya altıgen olabilirler.

Kenar elemanları: Kabloların kenarlarda gerilmesini sağlayan elemanlardır.

Destek elemanları: Kablo sistemin gerilmesini sağlayan elemanlardır.

Ankrajlar: Kablo sistemin zemine sabitlenmesini sağlayan elemanlardır.

Kablo sistemlerde kullanılan kablolar yapının ana taşıyıcı elemanlarından biri olduğu için paslanmaya karşı korunmasına önem verilmelidir. Bunun için galvanizasyon, boyama, kaplama ve örtme gibi işlemler yapılabilir (Türkçü, 2017).

Kablo sistemlerin avantajları, hafifliklerinden, kabloların dayanıklılıklarından, kabloların esnek ve bükülebilir olması ve eğilme rijitliği göstermemesinden ve buna bağlı olarak da malzeme dayanımının olabildiğince ince yapılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Dezavantajları ise tüm yapım aşamasında uzman bir yaklaşımı gerektirmesi denilebilir. Çünkü her noktanın özel olarak ele alınması gerekmektedir. Montaj aşaması da geleneksel sistemlerden çok farklıdır (Türkçü,2017).

2.6.4.1 Membran Sistemler

Membran; malzemesi esnek olan, eğilme rijitliği göstermeyen, taşıma ve örtme işlemlerini aynı anda gören ve çekmeye çalışan yüzeysel taşıyıcı bir öğedir.

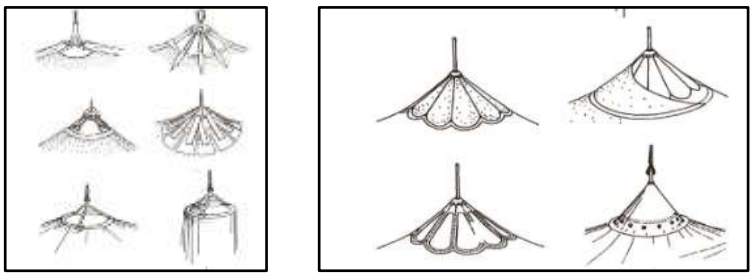
Membranların kablolardan tek farkı iki boyutlu olmalarıdır. Taşıyıcı sistemler içinde statik olarak aynı yüklerin ve kuvvetlerin etkisi altındadırlar (Türkçü, 2017).

Membranlar, çekme kuvvetlerinin etkisi altında deforme olmayacak ve sistemin gerektirdiği kadar ince olacak bir biçimde üretilerek strüktürel sistemlerin içinde yer alabilmektedirler. Membranların yardımcı elemanlarının ölü yüklerinin az olması ve hafif olmaları nedeniyle çeşitli iç ve dış etkilerden dolayı bozulmaya uğrarlar. Bu nedenle uzun yıllar geniş açıklıklarda kullanımı tercih edilmemiştir. Günümüzde ise membranların daha kaliteli malzemelerden üretilmesi, model statiği, foto elastisite, fotogrametri gibi sistemlerin kararlı bir duruma getirilmesini sağlayan yöntemlerin gelişmesi bu sistemlerin geniş açıklıklarda kullanımını uygun(yaygın) bir duruma getirmiştir.

Membran sistemlerde kullanılan malzemeler, çeşitli koşullara karşı dayanıklı olmalıdır. Membran üretiminde kullanılan malzemeler 3 gruba ayrılabilir;

- Homojen Membranlar
- Örgü (Dokuma) Membranlar
- Homojen / Örgü Membranların Kombinasyonu

Membranlar ile kablolar birlikte kullanıldıklarında bağlantı yerlerindeki yırtılmaların olmaması için önlemler alınmalıdır. Membranların asılma yerlerinde, kablolar membranın çekme kuvvetini aşarak yırtılmasına sebep olabilir. Bu nedenle kablo ile membranın birleştiği yerlerde kuvvetleri dağıtabilmek için membran, metal halkalarla, membrana birleştirilen kablolarla veya takviye şeritleriyle vb. desteklenebilir (Türkçü, 2017), (Şekil 2.40).

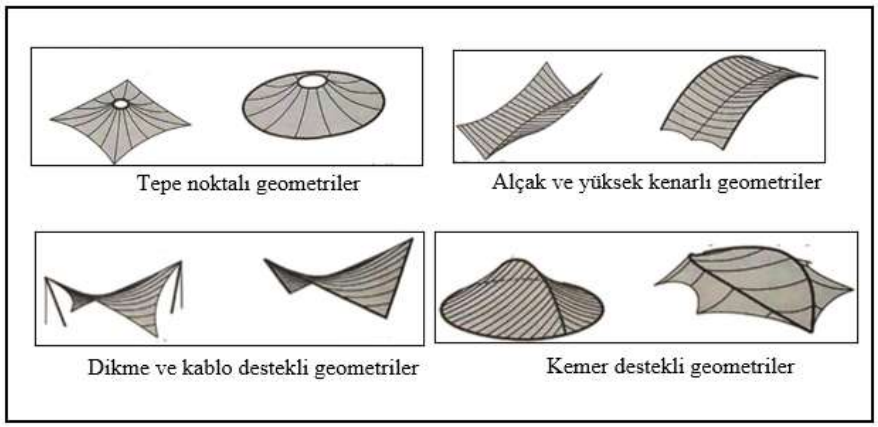


Şekil 2.40: Membran sistemlerde asılma noktalarının pekiştirilme/ sağlamlaştırılma olasılıkları (Türkçü, 2017)

2.6.4.1.1 Açık Membran (Çadır) Sistemler. Açık membran sistemler, tamamen kapalı yüzeylerden oluşmazlar. Bu taşıyıcı sistemde membrana gerekli geometrik formun verilebilmesi için asılma noktalarında çekme kuvvetini karşılayacak ve membran yüzeyinin ön-gerilmesini sağlayacak destek elemanları gereklidir (Türkçü, 2017).

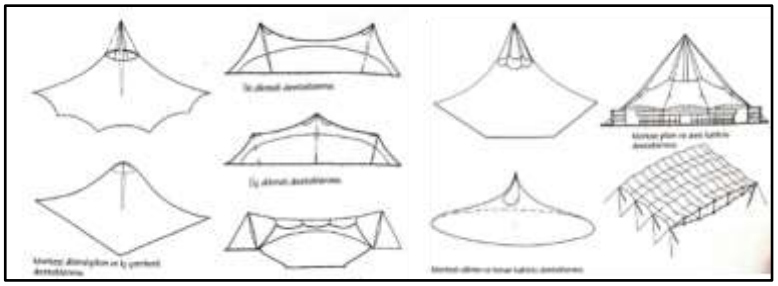
Çadır sistemler genellikle küçük veya orta açıklıklarda tercih edilirler. Geniş açıklıklarda membran, kablo ağları ile desteklenir.

Çadır sistemler ön-gerilmeli membran örneklerindendir. Ön-gerilme nedeniyle bu sistemlere ters eğrilikli geometriler uygun düşer (Şekil 2.41).



Şekil 2.41: Açık membran sistemlerin geometrik olasılıkları (Türkçü, 2017)

Açık membran sistemler, ters eğrilikli yüzeylerden oluşan sistemlerdir. Eğriliğin artması çadır sistemlerin yük taşıma kapasitesini artırır. Sistemde eğriliği az olan yüzeylerden kaçınılmalıdır. Eğriliği az olan yüzeyler dikmeler, kemerler veya kirişler ile desteklenerek, yüzeylerin eğriliğinin artırılması sağlanmalıdır (Şekil 2.42).



Şekil 2.42: Membran Sistemlerin Desteklenme Olasılıkları (Türkçü, 2017)

Membran sistemlerde tüm kablolar ve membran yüzeyler çekme gerilmesiyle etkilenirler. Basınç gerilmeleri ise çadırı geren destek elemanlarında oluşur. Çadırı geren destek elemanları olarak pilonlar, kirişler, kemerler veya bunların kombinasyonları kullanılabilir (Türkçü, 2017).

Açık membran sistemlerin avantajları olarak sayılabilecek özellikler; yıkım sonrasında daha az inşaat kalıntısı bırakırlar. Hafif ve esnek sistemlerdir. Montajları hızlıdır. Dezavantajları olarak sayılabilecek özellikler ise; herhangi bir gerilim kaybı stabilite açısından tehlikelidir. Isıya karşı dirençleri düşüktür ve yalıtımları ise zayıftır.

2.7 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliği

İnsanın en temel ihtiyaçlarından birisi de mekân ihtiyacıdır. Giderek farklı gereksinimlere göre mekânlar üretme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Böylece gereksinimlere uygun mekânların oluşabilmesi için geniş açıklık geçme problemi doğmuştur. Geniş açıklık, yatay taşıyıcı elemanının bağlantı noktaları arasındaki uzaklığı olarak tanımlanabilir (Atalay, 2002).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni malzemeler ile taşıyıcı sistemler ortaya çıkmıştır. Yeni taşıyıcı sistemler, geniş açıklıkların ekonomik ve hafif bir şekilde geçilebilmesini sağlamıştır. Bunun sonucu olarak yapılar, çeşitli geometriler ve malzemelerle inşa edilebilmiştir (Eren, 2014).

Günümüzde sanayi yapıları, kültür merkezleri ve spor salonları gibi yapılar işlevleri gereği çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca bazı yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemler estetik ve strüktürel denge açısından arzulandığı için birlikte kullanılabilmektedir.

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapılarda, geniş açıklık geçen taşıyıcı sistemlerin mekânları kolonsuz bir şekilde geçebilmeleri yapılarda gerekli olan mekân ihtiyacının karşılanmasını sağlamaktadır. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasının yapılara sağladığı avantajlar arasında şunlar sıralanabilir:

- Yapıların fonksiyonel ihtiyaçlarının gerçekleşmesini sağlamaktadır.
- Yapıların formlarının biçimlenmesinde estetik katkı sağlamaktadır.

- Yapıların ekonomik bir şekilde inşa edilmesini sağlamaktadır (Yapıların yapısal gereksinimlerini gerçekleştirerek etkin bir şekilde inşa edilmesini sağlamaktadır.) (Eren, 2014).

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapılar, geniş açıklıklara sahip olan yapılardır. Geniş açıklıkları geçen taşıyıcı sistemlerde ise çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Geniş açıklıkları örten sistemlerde kullanılan malzemeler açıklık üzerinde etkili olmaktadır. Ayrıca kullanılan malzemeler; sistem kesitlerinin kalınlıklarını ve yapı maliyetini etkilemektedir. Bu nedenle geniş açıklığa uygun taşıyıcı sistem ve malzemeler yapı tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır (Bahadır, 1997).

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması yapıda talep edilen işlevlerin yerine getirilmesini sağlar. Bu tür yapılar tasarlanırken seçilen yapı sistemlerinin strüktürel olarak sağlam, ekonomik, estetik ve yapım kolaylığına sahip olmasına da dikkat edilmelidir (Atalay, 2002).

Yapılar kullanım amacına uygun bir biçimde tasarlanırlar. Kullanım amacına uygun bir biçimde tasarlanırken çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelebilmektedir. Çeşitli işlevlerin gerçekleşmesini sağlayan karma sistemli yapılar tasarlanırken; yapının gereksinimleri, taşıyıcı sistemleri ile sistemlerin birbirleriyle olan ilişkileri, dolaşım alanları, kullanılacak malzemeleri ve sisteme gelecek yükleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tür yapılardaki geniş açıklıklar; çubuk sistemler, kablo sistemler, katlanmış plaklar, membran sistemler ve ince kabuk sistemler ile örtülebilirler. Bu tür yapıların küçük açıklıklarının yapımında ise genellikle iskelet sistemler tercih edilmektedir. Kısacası; yapılarda taşıyıcı sistemler çeşitli konfigürasyonlarda bir araya gelebilmektedirler (Eren, 2014, s.81 ("Yapıların Öteki Yüzü", 2022)).

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması bugün yapı gereksinimlerini karşılamaktan daha fazlasını ifade etmektedir. Günümüzde bu tür kompleks yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemlerin geometrileri çeşitli şekillerde üretilebilmektedir. Sistem geometrileri, yapının dış görünümünü ve etkinliğini doğrudan etkileyen faktörlerden birisidir. Farklı geometrik biçimler, dikkat çekici formların oluşmasını sağlarken

yüzey eğriliklerinden veya katlanmalardan dolayı yapı sisteminin taşıma kapasitesini de artırabilmektedir. Taşıyıcı sistemin geometrisini belirleyen ilk etmen ise yapıların fonksiyonlarıdır.

Taşıyıcı sistemin ağırlığı tüm sistemi etkilediğinden, karma sistemli yapılarda seçilen taşıyıcı sistemlerin hafif olması yapıya avantaj sağlayacaktır. Ayrıca bu tür kompleks yapılarda seçilen taşıyıcı sistemler, yapısal olarak birleşim noktaları, yapının işleyişi ve düzeni gibi konularda birlikte çalışmaya uygun olmalıdır (Meistermann, 2022).

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapılar, tek açıklıklı veya çok açıklıklı olabilmektedir. Bu tür yapıların mekân düzenlemesi birbirinden farklılık gösterir fakat ortak özellikleri mekân düzenlemesinde en az sayıda kolon arzu edilmesidir. Bu tür yapıların tasarımında dikkat edilmesi gereken temel kriterler şunlardır:

- Mekânın fonksiyonu ve kullanımı
- Sağlamlık
- Yapım süreci
- Estetiklik
- Ekonomiklik (Eren, 2014)

2.7.1 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliğinin Amaçları

Taşıyıcı sistemler ile fonksiyon arasında doğrudan bir ilişki vardır. Fonksiyon ile taşıyıcı sistemler arasında tam bir iç içelik söz konusudur. Taşıyıcı sistemler çoğunlukla fonksiyonun hizmetinde olmuştur. Taşıyıcı sistemler ile fonksiyonel ihtiyaçlara uygun çözümler bulunmaya çalışılmıştır. Zorunlu durumlarda da fonksiyon, taşıyıcı sistemin sağladığı olanaklarla sınırlı kalmıştır (Doğan Hasol, 2011).

Taşıyıcı sistemler yapılarda belirli bir amacın ve işlevin gerçekleşmesi için inşa edilirler. Yapılarda taşıyıcı sistemin amacı, kullanım amacına uygun olarak bir hacmin örtülebilmesini ve stabilitesini sağlamaktır (Atalay, 2002).

19. yüzyılda endüstrideki gelişmelerle birlikte fonksiyonlar büyük ölçüde değişirken teknolojinin getirdiği imkânlar yeni fonksiyonları gerçekleştirmekte gecikmemiştir. Günümüzde de yapıların fonksiyonel ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için çeşitli taşıyıcı sistemler yapılarda bir araya gelmektedir (Doğan Hasol, 2011)

Geniş açıklıkların geçilmesini gerektiren farklı işlevleri bir arada bulunduran yapılarda birden fazla taşıyıcı sistem birlikte kullanılabilir. Taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması yapıların ihtiyacı olan mekânların inşa edilebilmesini sağlamaktadır. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanılması yapıların fonksiyonlarını yerine getirmesine olanak tanıdığı gibi özgün tasarımların da ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Sonuç olarak, taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanılması, yapının işlevine uygun alanların inşa edilmesini sağlayarak mekân ihtiyaçlarını karşılanmasını sağlamaktadır. Böylelikle fonksiyonel ihtiyaçlara cevap veren tasarımlar elde edilmiş olmaktadır.

2.7.2 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliğinin Binalara Form ve Estetik Katkısı

Yapılarda taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasının tasarıma sağladığı imkânlar sayesinde sıra dışı yapılar ortaya çıkmaktadır. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması yapı tasarımındaki esnekliği artırmaktadır. Ayrıca çeşitli taşıyıcı sistemlerin yapılarda birlikte kullanılması özgün yapıların tasarlanmasını da sağlamaktadır.

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapılar, kompleks yapılar olduğu için bu tür yapılarda geniş açıklık geçen sistemler kullanılmaktadır. Geniş açıklık geçen sistem geometrileri düz, tek eğrilikli veya çift eğrilikli olabilmektedir. Böylece taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı durumlarda farklı geometriler bir araya gelmekte ve farklı bina biçimleri oluşmaktadır. Sonuç olarak dikkat çekici, estetik ve simgesel yapılar meydana gelmektedir (Şekil 2.43).

Yapıların tasarımında taşıyıcı sistemlerin yeri ve önemi büyüktür. Mimari tasarımcılar taşıyıcı sistemler sayesinde mekân üretme imkânı bulurlar (Yapı kataloğu, 2022).



Şekil 2.43: Farklı geometrilere sahip taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması (https://www.arthurerickson.com/commercial-buildings/san-diego-convention-center/3/caption)

Yapılar öncelikle sağlam ve dayanıklı olmalıdır. Bu nedenle yapının taşıyıcı sistem, malzeme ve geometrik biçimlerinin seçimi önemlidir. Günümüzde taşıyıcı sistemlerde çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Örneğin; yapılarda membran, çelik ve cam gibi malzemelerin kullanımı yapılarda şeffaflık ve narinlik sağlamaktadır. Böylelikle yapılar daha davetkâr ve estetik olabilmektedir.

Taşıyıcı sistemler genellikle yapıların içinde görünmez bir haldedir. Genellikle yapıların görünen yüzeyleri olan cepheleri yapıların tasarımını oluşturur. Ancak yapıların ayakta kalmasını sağlayan taşıyıcı sistem geometrilerinin tasarımıyla yapı sistemleri binalarda estetik bir şekilde görünür kılınabilir. Hatta yapıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılan malzemeler ile yapı simge ve reklam aracı haline getirilebilir. Taşıyıcı sistem geometrilerinin ve malzemelerinin sağladığı bu avantajlar sayesinde karma taşıyıcı sistemlere sahip olan yapılar, işlevsel tasarımlara sahip olabilmektedir. Örneğin; San Diego kongre merkezinde kullanılan membran yapı sistemleri yapının fonksiyonlarının gerçekleşmesini sağlarken yapıyı etiket haline getirmektedir (Yapı kataloğu, 2022), (Şekil 2.44).



Şekil 2.44: San Diego Kongre Merkezi (Arthur Erickson | san diego convention center | 9)

Karma taşıyıcı sistemli yapılarda taşıyıcı sistemlerin görünür kılınması yapının işlevsel bir tasarıma sahip olmasını sağlamaktadır. Karma sistemli yapılarda mekânın kimliğiyle uyuşan taşıyıcı sistemler ile yapının tasarımını oluşturmak, yapıyı yalnızca estetik için yapılmış kabuklarından kurtarır. Taşıyıcı sistemlerin geometrik formlarının tasarımı ve bu sistemlerde kullanılacak olan malzemelerin seçimi, binalara form ve estetik katkı sağlamanın yanında yapının özüne odaklanılmasını sağlar. Yapının biçimini oluşturmak için kurgulanmış taşıyıcı sistemler, görsel olarak etkileyici bir hale dönüştürülebilir ve yapılarda görünür hâle getirilebilir. Yapı ile taşıyıcı sistemler arasındaki kurgu bu şekilde düzenlenebilir. Yani taşıyıcı sistemler sadece yapının ayakta kalmasını sağlayan bir yapı sistemi olarak değil de geometrik biçimleri ve malzemeleri ile yapının tasarımını ve formunu belirleyen bir etmen olarak da var olabilirler (Yapı kataloğu, 2022).

Biçimlerin ve mekânların oluşturulmasında, taşıyıcı sistemlerin rolü büyüktür. Yapıların formu oluşturulurken taşıyıcı sistem, malzeme ve teknolojiden yararlanılır. Tarih boyunca taşıyıcı sistemler farklı malzemeler ve tekniklerle oluşturulmuştur. Yapı sistemlerinde ilk önceleri taş, toprak ve ağaç kullanılıyorken günümüzde çelik, beton ve ahşap gibi malzemeler kullanılmaktadır (Yapı kataloğu, 2022).

Teknolojik ilerlemelerle birlikte ortaya çıkan taşıyıcı sistemler, yapılara avantajlar ve dezavantajlar sağlamıştır. Çeşitli biçimlerdeki açıklıklar gelişen yapı sistemleri ile birlikte geçilebilmiş ve modern tasarımlar oluşturulmuştur. Fakat bu gelişmelerle form

çok fazla ön plana çıkmış ve taşıyıcı sistemler yapı kabuğunun içine gizlenmiştir (Yapı kataloğu, 2022).

Günümüzde çeşitli yapı formları üretilirken taşıyıcı sistemler farklı bir kurguyla düşünülüp yapı tasarımının bir parçası halinde görünür kılınabilir. Yapının tasarımında belli yerlerde taşıyıcı sistemi belirgin bir şekilde öne çıkarmak, mekânların farklı bir şekilde ele alınmasını ve tecrübe edilmesini sağlar. Taşıyıcı sistemi, yapının kabuğu içine gizlenmiş olan yapılar, etkileyici ve dikkat çekici olabilir ancak bu etki kısmen sahte olmaktadır. Taşıyıcı sistemin tasarımın bir parçası olduğu yapılarda ise, strüktür taşıyıcı olmaktan öte üst bir anlam kazanır. Yapının özünü oluşturan taşıyıcı sistemler, geometrik biçimleri ve malzeme özellikleri ile tasarımın bir parçası olabilir. Bu durum da taşıyıcı sistemlerin yapı tasarım sürecinde kurgusunun düşünülmesiyle gerçekleşir (Yapı kataloğu, 2022).

Karma taşıyıcı sistemli olan yapıların formu oluşturulurken farklı sistem geometrileri ve malzemelerinin görünür bir biçimde yapılarda kullanılması yapının özüne uygun etkileyici tasarımların oluşmasını sağlar.

Sonuç olarak, yapılardaki taşıyıcı sistemler, yapının biçimi ve fonksiyonuyla uyum içinde olmalıdır. Yapılardaki estetiklik, mekân, biçim ve taşıyıcı sistemlerin uyumlu bir şekilde bütünleşmesi ile gerçekleşmektedir. Yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması yapı türlerini estetik ve değerli bir mimarlık ürünü haline getirmektedir (Doğan Hasol, 2011).

2.7.3 Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikteliğinin Binalara Yapısal Katkısı

Taşıyıcı sistemin temel amacı yük taşıyan bir sistemin oluşturulmasıdır. Taşıyıcı sistemler, yapılarda her zaman bir amaca ve fonksiyona sahiptir. Taşıyıcı sistem tasarımında göz önünde bulundurulması gereken en önemli konu; fonksiyonel, dayanıklı ve uygulanabilir olmasıdır. Yapılar için en uygun taşıyıcı sisteme karar vermek neredeyse imkânsızdır. Yapılarda taşıyıcı sistemlerin belirlenmesini sağlayan en önemli kriter, taşıyıcı sistemin kendisinden beklenen vazifeleri etkinlik, ekonomiklik ve dayanıklılık çerçevesinde gerçekleştirmesidir. Çeşitli taşıyıcı

sistemler bahsedilen kriterlere uygun bir şekilde bir araya geldiklerinde yapılara strüktürel olarak katkı sağlamaktadırlar (Karasoy, 1999).

Yapı tasarım sürecinde taşıyıcı sistemlerde malzemenin en etkin olduğu sistemin belirlenmesi en önemli kriterlerden biridir. Etkin bir taşıyıcı sistem yanlış bir şekilde yanlış bir alanda kullanıldığında iyi sonuçlar elde edilmeyecektir. Bu nedenle iyi bir yapı tasarım fikri ile iyi bir taşıyıcı sistem seçiminin bütünleştirilmesi gerekir. Böylece en az malzeme ile en büyük açıklık geçebilme prensibine ulaşılabilmektedir. Başka bir deyişle yapılarda mekân, form, fonksiyon ve taşıyıcı sistem bütünleşmesi ancak bu şekilde gerçekleşebilmektedir (Karasoy, 1999).

Farklı işlevsel mekânları içeren yapılarda taşıyıcı sistemlerin bir araya gelmesinden yararlanılmaktadır. Mekânlar için etkin olan taşıyıcı sistemler değişkenlik gösterebilmektedir. Mekânların işlevine uygun etkin yapı sistemlerinin tercih edilmesi çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasını sağlamaktadır. Böylece mekân ihtiyaçları karşılanırken taşıyıcı sistemlerin birlikteliğinden oluşan yapılar meydana gelmektedir.

Çeşitli taşıyıcı sistemler çeşitli işlevleri gerçekleştirmek için bir araya geldiklerinde yapılara ekonomiklik, özgünlük ve estetiklik sağlarlar. Ayrıca sistemler birbirlerine malzeme kullanımı, yapının geometrik biçimi ve geniş açıklıkların geçilmesi gibi yönlerden strüktürel olarak da katkılar sağlarlar (Karasoy, 1999).

Taşıyıcı sistemlerin; kullanılan malzemeye, örtülecek alana ve fonksiyona göre etkinlik ve ekonomiklikleri değişir. Geçilen açıklığa uygun taşıyıcı sistem belirlenirken malzeme ve açıklık mesafesi dikkate alınır. Etkin bir strüktür sistemi uygun bir alanda iyi bir biçimde kullanıldığında iyi bir tasarım sonucu elde edilmektedir. Tasarım aşamasında geçilecek açıklık, işlev, estetik ve ekonomiklik daima hesaba katılmalıdır. Böylelikle karma taşıyıcı sistemli yapıların tasarımında estetiklik ve taşıyıcı sistem bütünleşmesi gerçekleşebilmektedir (Karasoy, 1999).

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte çalışması binalara yapısal olarak katkılar sağlamaktadır. Geniş açıklıkların geçilmesi, üretim işçiliği, dayanıklılık ve ekonomiklik vb. yönlerden katkılar sağlamaktadır. İnce kabuklar, kablo sistemler ve

uzay kafes sistemlerde büyük alanlar iç mekânda düşey taşıyıcılar olmadan örtülebilmekte ve işleve uygun geniş alanlar tasarlanabilmektedir. Karma sistemli yapıların fonksiyonlarının gerektirdiği birtakım ihtiyaçların karşılanabilmesi için bu geniş açıklıklı sistemler çeşitli biçimlerde kullanılabilmektedir. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte çalışması birbirlerinin malzeme cinsi, dış koşullara karşı dayanıklılık, yapım maliyeti, birleşim detayları gibi özelliklerinden faydalanılmasını sağlamaktadır (Türkçü, 2017).

Yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelirken yapı sistemleri arasından seçimler yapılır. Yapısal anlamda etkin sistemlerin birlikte çalışması sağlandığında inşaat süreçleri azalabilmekte ve düşük maliyetli yapı üretimi sağlanabilmektedir.

Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapılarda geniş açıklık geçen taşıyıcı sistemler bir araya gelebilmektedir. Geniş açıklıkların ara kolonsuz bir şekilde geçilmesi, çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapılarda ihtiyaçlara cevap vermektedir. Böylece sistemlerin bir araya gelmesiyle fonksiyonel ihtiyaçları karşılanmış olan yapılar ekonomik ve hafif bir şekilde inşa edilebilmektedir. Ayrıca geniş açıklık geçen sistemlerde farklı malzeme kullanımı karma sistemli yapılara strüktürel olarak katkı sağlamaktadır. Geniş açıklıkları geçen sistemler için çelik malzemeler kullanılabilir. Çelik hafif, ekonomik ve taşıma kapasitesi yüksek olan bir malzeme olduğu için geniş açıklıkları geçen sistemlerde çok tercih edilmektedir. Ayrıca çelik özgünlük, şeffaflık, esneklikte sağlamaktadır. Çeliğin en önemli özelliği hem çekmeye hem de basınca karşı dayanıklı olan bir malzeme olmasıdır. Böylelikle çeşitli taşıyıcı sistemlerde yapı malzemesi olarak kullanılabilmektedir. Geniş açıklıklı sistemlerin üretiminde ahşap da kullanılabilecek yapı malzemelerinden biridir. Ahşap malzemeden kemerler, kirişler veya kafesler yapılabilmektedir. Çerçeve sistemler için, eğilmeye karşı rijit bağlantılar, tabakalı ahşapla oluşturulabilir. Büyük açıklıklı sistemlerde beton kullanımı ise genellikle prefabrike elemanların kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Prefabrike elemanların kullanıldığı betonarme geniş açıklıklı sistemler, diğer malzemelerle yapılmış geniş açıklıklı sistemlerden farklıdır. Prefabrike elemanlar çoğunlukla kalıplarda üretilir. Böylece kirişlerin geometrisini belirleme konusunda biraz esneklik sağlamaktadır. Geniş açıklık geçen sistemlerde

çeşitli malzemelerin kullanılması karma sistemli yapılar için etkinlik ve ekonomiklik sağlamaktadır (Meistermann, 2022).

Karma taşıyıcı sistemli yapılarda, taşıyıcı sistemlerin malzemesinin dokusal özelliklerinden de faydalanılır. Taşıyıcı sistemlerde kullanılan malzemeler, yapı tasarımını tamamlayan bir faktördür. Taşıyıcı sistemler birlikte tasarlanırken sistemlerde membran ve cam gibi şeffaf malzemeler veya betonarme gibi opak malzemelerde kullanılabilir. Örneğin: Westpark Alışveriş Merkezinde mebran sistemlerin kullanılması yapının üretim hızını artırdığı gibi doğal havalandırma ve aydınlatma sağlamaktadır.

Çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelirken yapı sistemlerinin geometrik özelliklerinden de faydalanılır. Bazı taşıyıcı sistemler strüktürel dirençlerini yüzey biçimlerinden kazanırlar. Bu taşıyıcı sistemlerde örtme ve taşıma görevleri aynı eleman tarafından gerçekleşir. Bazı taşıyıcı sistemler ise kendi ağırlığı altında sarkarak bir biçime sahip olmaktadırlar. Örneğin; kablo sistemler ve membran sistemler bu gruba girmektedir. Geometrik özellikleri farklı olan taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması yapılarda geniş alanların estetik ve etkin bir şekilde geçilebilmesini sağlamaktadır.

Çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelirken bağlantı noktalarının düşünülmesi üretim sürecine faydalı olmaktadır. Çeşitli taşıyıcı sistemler birlikte kullanılırken yapı içerisindeki, birbirlerine olan uyumları ve çalışabilirlikleri, üretim ve montaj sürecindeki ilişkileri tasarım aşamasında düşünülmelidir (Eren, 2014).

Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birbirlerine Sağladığı Yapısal Özellikler (Katkılar); bir yapının emniyetli, ekonomik ve dayanıklı olması, yapının taşıyıcı sistemine bağlıdır. Yapılar, binaya etki edecek yükler ve talep edilen istekler göz önünde bulundurularak uygun bir taşıyıcı sisteme göre tasarlanırlar. Bugün teknolojik ilerlemeler sayesinde yapıların taşıyıcı sistemlerinin belirlenmesi aşamasında çok fazla seçenek bulunmaktadır. Yapılarda taşıyıcı sistemler çeşitli geometrik biçimlerde ve malzemelerle farklı konfigürasyonlar oluşturarak bir araya gelebilmektedirler. Yapı için uygun taşıyıcı sistemler belirlenip uygulanır. Yapılarda taşıyıcı sistemler birbirlerinin yapısal özelliklerinden faydalanarak bir araya gelirler. Bir yapıda çeşitli

taşıyıcı sistemlerin birbirlerine yapısal olarak fayda sağladığı ölçütlerden bazıları şunlardır;

- Geçilecek olan açıklıklar (Geniş açıklıklar)
- Kullanılabilir iç hacim
- Dış Görünüm (Yapının formu)
- Dış koşullara dayanıklılık
- Yapım maliyeti
- Birleşim Detayları
- İşçilik

Bir yapıda işlevsel mekanların ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için çeşitli taşıyıcı sistemler birlikte kullanıldıklarında birbirlerine strüktürel olarak katkılar sağlamaktadırlar. Geniş açıklıkların geçilebilmesi, kullanılabilir iç hacmin artırılması, yapının formunun belirlenmesi, işçilik ve yapım maliyeti gibi kriterler sağladıkları strüktürel katkılardan bazılarıdır (Karasoy, 1999).

Aşağıda taşıyıcı sistemlerin bir araya gelirken yapısal olarak birbirlerine sağladıkları faydaları ifade eden kriterlere yer verilmiştir. Bu kriterler yapılarda bulunan çeşitli taşıyıcı sistemlerin birbirlerine sağladığı yapısal özellikleri kısaca özetlemektedir.

Geniş Açıklıklar

Ara kolonsuz bir şekilde mekânların geçilmesi, yapıların işlevlerini sağlaması bakımından önemlidir. Geniş açıklıkları geçen taşıyıcı sistemler, teknoloji ve malzeme bilimindeki gelişmeler sayesinde çeşitlilik göstermektedir. Yapılarda geniş açıklıklar, kısa bir sürede, ekonomik ve emniyetli bir biçimde geçilebilmektedir.

Taşıyıcı sistemlerin geniş açıklıkları geçme durumuna göre davranışları farklıdır. Beton ve çeliğin yapı malzemesi olarak kullanılmasından önce geniş açıklıklar taş ve benzeri malzemelerle kemer, kubbe ve tonoz strüktürleri kullanılarak örtülmüştür. Bugün geniş açıklıklar ahşap ve çelik malzemeler ve sistemlerle çok daha kolay bir şekilde geçilebilmektedir.

Katlanmış plaklarda, plaklar eğilmeye karşı birbirlerini rijitleştirdiği için geniş açıklıklar ekonomik bir şekilde geçilebilmektedir. Katlanmış plaklar, betonarme, metal saçlar ve plastik malzemelerden yapılabilirler. Katlanmış plaklar için en uygun malzeme betondur. Betonarme katlanmış plaklar, monolitik ve ekonomik olmasından dolayı diğer malzemelerden üretilmiş olanlara göre daha çok tercih edilmektedirler. Metal saçların üretiminde çelik ve alüminyum malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin emniyet gerilmeleri çok fazla olduğundan sistem kesitleri ince olur. Bu nedenle basınç etkisi altında yüzeylerde kolaylıkla buruşmalar meydana gelebilmektedir. Bu durum katlanmış plakların ölçülerini sınırlandırır. Bu problemi biraz da olsa giderebilmek ve malzemenin etkinliğini artırabilmek için metal katlanmış plaklarda 'sandviç plak' kullanılması daha doğru olmaktadır (Yıldırım, 2003)

İnce kabuklar, iki boyutları kalınlıklarına göre çok fazla olan eğri, sert ve ince olan sistemlerdir. Bu sistemlerde burkulma sorunu olduğu için burkulma olmayacak kadar kalın yapılmalıdır. Malzeme olarak sert ve homojen malzemeler kullanılmalıdır. Bu sistemler hafif, malzeme bakımından estetik, ekonomik ve yapısal etkinliklere sahip olmasına rağmen yapım aşamasındaki zorluklar nedeniyle genellikle uygulanması tercih edilmemektedir. Kabuk sistemler, yüzey eğriliğinin sağladığı strüktürel avantajlardan yararlanan taşıyıcı sistemler olduğu için yüzeylerin sürekli olması önemlidir.

Kablo sistemler geniş açıklıkları geçmek için çok tercih edilen sistemlerden biridir. Eğriliklerinin taşıyıcı sisteme sağladığı avantajların yanında kabloların basınç gerilmesinden etkilenmeyip sadece çekme gerilmesi tesirinde(etkisinde) olması bu sistemleri geniş açıklıkların geçilmesinde en etkili sistemlerden biri haline getirmektedir.

Açık membran sistemler, çevreden gelecek rüzgâr vb. etkilere karşı dengesiz ve kontrol edilmesi zor olan eğilimlerinden dolayı sadece küçük açıklıklarda kullanılabilmektedir. Pnömatik sistemler ise 500 metrelik açıklıklara kadar uygulanabilmektedir (Yıldırım, 2003). Aşağıdaki tablo taşıyıcı sistem çeşitlerinin geçebileceği açıklıkları göstermektedir.

Tablo 2.2: Taşıyıcı sistem çeşitleri ile geçilebilecek açıklıklar

Taşıyıcı sistem Çeşidi	Geçilen Açıklık
Düzlem Kafes Kiriş	14-30
Uzay Kafes	25-100
Katlanmış Plak	25-50
Kabuk	60-200
Pnömatik Sistem	40-500
Kablo Sistem	80-500

Yapının işlevine, dolaşım alanlarına ve yapıya gelecek yüklere göre yapılardaki geniş açıklık mesafeleri değişmektedir. Geniş açıklıklardaki malzeme tüketimini(miktarını), açıklık mesafesi ve sistem kesiti belirler.

Taşıyıcı sistem kesiti, malzemesi ve geçilecek olan açıklık mesafesi birbiriyle iç içedir. Geçilecek olan açıklıklar artıkça, taşıyıcı sistem elemanlarının kesiti de artar. Dolayısıyla kullanılacak olan malzeme miktarı da artış gösterir. Bu durum yapı maliyetini belirler.

Yapı maliyeti, taşıyıcı sistem elemanlarının ölçülerinde kullanılan malzeme miktarına göre değişir. Bu yüzden taşıyıcı sistem elemanlarının kesiti, geçilecek olan açıklık üzerinde etkili olan ölçütlerden birisidir (Dağılgan, Güven ve Arun, 2020). Tablo 2.3'te geçilen açıklığa göre sistem kesitlerinin değerlendirilmesi gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Geçilecek olan açıklığa göre sistem kesiti (Dağılgan, Güven ve Arun, 2020)

	Değer Ölçüt				
	← Alt Sınır ——— Üst Sınır →				
	1	2	3	4	5
Geçilecek 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
	Kablo sistemler	Ahşap ve çelik kiriş ve kemerler	Prefabrike beton kiriş ve kemerler	Uzay kafes sistemler	Plaklar,kabuklar ,Çadırlar, Pnömatik Sistemler

Kullanılabilir İç Hacim

Yapılardaki iç hacim miktarı yapı verimliliğini artıran değerlerden biridir. Yığma yapılarda duvar kalınlıklarından dolayı iç hacimde önemli miktarda alan kaybı meydana gelmektedir. İskelet sistemlerde taşıyıcı elemanlar ile örtücü elemanlar birbirinden farklı olduğu için ve örtücü yapı elemanları ince bir şekilde kullanılabildiği için çok fazla alan kaybı olmaz. İskelet sistemlerde betonarme yerine çelik yapı elemanları kullanıldığında kolon kesitleri küçüldüğü için alan verimliliği artmaktadır.

Yüzeysel taşıyıcı sistemlerde geniş alanlar kolonsuz bir şekilde geçildiği için büyük alanlar ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerin oluşturduğu iç hacim verimliliği diğer sistemlere göre çok yüksektir (Yıldırım, 2003).

Dış Koşullara Karşı Dayanıklılık

Yapıların dış koşullara karşı dayanıklılığını yapı malzemesinin türü belirler. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir araya geldiği yapılarda çeşitli türde malzemeler kullanıldığı için dış koşullara karşı dayanıklılıkta değişkenlik göstermektedir.

Yapı malzemesi olarak ahşabın dış koşullara karşı dayanıklılığını artırmak için kimyasal maddelerle işlem yapılır. Ahşaba kimyasal maddelerle işlem yapılmasına emprenye denilmektedir. Emprenye işlemi görmüş olan ahşap mantara, rutubete ve yangına karşı daha dayanıklı olmaktadır.

Beton, diğer yapı malzemelerine göre neredeyse hiç bakım gerektirmemektedir. Rutubete olan dayanımı, çelik ve ahşap yapı malzemelerine göre daha fazladır. Beton, çevreden gelen etkilere karşı fiziksel ve kimyasal olarak hasara uğrayabilmektedir. Betonun dayanıklılığını artırabilmek için yapılarda boşluk oranı düşük dolu beton kullanılmaktadır. Dolu beton, mukavemetinin yüksek olmasının yanında rutubete karşı da dayanıklıdır.

Çelik malzemelerde ise korozyona karşı koruma sağlayabilmek için önlemlerin alınması gerekmektedir. Korozyona karşı boyama ve galvanizleme gibi önlemler alınabilir.

Membran sistemlerde ise membran malzemenin cinsi ile dış koşullara karşı dayanıklılık sağlanabilmektedir (Yıldırım, 2003).

Yapının Formu

Yapının formunu taşıyıcı sistemin geometrik biçimi belirler. Geometrik biçimler düz, tek eğrilikli veya çift eğrilikli olabilmektedir. Yapı sistemlerinde kullanılan bu geometrik biçimler yapıya özgünlük kazandırır.

Betonarme yapı elemanları, iskelet sistem yapı elemanları olan kolon, kiriş ve döşeme şeklinde olabileceği gibi plak, tonoz ve kabuk gibi eğri yüzeyler şeklinde de olabilmektedir. Çeşitli şekillerde dökülebilen beton, estetik formların kolaylıkla oluşmasını sağlar. Yüzeysel taşıyıcı sistemlerle, yapı elemanlarının kalıplarının yapılmasıyla çeşitli formlar betonarme olarak kolaylıkla oluşturulabilmektedir.

Çelik sistemlerde kaynaklama ve bulonlama gibi teknikler kullanıldığından biçimlendirilmeleri betona göre daha zordur.

Asma sistemlerde değişik biçimlerde dış görünüşler elde edilebilmektedir. Estetik ve dikkat çekici biçimlerin oluşmasını sağladığı için yapıların içinde de kullanılmaktadır.

Pnömatik sistemler, etkileyici formlara sahiptirler. Hızlı kurulumları nedeniyle reklam amaçlı da kullanılan bir yapı sistemidir (Yıldırım, 2003).

Yapım Maliyeti

Yapım maliyeti; donanım(malzeme), işçilik, taşıma ve donatı masraflarını kapsamaktadır.

Ahşap hafif bir yapı malzemesi olduğu için şantiyeye taşıma aşamasında çok zorluk yaşanmamaktadır. Bu durum yapı masraflarını azaltmaktadır. Geçilecek olan açıklıklar ile yapı maliyeti doğru orantılıdır. Çünkü geçilen açıklık artıkça yapı elemanlarının boyutları büyümekte ve bu durumda nakil aşamasında eleman boyutlarına uygun araç gerektirmektedir.

Betonarme yapıların inşası kolaydır ancak kalıp masrafları gerektirmektedir. Ancak kalıpların yeniden kullanılabilirliği ekonomik avantajlar sağlar.

Betonarme sistemler, prefabrike yapı elemanları olarak kullanıldıklarında dezavantajlara sahip olmaktadırlar. Büyük prefabrike elemanların nakliyatı ve montajı sorun oluşturmaktadır. Prefabrike elemanların boyutlarının küçültülmesi taşıma masraflarını azaltabilir.

Çelik sistem montaj aşamasında kaynaklama ve bulonlama gibi teknikler gerektirir. Ayrıca korozyona karşı da tedbirler gerektirdiği için yapı maliyeti betonarmeye göre daha fazladır.

Kabuklar hafif sistemler olduğu için tüm alt taşıyıcılarında küçülmesini beraberinde getirmektedir. Bu durumda yapı sisteminde ekonomiklik sağlamaktadır. Fakat kalıp yapımında küçük bir sorun büyük problemlere sebep olduğu için kalıp işçiliği maliyetin artmasına sebep olmaktadır.

Katlanmış plaklar, kalıp giderleri azdır. Düz yüzeylerden oluştukları için kalıp maliyeti yüksek değildir.

Pnömatik sistemlerin ise diğer yapı sistemlerine göre maliyeti çok düşüktür. Sistemde hasar oluştuğunda kolay bir şekilde tamir edilebilirler (Yıldırım, 2003). Tablo 2.4'te taşıyıcı sistemler yapım maliyetine göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.4: Taşıyıcı sistemlerin yapım maliyetine göre karşılaştırılması (Yıldırım, 2003)

Seçim ölçütü	Taşıyıcı Sistem Türleri									
	Yığma Sistem	Çubuk Sistem			Kabuk	Katlanmış Plak		Kablo Sistem	Membran Sistem	
	Taş	Ahşap	Betonarme	Çelik	Betonarme	Ahşap	Betonarme	-	Açık	Kapalı
Yapım Maliyeti	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük

İşçilik

İşçilik yapı maliyetini etkileyen faktörlerden biridir. İnşaat tekniklerinin çeşitlilik göstermesi, bazı hallerde ekipman ve makine kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Ahşap yapı elemanlarının üretimi, yapı elemanlarının kesitlerinin fazla olmasından fabrikalarda gerçekleştirilir. Yapı elemanlarının fabrikalarda önceden üretilmesi, inşaatın hızlı ilerlemesini sağlar.

Betonarme yapı inşası; usta işçilik gerektirmemesi ve birleşim detaylarının basit olmasından dolayı kolaydır.

Çelik sistem, tüm yapım aşamasında uzman bir takip ve usta bir işçilik gerektirdiği için betonarme sistemlere göre daha zordur.

Kabuk sistemler, tüm yüzey boyunca süreklilik göstermesi gerektirdiği için çok küçük hatalar bile sistem için sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle kalıp hazırlanmasından beton dökümüne kadar usta bir işçilik gerektirmektedir.

Pnömatik sistemler, kolay ve hızlı bir kuruluma sahip olduğu için işçilik ve işçilik masrafları sorun oluşturmamaktadır (Yıldırım, 2003).

Birleşim Detayları

Çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya geldiğinde birbirlerinin birleşim özelliklerinden faydalanırlar. Taşıyıcı sistemlerin birleşim detayları yapı üretimini etkileyen faktörlerden biridir.

Betonarme sistemler yerinde betonun dökülmesiyle oluşan sistemler olduğu için birleşim bölgelerini oluşturmak kolaydır. Fabrikada önceden üretilmiş olan beton elemanların birbirleriyle olan bağlantıları tasarım sürecinde hesaba katıldığında döküm yapılar gibi hareket ederler. Mafsallı bağlantılarla oluşturulan sistemler basit ve hızlıdır. Membran sistemler, rüzgâr gibi çevre koşullarından etkilendiği için bağlantı noktalarında detaylı bir çalışma gerekli olmaktadır. Genelde membran sistemdeki bağlantılar yapıya özel olarak tasarlanmaktadır (Özat, 2014). Tablo 2.5'te taşıyıcı sistemlerin birleşim bölgesi detayları karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.5: Taşıyıcı sistemlerin birleşim bölgesi detaylarının karşılaştırılması (Dağılgan, Güven ve Arun, 2020)

	Değer Ölçüt				
	← Alt Sınır			Üst Sınır →	
	1	2	3	4	5
Birleşim Bölgesi Detayları	Özel detay gerektirir.	Usta işçi gerektirir.	Ek parça gerektirir.	Standart elemanlarla uygulanabilir.	Kolay uygulanabilir.
	Kablo sistemler ve uzay kafes sistemler	Çelik kiriş ve kemerler, plaklar ve kabuklar	Ahşap kiriş ve kemerler, ahşap uzay kafes sistemler	Prefabrik beton kiriş ve kemerler, prefabrik beton plaklar	Yerinde döküm beton kiriş ve kemerler, çadırlar, pnömatik sistemler

Sonuç olarak bir yapıda çeşitli taşıyıcı sistemler yapısal olarak birbirlerinin, malzeme özelliklerinden, geniş açıklıkları geçme kabiliyetlerinden, sistemlerin oluşturduğu iç hacim faydalarından, dış koşullara karşı dayanıklılıklarından, dış görünümlerinden, yapıda oluşturdukları maliyetlerden, işçilik özelliklerinden ve birleşim detaylarından yararlanarak bir araya gelebilmektedirler.

Bu tez kapsamında çeşitli taşıyıcı sistemlerin birleşimden oluşan yapılar taşıyıcı sistem türleri, geniş açıklık mesafesi, yapının formu (biçimi), işlevi ve malzemesi yönünden incelenmiştir.

2.8 Karma Taşıyıcı Sistemlerin Kullanıldığı Yapılar

Farklı işlevleri içeren yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemler birlikte kullanılabilmektedir. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapı türleri içinde depolar, sanayi yapıları, sergi salonları, opera binaları, alışveriş merkezleri, kültür merkezleri, stadyumlar, tıp merkezleri, havaalanları vb. gibi yapılar yer alır. Bu tür yapılar işlevleri gereği çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasına ihtiyaç duyarlar.

Çeşitli taşıyıcı istemlerin birlikte kullanılmasına ihtiyaç duyulan yapılarda taşıyıcı sistemler işlevsel, etkin, özgün ve estetik olarak yapıya yerleştirilmelidir. Yapılar

istenilen ihtiyaçları karşılamaya uygun olarak tasarlanır. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapılarda kullanılabilecek olan taşıyıcı sistemler çubuk sistemler, uzaysal sistemler, kablolu sistemler, membran sistemler, pnömatik sistemler, kabuklar ve plaklardır. Bazı yapılarda standart yapı elemanları yerine özel yapı elemanları imalatı gerekli olmaktadır. Yapılar tasarlanırken tüm bu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Karma taşıyıcı sistemlerin kullanıldığı yapılar tasarlanırken yapının gereksinimi olan düzenlemeler, genişletme olasılıkları, yükseklik, geçilecek açıklık, dolaşım alanları, havalandırma, ışık, kullanılacak olan malzemeler ve yükler göz önünde bulundurulmalıdır (Eren, 2014, s.81).

Ayrıca tarihi yapıların bütünleme veya yeni işlevlerle hizmet edebilecek gerekli mekân gereksinimini karşılayabilmek için yeni ek alma sürecinde yapıya yapılan müdahalelerde de günümüz taşıyıcı sistemleri kullanılabilmektedir. Bu durumda yığma yapılarla günümüz taşıyıcı sistemleri birlikte kullanılmış olmaktadır. Sonuç olarak karma taşıyıcı sistemli yapılar grubuna tarihi yapılara getirilen çağdaş ek örnekleri de girmektedir.

BÖLÜM ÜÇ
ESKİ YAPIDA YENİ EK UYGULAMALARI

Tarihi yapıların bugünkü hayatımıza uyum sağlayabilmeleri ve kullanımlarının günümüzde de sağlanabilmesi, çağımız fonksiyonlarına cevap veren hale dönüştürülmeleri ile gerçekleşebilir. Tarihi yapıların günümüzde kullanılamamalarının pek çok nedeni vardır. Tarihi yapıların fonksiyonlarını kaybetmeleri veya çeşitli nedenlerden dolayı hasar görmeleri günümüzde kullanılamamalarına sebep olmaktadır (Zeren, 2010).

Tarihi yapılar bilgi ve belge değerindedir. Geçmiş yıllara ait kültürel, ekonomik ve sosyal bilgilerin gelecek yıllara ulaştırılmasını sağlar. "Binalar ve şehirler zamanın araçları ve müzeleridir, tarihin geçişini görmemizi ve bireysel yaşamı aşan yaşam döngülerine katılmamızı sağlarlar" (Pallasmaa, 2018, s.63). Bugüne ulaşmış olan bu yapılar, bulundukları dönemlerin yapı tarzları, yapım sistemleri ve toplumun yaşayış şekilleriyle ilgili bilgi sahibi olmamızı sağlarlar (Duralı, 2007).

Tarihi yapıların kalıcılığının gerçekleşebilmesi için bu yapıların günümüz koşullarına uygun işlevleri gerçekleştirmesi gerekmektedir (Altınöz, 2010). Tarihi yapıların yeniden kullanımındaki alan ihtiyacını karşılamak ve meydana gelmiş olan hasarları gidermek için gerçekleştirilebilecek birçok yaklaşım bulunmaktadır (Ahunbay, 2014). Tarihi yapılara çağdaş eklerin getirilmesi uygulanabilecek yöntemlerden birisidir. Tarihi yapıların yenilenme sürecinde, eski yapının özgün yapı özellikleri ve üslubu korunarak yapıya günümüz mimari üslubuyla eklemeler yapılabilir. Böylece yapıda geçmiş ve gelecek arasında diyalog kurulmasını sağlayan bir bağlam oluşmaktadır (Demiri, 2013).

Tarihi yapıların özgün fonksiyonlarını kaybetmesi yahut fonksiyonel olarak eskimesi, yapıların yenilenerek ikincil fonksiyonlarla kullanımlarını gerektiren sebeplerden biridir (Altınoluk Ülkü, 1998).

Özgün işlevlerini kaybeden veya hasar görmüş tarihi yapıların günümüzde kullanılamaz hale gelmesi ile yapılar yok olmaya başlarlar. Tarihi kimliğimizi

koruyabilmemiz için yapılar bugünkü işlevlere cevap veren bir biçime dönüştürülebilir ve ikincil fonksiyonlarla kullanımları sağlanabilir.

Tarihi yapıların ikincil fonksiyonlarla kullanımları sağlanırken, yapılar kendi mekân ve cephe özelliklerine kontrast oluşturacak bir biçimde yenilenebilir veya mevcut yapı kütlesini aşabilir. Bu durumda yapılara yeni ekler eklenebilir. Bugünkü korumacılık çerçevesinde yapılan yenileme çalışmaları, tarihi yapıların aynı tarzda yapılmasını doğru bulmamakta, yenilenen kısmın tarihi yapı ile farklılaşmasını savunmaktadır. Bu görüş bağlamında tarihi yapılara eklenen ekler, çağdaş ek olarak tasarlanmaktadır. Bu bağlamda tarihi yapılara çağdaş ekler; özgün işlevleri yerine yeni fonksiyonlara hizmet edecek bir biçime dönüştürüldükleri zaman yeni mekân ihtiyacını karşılamak için veya hasar görmüş yapıların günümüz teknik ve malzemeler ile bütünlenerek onarım sürecinde gelmektedir (Zeren, 2010).

Günümüzde korumacılık fikri, tarihi yapıların özgün tarz ve yapılarıyla onarımını ve yenilenmesini onamamaktadır. Bu nedenle tarihi yapılar yeni işlevlere hizmet verebilmek amaçlı ekler alırken veya hasar görmüş kısımları onarılırken ilk dönemlerindeki yapı tarzının taklidine gidilmesi yerine bugünkü mimari tarzın yansıtılması düşüncesinin kabul görmesi tarihi yapıda çağdaş ek kavramının oluşmasına sebep olmuştur.

Bu çalışma kapsamında, yığma sistemler ile çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanıldığı tarihi yapılar; taşıyıcı sistemleri, geçtiği açıklıkları, kullanılan malzemeleri ve formları bakımından incelenmiştir. Tarihi yapıya eklenen çağdaş eklerin taşıyıcı sistemlerinin yapıya sağladığı avantajlardan bahsedilmiştir. Bu bağlamda seçilen örnekler çağdaş eklere sahip olan tarihi yapılardır (Zeren, 2010).

3.1 Tarihi Yapıların Korunmasının Sebepleri ve Yeni İşlevli Bir Alana Dönüştürülmesi

3.1.1 Tarihi Yapıların Korunmasının Sebepleri

Tarihi yapıları korumanın ana amacı tarihi kimliğimizin, gelecek nesillere aktarılmasının sağlanmasıdır. Tarihi yapılar geçmiş ile gelecek arasında bağ kurulmasını sağlar. Geçmiş dönemlerdeki yaşamların ve mekânların günümüze

tanıklık etmesine olanak tanır. Çünkü tarihi yapılar geçmişin belgesi hükmündedir. Bu nedenle tarihi yapıların korunmaları çok önemlidir. Tarihi yapıların bugünkü işlevlere uygun mekânlara dönüştürülmesiyle kullanımlarının devamlılığı sağlanabilir. Böylelikle yaşayan mekânlar haline dönüşen tarihi yapılar korunmuş olurlar (Zeren, 2010).

3.1.2 Tarihi Yapıların Yeni İşlevli Bir Alana Dönüştürülmesi

Tarihi yapıların bugünkü işlevlere uygun bir mekân kurgusuna dönüştürülmesiyle korunmaları sağlanır. Bu dönüşüm yapıların kendi orijinal fonksiyonları ile aynı olabilir veya farklılık gösterebilir.

"Eski işlevlerin anlamını yitirmesi, arsa fiyatlarının yükselmesi, yapıların strüktür ve konstrüksiyon olarak büyük masraflar gerektiren müdahalelere lüzum göstermesi, yeni işlev vererek restorasyonu sağlayacak ekonomik kaynak yaratmayı en yaygın müdahale türü haline getirmiştir" *(*Kuban, 2000*,* s.117).

Günümüzde çok az sayıda tarihi yapı özgün işlevi ile kullanımını sürdürmektedir. Bunun nedeni de geçmişin mekân ihtiyacının günümüz mekân ihtiyaçlarına cevap verememesidir. Bu durumda da tarihi yapıların korunmasının devamlılığının sağlanabilmesi için, yapıların yeni fonksiyonlarla kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle tarihi yapılar kendi orjinal işlevlerinin günümüz yaşantısına uygun bir biçime dönüştürülmesi aşamasında veya yeni fonksiyonlarla yeniden kullanımlarının sağlanması aşamasında tarihi yapılar ekler alırlar. Bu ekler çağdaş ek olarak nitelendirilir (Zeren, 2010).

Yapılar kendi orijinal fonksiyonlarını korudukları zaman biçimsel bir değişime uğramazlar. Yeni işlevlerle kullanımı sağlandığı zaman ise temel biçimlerini zorlayan bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu durumda da dönüşüm sürecinde çağdaş ekler tasarlanmaktadır. Çağdaş ekler, tarihi yapının mimari tarzından koparak bugünkü sistem ve malzemeleri etkin ve özgün bir biçimde kullandığı oranda başarılı kabul edilmektedir. Tarihi yapının yeni fonksiyonlar verilerek kullanılması korunmasının devamlılığını sağlarken, aynı zamanda orijinal olan tarihi kısımlarının da korunarak günümüze aktarılması sağlanmalıdır. Fakat yeni işlevden dolayı eklenen çağdaş ekler

hakkında bir kısıtlama yapılamamaktadır. Burada bir arakesit oluşmaktadır. Çağdaş ekin yapısal özellikleri, hacmi ve tarihi yapıya eklemlendiği konumu ile ilgili tüm tutumlar tartışmalı bir ortam yaratmaktadır ve eleştiriye açıktır (Zakar ve Eren, 2019).

3.2 Eski Yapılarda Bütünlenme-Tamamlama

Anıtların korunmasındaki ana yaklaşım devamlı bakımlarının sağlanmasıdır. Sürekli bakım gören tarihi yapılar büyük müdahaleler görmeden restore edilebilirler. Yapıların, ihmal edilmeleri ya da çevresel ve yapısal faktörlerden dolayı zarar görmeleri, büyük oranda müdahaleler görmelerine sebep olmaktadır. Bu çerçevede; tarihi yapılara yapılacak onarım için sağlamlaştırma, bütünleme, yenileme, yeniden yapma (rekonstrüksiyon), temizleme, taşıma tekniklerinden faydalanılır. Tarihi yapılarda büyük hasarlar meydana gelmişse bütünleme ve yenileme kapsamında tarihi yapılara çağdaş ekler getirilebilir. Hasar görmüş tarihi yapılar özgün mimari üsluplarına uygun bir biçimde onarılabilirler. Tarihi yapıların kendi dönemlerine göre tasarlanmalarına, **bütünleme-tamamlama** denilmektedir.

Bütünleme çalışmalarında yapılabilecek bir başka yaklaşım ise; tarihi yapıların orijinal kısmı ile yeni olan kısmı birbirinden ayrıştırılarak tasarlanabilir. Bu durum, farklı bir yüzey dokusu ile sağlanabilir veya yeni olan kısım modern mimari üslubunu dışarıdan okutan özellikte çağdaş yapım sistemleri ve malzemeleri kullanılarak da uygulanabilir. Bu anlamda yapılan ekler, tarihi yapıya eklenen **çağdaş ekler** olacaktır (Zeren, 2010).

3.3 Tarihi Yapılara Gelen Çağdaş Ekler

Tarihi yapılara modern eklerin eklenmesi, tarihi bir yapıyla bütünlük sağlayacak ve onunla görsel ve strüktürel olarak etkileşim içerisinde olacak yeni bir ekin yapımını ifade eder (Zakar ve Eren, 2019).

Tarihi yapılara ekler; tarihi yapıların yenilenme sürecinde tarihi yapıların yeni işlevlerine hizmet edecek yeni alanların inşası için (inşası aşamasında) veya hasar görmüş tarihi yapıların, hasar gören kısımlarının estetik ya da yapısal açıdan yenilenmesi için getirilmektedir (Zeren, 2010).

Tarihi yapılara getirilen yeni ekler, geçmiş ve gelecek arasında bir ara yüz oluşturarak tarihsel sürekliliğin devamlılığını sağlamaktadır. Tarihsel sürekliliğin devamı, farklı dönemlerin birbirleri ile bağlantısını sağlamaktadır. Tarihi yapının devamlılığını sağlayan çağdaş ekler, çevresiyle ve tarihi yapıların kendisi ile kurduğu bağlamsal ilişki bakımından önemlidir (Kaçar ve Semerci, 2022).

Tarihi yapıların günümüzde korunarak kullanılan bir mekâna dönüştürülmesinin en iyi yolu kendi orijinal işlevinin veya kendi işlevine yakın bir işlevle kullanımının devamlılığının sağlanmasıdır. Ancak yapılar zamanla işlevini yitirebilmektedir. Tarihi yapıların yaşayan bir mekâna dönüştürülmesi sürecinde, genellikle günümüz ihtiyaçlarına hizmet eden işlevlere uygun mekânlara dönüştürülmeleri sağlanmaktadır. Bu bakımdan, tarihi yapıların yeniden günümüze kazandırılmaları ve yaşayan mekanlara dönüştürülebilmeleri için tarihi yapılara yeni ekler tasarlanmaktadır. Çağdaş ekler tarihi yapıya eklenirken; yapıya en az biçimde müdahale eder özellikte olması ile döneminin mimari kimliğini, malzemelerini ve yapım sistemlerini dışarıdan okutabilir özellikte olması restorasyon görüşü bakımından beklenen bir tutumdur (Zeren, 2010).

Tarihi yapılara eklenecek olan yeni eklerin özellikleri tarihi yapı tarafından belirlenir. Yeni ekler tarihi yapının kütle algısına ve ölçüsüne orantılı bir biçimde tasarlanmalıdır. Yeni ekler, eski yapıyı tamamen taklit eden bir biçimde olabileceği gibi, 21. yüzyıl mimarisini ifade eden bir biçimde de tasarlanabilir. Tarihi yapı kendi özgünlüğünün büyük bir kısmını kaybetmişse, işlevini yitirmişse ve çok fazla hasar görmüşse eski tarz ve yapısına uygun bir biçime dönüştürmek yerine modern bir yaklaşımla ihtiyaç doğrultusunda yenilenebilir.

Tarihi yapıya getirilen ekler yeni işlevleri karşılarken estetik olarak da tarihi yapı ile bütünlük sağlamalıdır. Ekler tarihi yapının birebir taklidi şeklinde veya eski yapıya uyumsuz bir biçimde olmamalıdır. Ekin tarihi yapıyla uyumunu sağlayan bazı ölçütler vardır. Bunlar;

- **Çevrenin Etkisi**: Yapının içinde bulunduğu konumu ve çevresi tarihi yapıya eklenecek olan ekin tarzını, malzemesini ve konumlanacağı yeri etkiler.

- **Ölçeğin Etkisi:** Tarihi yapıya eklenen ekin volümetresi yapı estetiğini etkileyen faktörlerden biridir. Ölçek bakımından tarihi yapıya orantılı bir biçimde tasarlanmış bir ek; tarihi yapıyı ezmeyen ve saygılı bir tutumun gerçekleşmesini (sergilenmesini) sağlar.

- **Zıtlık Etkisi:** Tarihi yapı ile yeni ek arasında malzeme, strüktür ve renk bakımından zıtlık oluşturulabilir. Tarihi yapıya eklenen çağdaş eklerde eski malzemelere tamamen kontrast oluşturacak malzemelerin kullanımı ile yapılan yeni müdahaleler dışarıdan net bir biçimde okunabilmektedir.

- **Formun Etkisi:** Tarihi yapıya eklenen çağdaş ekin formu yapı algısını etkileyen bir faktördür. Tarihi yapıya eklenen çağdaş eklerin formu tarihi yapıya uyum sağlayacak veya zıtlık oluşturacak bir biçimde yapılabilir.

- **Ritim Etkisi:** Tarihi yapıların cephelerinde bulunan desenin çağdaş eklerde tekrarı ile belli bir ritim dengesi sağlanabilir. Tarihi yapıdaki desen farklı bir malzeme veya renk ile tekrarlanarak tarihi yapı ile çağdaş ek arasında bir ritim kurgusu yakalanabilir.

- **Malzemenin Etkisi:** Tarihi yapılara gelen çağdaş eklerde yaygın olarak günümüz malzeme ve sistemleri tercih edilir. Günümüz malzemelerinin şeffaf ve hafif olması, imalat ve montaj kolaylığı sağlaması, hem tarihi yapının hem de yeni ekin kimliğini yansıtabilecek özellikte olması, tarihi yapıya yapılacak müdahaleleri en aza indirebilmesi tercih edilmelerini sağlayan sebeplerden bazılarıdır (Zeren, 2010).

Restorasyon bağlamı, tarihi yapıların en az müdahaleyle korunmasını amaçlamaktadır. Ancak tarihi yapıların büyük bir kısmı hasar görmüşse yenileme biçiminin içeriği genişler. Bu kapsamda tarihi yapılar kendi özgün dönemlerinin tasarımına tamamen benzeyen bir biçimde yenilenebilir. Bu yenileme işlemine bütünleme-tamamlama denilmektedir (Zeren, 2010).

Tarihi yapıların yenilenme sürecinde yapılabilecek müdahalelerden biride tarihi yapılara çağdaş eklerin eklenmesidir. Çağdaş ekler; tarihi yapıyı ezmeden saygılı bir tutum sergileyerek eski yapının ön plana çıkmasını sağlarlar. Çağdaş ekler tarihi

yapıyla zıtlık ve üslup farkı oluşturacak bir biçimde tasarlanabilirler. Çağdaş ekler günümüz mimari üslubunu yansıtan üretim sistemleri ve malzemeleri kullanılarak uygulanmaktadır. Çağdaş eklerin taşıyıcı sistemlerinde genellikle çelik, örtü elemanlarında ise cam kullanılmaktadır. Çelik sistemin hem günümüz mimarisini yansıtan tarzı hem de yapısal özellikleri, camın ise şeffaflığı çağdaş eklerin tasarlanmasında tercih edilmelerini sağlayan özelliklerden bazılarıdır. Böylelikle yeni olan ek ile tarihi olan bölüm birbirinden ayrıştırılmış olmaktadır.

Tarihi yapılara getirilen çağdaş eklerde genellikle modern malzemelerin kullanılmasının sebepleri olarak şunları sayabiliriz:

- Modern malzemelerin hafif, esnek ve sökülebilir olması eski yapıya en az şekilde müdahale edilmesini sağlamaktadır.
- Günümüzün mimari üslubunu en iyi şekilde yansıtan malzemeler sayesinde tarihi yapıya yapılan müdahaleler dışarıdan okunabilmektedir.
- Tarihi yapı ile çeşitli şekilde zıtlık oluşturarak, eski yapının özelliklerini ortaya çıkartmaktadır (Zeren, 2010).

Tarihi yapılar ile çağdaş eklerin birleşim biçimi tasarımdaki yapısal yaklaşımların(çözümlerin) anlaşılmasını sağlayan önemli ölçütlerden biridir. Tarihi yapıya eklenen çağdaş eklerin tasarım kararları ve malzeme seçimleri, geçmiş ile gelecek arasındaki diyaloğun oluşmasını sağlar. Tarihi yapıdaki yeni eklerin, tarihi yapıyla birleşim biçimi, taşıyıcı sistemi, geçtiği açıklık ve kullanılan malzemeleri bu diyalogdaki en önemli unsurlardır. Tarihi yapılara tasarlanan çağdaş eklerde bağlamsal bütünlüğün sağlanmasına dikkat edilmelidir. Bağlamsal bütünlük ise biçim, malzeme ve taşıyıcı sistemlerin uyumlu birlikteliğiyle sağlanır (Zakar ve Eren, 2019).

Tarihi yapılara yeni ekler çeşitli biçimlerde getirilebilmektedir. Tarihi yapılara gelen modern ekler; yeni fonksiyonlarına, bulundukları bölgeye ve tasarımsal ilkelerine göre çeşitli yaklaşımlar ile biçimlendirildikleri görülmüştür. Çağdaş ekler; çeşitli biçim, boyut ve konumda tarihi yapılara eklenebilmektedir (Zeren,2010).

Tarihi yapılara getirilen ekler; çatı eki, cephe bütünlemeleri, yapılar arasında geçiş mekânı, yangın merdivenleri ve sirkülasyon elemanları, saçak uzantısı veya yapıların yeni işlevlerinin bir uzantısı şeklinde uygulanabilmektedir (Karaman ve Kıray, 2006).

Tarihi yapıların restorasyon sürecinde tarihi yapılara, yapının günümüz kullanımını dışarıdan okutan modern malzemeler ile üretilen saçak elemanları eklenebilir. Tarihi yapıya eklenen saçaklar genellikle giriş mekanlarının üzerinde girişi vurgulamak amaçlı olarak üretilmektedirler (Zeren, 2010), (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Albertina Müzesi modern saçak eki (https://catider.org.tr/pdf/sempozyum/Bil8.pdf)

Tarihi yapılara yeni işlevler kazandırılırken yatay veya düşey sirkülasyon alanlarına ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu bağlamda yapılacak yeni ekler, tarihi yapılara zarar vermeyen büyüklükte ve tarihi yapıları yeni ekin yaması haline dönüştürmeyen bir biçimde yapılmalıdır. Örneğin; Madrid, Reina Sofia müzesinde asansörler tarihi yapının hacmine orantılı bir büyüklükte tasarlanmıştır. Ayrıca asansörlerde cam ve çelik malzeme kullanımı eski yapı ile kontrast oluşturulmasını sağlamıştır (Zeren, 2010), (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Reina Sofia Müzesinde asansörlerin modern ek olarak tasarlanması (https://www.artmajeur.com/tr/magazine/2-sanat-haberleri/selfie-ceken-turist-madrid-deki-reina-sofia-muzesi-ndeki-sanat-eserinin-bir-parcasini-yirtti/331657)

Tarihi yapılara eklemlenmiş yeni yapılarla tarihi yapının arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla tüp geçitler yapılmaktadır. Böylelikle iki yapı arasındaki tüp geçit adı verilen yatay koridor ile sirkülasyon sağlanmış olur. Örneğin; Alman tarih müzesinde tarihi yapı ile yeni yapı arasındaki bağlantıyı sağlamak için tüp geçit kullanılmıştır (Zeren, 2010), (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Viyana Museum Quarter'da eski yapı ile yeni yapı arasındaki geçit (https://catider.org.tr/pdf/sempozyum/Bil8.pdf)

Tarihi yapılara getirilen çağdaş eklerden en yaygın olarak uygulananı çatı tamamlamalarıdır. Çağdaş çatı ekleri çeşitli nedenlerden dolayı hasar görmüş tarihi

yapılara günümüzde kullanılabilecek mekânların oluşmasını sağlamak için getirilir (Zeren, 2010), (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: İsviçre Basel Kültür Müzesi'nin modern çatı eki (https://www.arkitera.com/haber/museum-der-kulturenin-herzog-de-meuron-imzali-havali-catisi/)

Tarihi yapılara eklenen çatı uygulamalarında genellikle cam ve çelik malzemelerin kullanımı yaygındır. Cam ve çelik malzemelerinin hafif olmaları, üretim kolaylıklarına sahip olmaları ve günümüz mimari özelliklerini yansıtabilmeleri ek yapımında tercih edilmelerini sağlamaktadır. Norman Foster'ın tasarladığı Reichstag binası veya Coop Himmelblau'nun tasarladığı Attic Conversion binası tarihi yapılara eklemlenen çatı eklerine örnek gösterilebilir (Şekil 3.5).



Coop Himmelblau-Attic Conversion

Norman Foster- Reichstag Binası

Şekil 3.5: Tarihi yapılara getirilen cam çatı örnekleri (https://coop-himmelblau.at/projects/falkestrasse/)

Tarihi yapılara çağdaş ekler, cephe tamamlaması şeklinde de gelebilmektedir. Buna örnek olarak İngiltere'deki Kings Cross İstasyon yapısı verilebilir. İstasyon yeni ağlara da hizmet vermeye başlayınca yetersiz kalınca genişletilmesi gerekmiştir. Tarihi yapıya yeni işlevi karşılayabilmesi için yeni bir bina eklenmiştir. Tarihi yapının cephesine tamamen zıtlık oluşturacak bir biçimde yeni yapının dört cephesi de cam ile yapılmıştır. Böylelikle tarihi yapıya saygılı bir tutum sergilenmiştir.

Büyük ölçüde hasar görmüş tarihi yapılara yeni bir bina veya yapıda eklenebilir. Tarihi yapıya eklenen yeni binalarda, genellikle betonarme, çelik ve cam malzemeleri kullanılır. Çağdaş ekler olarak tarihi yapılara yeni fonksiyonları karşılamak için bir binada eklenebilir. Tarihi binalara ek binalar, bitişik nizamda, yatayda, düşeyde, toprak altında, bütünleşik bir biçimde gelebilmektedir. Ek binalarda genellikle cam ve çelik malzemesi kullanılır. Cam malzemenin şeffaf olma özelliği, oluşturulan ekleri kitle etkisinden kurtarmakta, tarihi yapıların masifliğini okunur kılmaktadır. Aynı zamanda da günümüzün mimari tarzını yansıtmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Esma Sultan Yalısına cam ve çelik ile yeni bir yapı eklenmesi (https://www.gadarchitecture.com/tr/esma-sultan)

Çağdaş ekler, tarihi yapıların yeni fonksiyonlarının bir uzantısı biçiminde de uygulanmaktadırlar. Tarihi bir yapıya eklenen yeni mekanlar, yeni fonksiyonun getirdiği ihtiyaç programına uygun olarak tasarlanırlar. Paris'te Pei tarafından tasarlanan Louvre Müzesi'nin avlusuna eklenen cam piramit kendi döneminin mimari

üslubunu yansıtan ve arkasında yer alan tarihi yapıya zıtlık oluşturan önemli bir örnektir. Müzenin önüne eklemlenen bu çağdaş ek, yapının girişini oluşturmaktadır (Zeren, 2010), (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Louvre Müzesine eklenen cam piramit (https://www.architecturaldigest.com/story/secrets-you-never-knew-about-paris-louvre-museum)

3.4 Tarihi Yapılara Çağdaş Eklerin Getirilmesinin Değerlendirilmesi

Tarihi yapıların korunması ve devamlılığının sağlanması sürecinde, tarihi yapılar özgün üsluplarıyla bütünlenip tamamlanabilir veya çağdaş ekler alarak günümüz mekân anlayışına uygun bir biçime dönüştürülüp kullanılabilir. Tarihi yapıların gerek özgün üsluplarının korunarak onarılması sürecinde, gerekse de çağdaş ekler alarak yenilenmesi sürecinde, 21.yüzyılın malzeme ve taşıyıcı sistemleri kullanılır. Tarihi yapıların günümüz koşullarına uyum sağlaması sürecinde; yapılarda çağdaş malzemelerin ve yapı sistemlerinin tercih edilmesinin sebebi; hafif olmaları, sökülüp takılabilir olmaları, yapım sürecinin hızlı olması, cam gibi şeffaf malzemelerin örtü elemanı olarak kullanılabilmeleridir. Tarihi yapıdaki çağdaş ekler; kendi dönemlerinin mimari tarzının dışarıdan okunabilmesini sağlar. Böylelikle tarihi yapıya yapılan müdahaleler dışarıdan fark edilebilmektedir. Bu durum tarihi yapıya saygılı bir tutumun gerçekleşmesini sağlamaktadır (Zeren, 2010).

BÖLÜM DÖRT
KARMA(ÇEŞİTLİ) TAŞIYICI SİSTEMLERE SAHİP YAPI ÖRNEKLERİ

Bu bölümde karma taşıyıcı sisteme sahip yapı örnekleri; eski yapılara modern eklerin gelmesiyle oluşan yapılar ve yeni bir yapı tasarlanırken taşıyıcı sistem çeşitlerinin bir araya gelmesiyle oluşan yapılar olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

4.1 Eski Yapıda Yeni Ek Uygulamaları

Bu bölümde eski yapılara gelen çağdaş eklere sahip olan yapılar yapısal özellikleri bakımından incelenmiştir.

4.1.1 Serpentin Sackler Galerisi



Şekil 4.1 Serpentine Sackler Galerisi (Archdaily, 2021)

Tablo 4.1: Serpentine Sackler Galerisi'nin genel bilgileri

Mimarı	Zaha Hadid
Bulunduğu Yer	Londra, İngiltere
Yapım Yılı	2013
Alan	1566 m²
İşlev (Fonksiyonu)	Sergi Alanı-Galeri (Yığma yapı eskiden barut deposu-Şu an-Sanat galerisi/ Membran Alan-Sosyal alan ve restoran)
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Yığma Sistem-Membran Sistem
Geçilen Max. Açıklık	9.50 metre
Yeni Ek (Membran) Alanı	900 m2

Tablo 4.1 devamı

Yeni Ekin Birleşim Biçimi	Tek bir yapı ile birleşen bir ek (mekân)
Yapının max. yüksekliği	8.95 m

Serpentine Sackler Galerisi (Şekil 4.1) İngiltere'nin Londra şehrinde yer alır. Yapı alanı 1566 metrekaredir (Zaha Hadid Architect, 2013). Serpentine Sackler Galerisi, klasik bir 19. yüzyıl tuğla yığma yapısının dönüştürülmesi ve 21. yüzyıl gergi yapısının eklenmesi ile iki ayrı bölümden oluşmaktadır. Yapıda eski ve yeninin sentezi mevcuttur. Yapı, 1805 yılında barut dükkânı olarak tasarlanmıştır. Barut deposu; tuğla beşik tonozlu iki adet alandan ve ön sütunlu, kare şeklinde daha alçak bir mekândan oluşmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Serpentine Sackler Galerisi ve Barut Deposu (Archdaily, 2021)

Bina, 1963 yılına kadar askeri amaçlı olarak kullanılmıştır. 1963 yılından sonra ise bina Royal Parks tarafından depo olarak kullanılmıştır. Yapı bu nedenle şimdiye kadar yeterince iyi bir işlevle kullanılmamıştır. Zaman içerisinde tarihi yapıda ve çevresinde birçok değişiklik meydana gelmiştir (Wikipedia, "Serpentine", 2023).

Barut deposu restorasyon çalışması kapsamında (yenilenme sürecinde) kamusal bir sanat galerisine dönüştürülmüştür. Eski avlular kapatılarak dahili sergi alanları haline getirilmiştir (Şekil 4.3). Tarihi yapıya zarar gelmemesi için gerekli servis ve aydınlatma elemanları dikkatli bir şekilde yapıya entegre edilmiştir. Tarihi yapıda barut deposu olarak kullanılan tonozlu alan, yapıya giydirilen ikincil fonksiyonla birlikte galeri alanına dönüştürülmüştür (Şekil 4.4).

Tarihi yapının kamuya açık bir sanat galerisine dönüştürülmesinde, eski avluların üstü çelik iskelet sistemle düz bir örtü oluşturacak bir biçimde kapatılmıştır ve bu alanlar iç sergi alanları haline getirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Eski avluların kapatılarak sergi alanına dönüştürülmesi (Wikipedia, "Serpentine", 2023)



Şekil 4.4: Galeri mekânına dönüştürülen eski barut deposu (Archdaily, 2021)

Yapı, iki adet merkezi eski barut deposu etrafında dönen sürekli ve açık sergi alanları dizisi haline gelecek şekilde düzenlenmiştir. Daha önce bir avlu olan alan, üstten aydınlatmalı bir galeri alanı haline getirilmiştir. Avlunun üzerine yerleştirilmiş boyuna doğru olan çatı ışıkları, merkezde yer alan tonozlu mekânları çevreleyen tüm galeri dizisine doğal gün ışığının girmesini sağlar. Ayrıca avlu üzerindeki panjur sistemli olan örtü; galeri alanlarının aydınlatılmasının kontrol edilmesini sağlar. Restore edilen ve dönüştürülen yapı, sergi alanlarına ek olarak dükkân ve ofisler de içermektedir.

Yeni ek (Şekil 4.5), tarihi yapıyı yeni bir sosyal alan olarak canlandırmayı amaçlamaktadır. Restoran ve sosyal alan olarak tasarlanmış yeni ek (Şekil 4.6), dışa

doğru kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Yeni ek, sağlam klasik binayı 21. yüzyılın hafif, şeffaf, dinamik ve belirgin malzemelerinin kullanımı ile yapılmış çağdaş bir alanla tamamlamak üzere tasarlanmıştır. Yapıda eski ve yeninin sentezi; estetik olarak zıtlık ilkesinin benimsenmesiyle oluşturulmuştur. Yeni ek, tamamen işlevsel kalıcı bir bina olmasına rağmen, geçici bir yapı gibi geçicilik hissi verir.

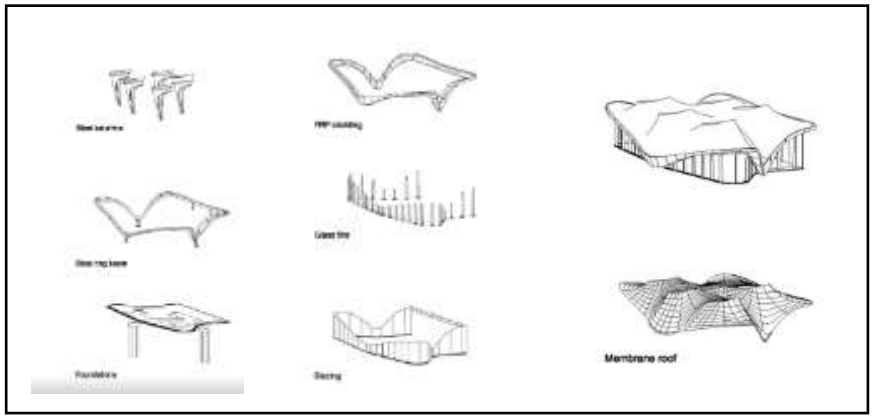


Şekil 4.5: Serpentine Sackler Galerisinin yeni eki (Archello, 2021)



Şekil 4.6: Restoran ve sosyal alan olarak tasarlanmış yeni ek (Archdaily, 2021)

Hafif bir strüktür olan membran sistem ile tasarlanan çağdaş ekte çelik ve membran malzemeleri kullanılmıştır. Yeni ekin çatısının antiklastik eğriliği, heykelsi ve organik formuyla hareketli bir mekân görünümü sağlamaktadır (Şekil 4.7). Yeni ekin çatısının en yüksek noktası 8.95 metredir. Yeni ek; 900 metrekaredir. Yeni ek, cam elyaf dokuma membran ile tasarlanmıştır. Membran, binanın yük taşıyan yapısının bir parçasıdır.

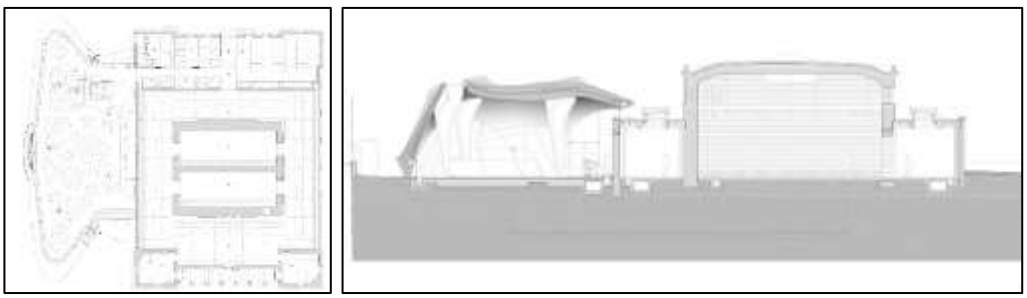


Şekil 4.7: Yeni ekin çatısının oluşumu (Archello, 2021)

Çatıda; membranın destek elemanları olarak çelik çevre kirişi ile beş adet çelik kolon bulunur ve membran örtü kolonların birbirine bağlanmasını sağlar. Bahsedilen beş adet çelik kolon (Şekil 4.8 ve 4.9) özel olarak tasarlanmıştır ve gün ışığının içeri alınmasını sağlarlar. Çatının çelik çevre kirişi; önde, arkada ve batı tarafında zemine doğru eğimlidir. Doğu tarafında ise bu çevre kirişi (yeni ekin çatısı) yığma yapının üzerine doğru uzanır (Şekil 4.10).



Şekil 4.8: Serpentine Sackler Galerisinde kullanılan çelik kolon detayı ve görünüşü (Archdaily, 2021)



Şekil 4.9: Yeni ekin beş adet çelik kolonunun plandaki yeri ve kesiti (Archdaily, 2021)



Şekil 4.10: Çatı planı ve kuzey görünüş- Yeni ekin çatısının (membran yapı) yığma yapının üzerine doğru uzandığını gösteren plan ve görünüş (Archdaily, 2021)

Yeni ekin duvarlarında çerçevesiz cam kullanılmıştır. Duvarlarda camın tercih edilmesi sayesinde yeni ekin çatısı tarihi binanın üzerinde havada asılıymış gibi bir görünüme sahiptir. Yeni ekin hafif yapısı, tarihi binanın dış tuğla duvarının özgünlüğünün fark edilmesini sağlar (Şekil 4.11).

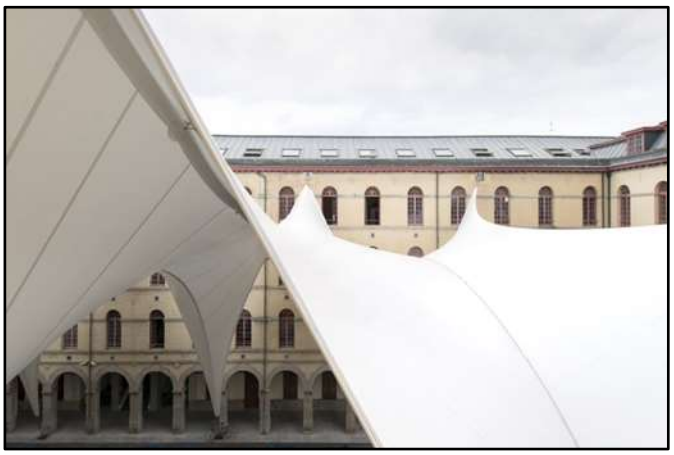


Şekil 4.11: Yeni ekin çerçevesiz cam duvarları (Archdaily, 2021)

Tablo 4.2: Serpentin Sackler Galerisinin Ölçütleri

Serpentine Sackler Galerisi			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	Yığma Sistem	Membran Sistem	Çelik İskelet Sistem (Üst Örtü)
Geçilen Max Açıklık	5 metre	9,50 m	5 m
Malzeme	Taş	Membran	Çelik
Formu	Düz	Eğri	Düz
Fonksiyon	Eskiden barut deposu/Şu an Galeri	Sosyal alan ve restoran	Dükkân ve ofisler/ Galeri üst örtüsü

4.1.2 Carré Des Arts



Şekil 4.12: Carré Des Arts (Ney & Partners+Agwa, 2023)

Tablo 4.3: Carré Des Arts'ın genel bilgileri

Yeni ek yapı mimarı	Agwa, Ney & Partners
Bulunduğu Yer	Mons, Belçıka
Yapım Yılı	2014
Alan	3570 m²
İşlev (Fonksiyonu)	Yığma yapı- Eski Hollanda askeri kışlası-Şu an-Sanat okulu-kültür merkezi-ofis ve konservatuar Yeni ek-Açık Membran Sistem-Avlu-Sanatsal etkinlikler
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Yığma Sistem-Açık Membran Sistem
Geçilen Maximum. Açıklık	25 metre
Yeni Ek (Membran) Alanı	Avlu:60*25: 1500 m2 Membran alanı:1600 m^2
Yeni Ekin Birleşim Biçimi	Çatı eki -Avlu üst örtüsü
Yapının Maximum Yüksekliği	19 m

Yapı Mons, Belçika'da bulunmaktadır (Şekil 4.12). "Carré des Arts", günümüzde bir sanat okulu, çalışma ofisleri ve konservatuar olarak kullanılan yapı, eski bir Hollanda askeri kışlasının dönüştürülmesiyle oluşturulmuştur. Mons'a 1824-1827 yıllarında modern bir kışla inşa edilmiştir. İnşa edilen kışla, Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra "Binbaşı Sabbe" olarak adlandırılmıştır ve İkinci Dünya Savaşı'na kadar faaliyette kalmıştır. (Şekil 4.13) Daha sonra kullanılmayan kışla 1995'te sanat okuluna dönüştürülmüştür (Visitmons.be, 2021).



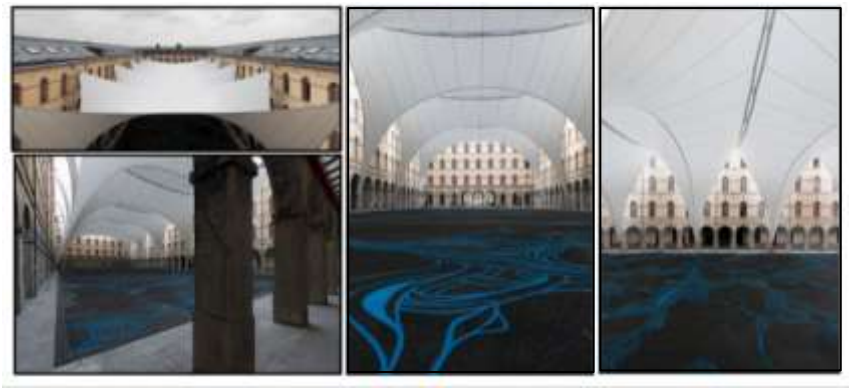
Şekil 4.13: Tarihi Binbaşı Sabbe kışlası (Visitmons.be, 2021)

Binanın avlusu, Mons şehrinin kültürel yaşamında önemli bir yer tutan festival etkinliklerine ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 4.14). Yapı avlusu, festival organizasyonlarının optimize edilebilmesi için membran bir örtü ile kapatılmıştır. Böylece yıl boyunca avlunun kullanılabilirliği artırılmıştır (Wbarchitectures.be, 2021).



Şekil 4.14: Carré Des Arts'ın avlusundaki festival etkinliği (Ney & Partners+Agwa, 2023)

Carré des Arts olarak bilinen tarihi askeri binanın avlusuna membran bir çatı örtüsü eklenmiştir (Şekil 4.15). Avlu çeşitli sanat etkinliklerine ev sahipliği yapmaktadır. Avlu 1200 kişiye kadar ağırlayabilecek kapasitededir. Şehir merkezindeki en büyük açık hava avlusu olan avlu, yapının kemerlerine ve ritmine uygun olarak beş büyük kubbe ile örtülmüştür. Membranlar, istenildiğinde tamamen çıkarılabilir (Ney & Partners+Agwa, 2023).

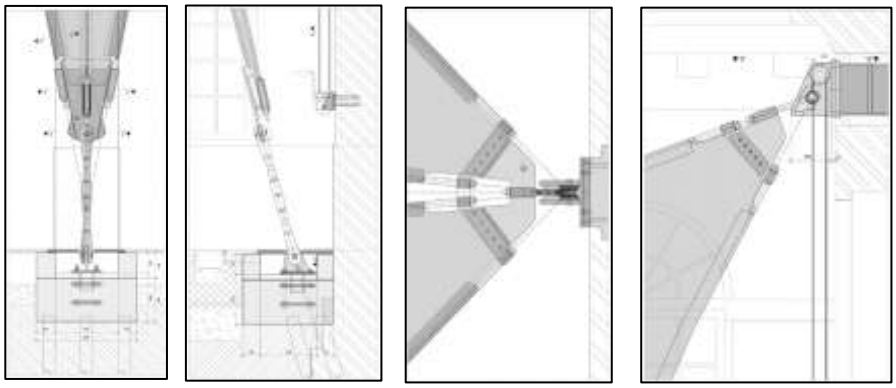


Şekil 4.15: Carré Des Arts'ın avlusunun membran örtü ile kapatılması (Ney & Partners+Agwa, 2023)

Membran yapı, kolay ve hızlı bir kuruluma olanak sağlamaktadır ve tüm yapısal donatılar mevcut yığma yapıya monte edilmiştir (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17). Avlu büyüklüğü 60*25 metredir. Avluyu örten membran alanı ise 1600 m^2'dir. Avlunun asfaltına gökyüzünü yansıtan eğri bir ağ çizilmiştir (Architizer, 2021).



Şekil 4.16: Carré Des Arts'ın avlu üst örtüsü olan membranın yığma yapıya monte edilmesi (http://www.agwa.be/en/projects/08011_CARRE/98/)



Şekil 4.17: Carré Des Arts'ın açık membran sistem detayı (Ney & Partners+Agwa, 2023)

Tablo 4.4: Carré Des Arts'ın sistem ölçütleri

Carré Des Arts		
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	
	Yığma Sistem	Açık Membran Sistem
Geçilen Max Açıklık	12 m	25 m
Malzeme	Taş	Membran
Formu	Düz	Eğri
Fonksiyon	Eskiden askeri kışla/Şu an sanat okulu	Avlu-Sosyal etkinlikler

4.1.3 Alman Tarih Müzesi



Şekil 4.18: Alman Tarih Müzesi (Deutsches Historisches Museum, 2023)

Tablo 4.5: Alman Tarih Müzesinin genel bilgileri

Yeni ek yapı mimarı	Ieoh Ming Pei
Bulunduğu Yer	Berlin, Almanya
Yapım Yılı	1997-2003
Alan	Eski yapı: 30.000 m^2 Yeni ek: 4.700 m^2
İşlev (Fonksiyonu)	Yığma yapı-Tarihi cephanelik -Şu an-Müze Yeni ek yapı- Geçici sergiler ve galeriler Avlu-Sanatsal etkinlikler
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Yığma Sistem-Uzay Kafes Sistem-Çelik ve Beton İskelet Sistem
Geçilen Max. Açıklık	40 metre

Tablo 4.5 devamı

Yeni Ek Alanı	Avlu:40*40:1600 m2-Üst örtü alanı: 1745 m^2 Ek bina: 4.700 m^2
Yeni Ekin Birleşim Biçimi	Çatı eki -Avlu üst örtüsü / Tarihi yapı ile toprak altında birleşen yeni bir ek bina
Yapının max. yüksekliği	23 metre

Alman Tarihi Müzesi, Berlin'in Mitte semtinde bulunan tarihi bir cephaneliğin dönüştürülmesiyle oluşan bir müzedir (Şekil 4.18). Unter den Linden bulvarı üzerindeki tarihi cephanelik barok tarzında tasarlanmıştır (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20). Yapı 1965 ve 1706 tarihleri arasında dört mimar tarafından inşa edilmiştir. Mimarlar Johann Arnold Nering, Martin Grünberg, Andreas Schlüter, Jean de Bodttur. 1731'den 1876'ya kadar yapı Prusya Ordusu'na silah ve savaş ganimetleri için bir cephanelik olarak hizmet etmiştir. 18. yüzyılda Brandenburg-Prusya'daki en büyük silah deposu olarak kullanılmıştır. 1877'de, eski cephanelik müzeye dönüştürülmüştür. Zamanla yapının müze gereksinimlerine yetersiz gelmesi nedeniyle yeni mekânlara ihtiyaç duyulmuştur. 1997 ve 2003 yılları arasında tarihi yapının iç avlusuna cam çatı eklemesi yapılmıştır. Ayrıca geçici galeri ve sergi mekânlarının oluşturulabilmesi için tarihi müzeye toprak altında birleşen yeni bir ek binada inşa edilmiştir (Deutsches Historisches Museum, 2023).



Şekil 4.19: Unter den Linden bulvarı üzerindeki tarihi cephanelik ve kat planı (Deutsches Historisches Museum, 2023).



Şekil 4.20: Tarihi cephaneliğin barok tarzı cephe ve bezemeleri (https://en.wikipedia.org/wiki/German_Historical_Museum)

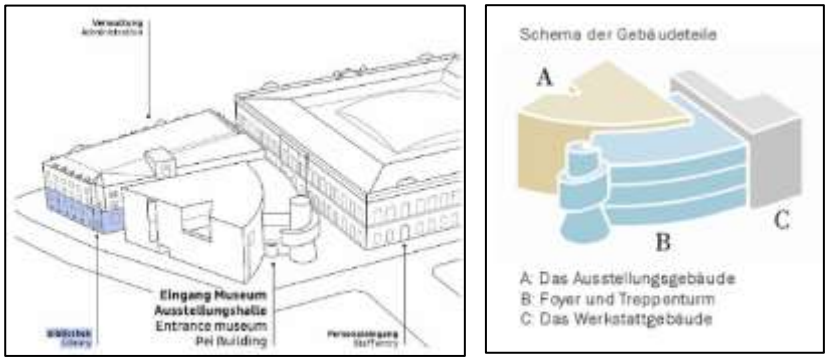
Tarihi cephaneliğin dönüştürülmesi sürecinde Alman Tarih Müzesi'ne iki adet ek yapılmıştır (Şekil 4.21). Birincisi avluya yapılan üst örtü eki, diğeri ise tarihi müzeye toprak altından birleşerek yapılmış yeni bir ek binadır. İki bina da bir yeraltı geçidi ile birbirine bağlanmıştır. Ek yapı, Çinli-Amerikalı mimar Ieoh Ming Pei tarafından tasarlanmıştır. Geçici sergileri barındırmak için özel olarak tasarlanmış yeni ek dört kattan oluşur. Yeni ekin çevreyle olan görsel sürekliliğini sağlayan cam fuayesi (Şekil 4.22), üçgen biçimli yapısı ile tarihi yapı arasında bağlantı kurulmasını sağlamaktadır (Şekil 4.23).



Şekil 4.21: Tarihi cephaneliğe gelen ekler a) Üst Örtü b) Eski yapı ile toprak altında bağlantısı olan yeni ek bina (Sönmez, 2023)

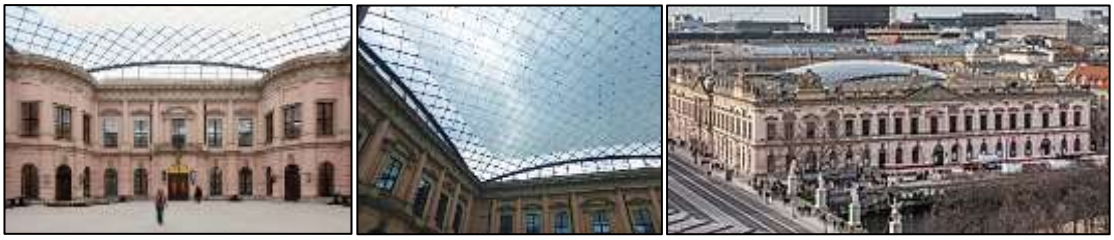


Şekil 4.22: Yeni ekin cam fuayesi (Deutsches Historisches Museum, 2023)



Şekil 4.23: Tarihi yapı ile yeni ekin üçgen biçimli yapısının şematik gösterimi (Deutsches Historisches Museum, 2023)

Yığma yapının avlusuna uzay kafes sistem ile yapılmış bir üst örtü eklenmiştir (Şekil 4.24). Üst örtü bir tenis raketinin telleri gibi, binanın bitişik duvarları arasında kablolar ve çelik profillerden oluşur. Cam çatı örtüsü 1.600 m^2 'lik avlunun üstünü örter. Eğri yüzeyli tek katmanlı çatı yapısı, binanın bitişik duvarları boyunca dikey yanal yüzeylerle desteklenmektedir. Dikey yanal yüzeylerin yüksekliği 5,5 metredir. Cam çatı avluya ışık alımını sağlamaktadır. Eklenen üst örtü sistemi ile avlu yaşayan bir kamusal mekâna dönüştürülmüştür. Avlu yeni ek ile çeşitli aktivitelerin yapılabileceği olumsuz hava şartlarından etkilenmeyecek bir duruma gelmiştir. Avluda cam malzemenin kullanılması yığma taş duvarla zıtlık oluşturmaktadır. Böylelikle camdan yapılmış farklı bir taşıyıcı sisteme sahip olan yeni ek zamanının mimarisini sergilerken eskinin orjinalliğinin okunmasını da sağlar (Sönmez, 2023).



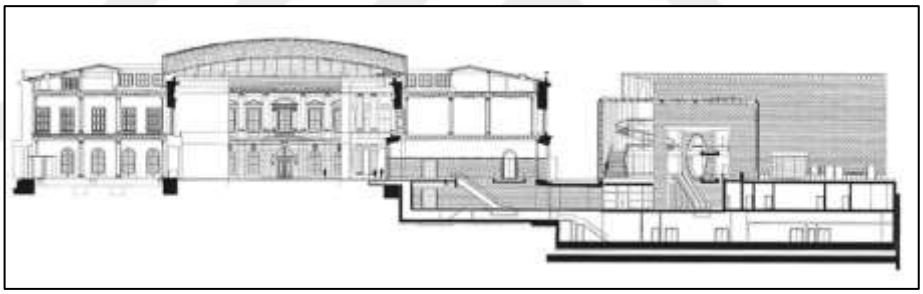
Şekil 4.24: Tarihi cephaneliğin avlusuna uzay kafes sistem ile yapılmış bir üst örtü eklenmesi (Deutsches Historisches Museum, 2023)

Değişen geçici sergiler ve galeriler Alman Tarih Müzesi'nin yeni binasında sunulmaktadır (Şekil 4.25). Yeni ek bina tarihi yapıya toprak altından bir geçit ile birleşmektedir (Şekil 4.26). Bu bağlantıyı sağlayan geçidin üzerinde dar bir sokak

bulunmaktadır. Ek binanın tarihi yapıya yer altından bağlanması tarihi yapıya olan müdahaleyi azaltmaktadır. Yeni ek tarihi yapının yüksekliğini aşmayarak eskiye karşı saygılı bir tutum sergilemektedir. Yeni ek bina, bol camlı bir cepheyle yığma yapıya doğru bakmaktadır. Maksimum şeffaflık ve optimum ısı yalıtımı elde etmek için camlarda, yüksek ışık ve daha az ısı geçişine sahip yalıtımlı camlar kullanılmıştır. Yeni ekteki cephe camları kısmen bir güvenlik iskelesi görevi görür (Mero, 2023).



Şekil 4.25: Alman Tarih Müzesinin Pei tarafından tasarlanmış yeni ek binası (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2023)



Şekil 4.26: Yeni ek binanın tarihi yapıyla toprak altından bir geçit ile bağlantısını gösteren kesit (Deutsches Historisches Museum, 2023)

Yeni ek bina; ana girişin yanında batıya konumlandırılmış camlı bir sarmal merdivene sahiptir (Şekil 4.27). Merdiven, dikey sirkülasyonu sağlamanın yanı sıra cam cepheye sahip olduğu için tarihi yapı ile görsel sürekliliği sağlamaktadır. Tamamen camlı olan merdiven kulesi, yeni ekteki büyük cam salonun bir köşesini kaplamaktadır. Merdiven kulesinin cephe formu seviyeden seviyeye göre değişir (Şekil 4.28). Merdiven kulesinin cephesi kat seviyesinde konik bir forma sahiptir. Merdiven kulesinin dikey cephe ekseni içe doğru 10 derece daha eğimlidir. Merdiven kulesinin cephesinde kavisli cam levhalar kullanılmıştır (Mero, 2023).



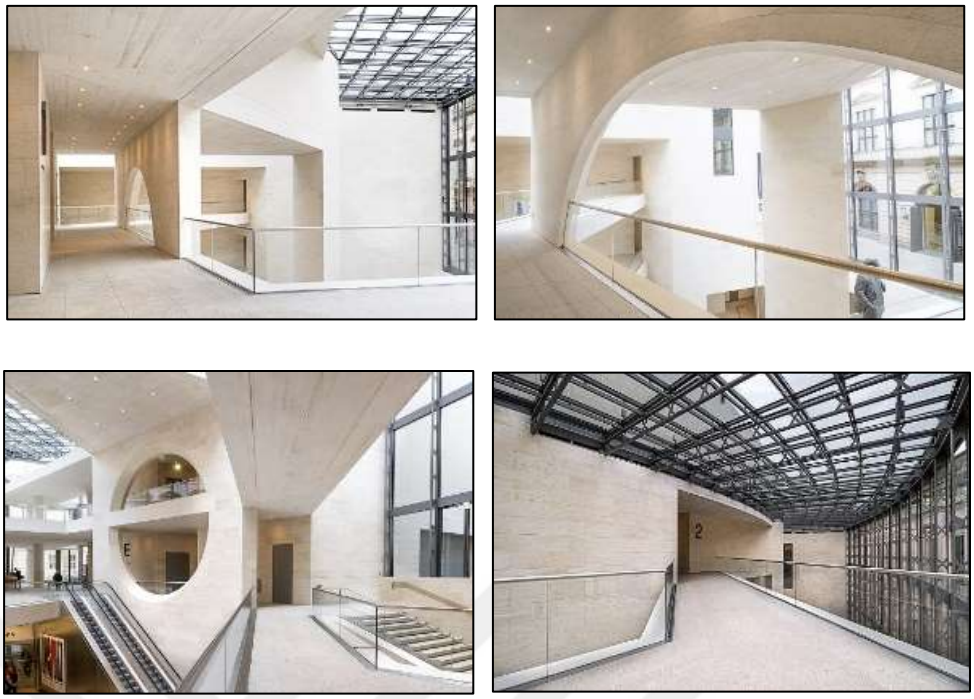
Şekil 4.27: Yeni ek binanın sarmal merdiveni (Lehmann, 2019)



Şekil 4.28: Merdiven kulesinin cephe formu (Lehmann, 2019)

Eski yapıda strüktürel olarak eski tuğla kullanımı ile yeni ek yapıda cam ve çelik kullanımı cephede kontrastlık oluşturmaktadır. Tarihi yapı ile yeni ek yapının cephesinde bu kontrastlık üzerinden bir uyum yakalanmıştır. Tarihi yapı barok tarzında inşa edildiği için daha süslü cephe özelliklerine ve bezemelerine sahiptir. Yeni yapı ise cam ve çeliğin kullanıldığı düz ve şeffaf bir cepheye sahiptir. Böylelikle yeni ek tarihi yapının daha fazla ön plana çıkmasını sağlar (Sönmez, 2023).

Yeni ek binanın iç mekânındaki duvar ve merdivenlerinde Fransız kireçtaşı ve Kuzey Amerika graniti kullanılmıştır. Granitler, yeni ek binaya açık ve havadar bir atmosfer katarak görkemli bir görünüm kazanmasını sağlamıştır (Lehmann, 2019), (Şekil 4.29).



Şekil 4.29: Yeni yapının iç görünüşleri (Lehmann, 2019)

Tablo 4.6: Alman Tarih Müzesi ölçütleri

Alman Tarih Müzesi			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	Yığma Sistem	Eğri Yüzeyli Uzay Kafes Sistem	Çelik ve Beton İskelet Sistem
Geçilen Max Açıklık	5.50 metre	40 m	20 m
Malzeme	Taş	Çelik ve cam	Çelik ve beton
Formu	Düz	Eğri	Düz
Fonksiyon	Müze	Avlu üst örtüsü-Sosyal etkinlikler	Yeni ek bina Geçici galeriler ve sergiler

4.1.4 Dresden Askeri Tarih Müzesi



Şekil 4.30: Dresden Askeri Tarih Müzesi (Studio Libeskind, 2023)

Tablo 4.7: Dresden Askeri Tarih Müzesinin genel bilgileri

Yeni ek yapı mimarı	Daniel Libeskind
Bulunduğu Yer	Dresden, Almanya
Yapım Yılı	2011
Alan	19.000 m² (Yeni alan: 10.000 m^2)
İşlev (Fonksiyonu)	Tarihi yapı-Müze- Kronolojik Sergi Alanları (Yığma yapı eskiden cephanelik olarak kullanılmıştır-Şu an-Müze) Yeni cam ve çelik ek-Ek müze alanı- Tematik Sergi Alanları
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Yığma Sistem-Çelik İskelet Sistem
Geçilen Maximum Açıklık	37 metre
Yeni Ek Alanı	10.000 m2
Yeni Ekin Birleşim Biçimi	Tek bir yapı ile ortadan birleşen bir ek (mekân)
Yapının maximum yüksekliği	98 fit-30 metre-yeni ekte

Daniel Libeskind tarafından tasarlanmış olan yapı Almanya'nın Dresden şehrinde yer almaktadır. Dresden Alman Tarih Müzesi (Şekil 4.30), Almanya'nın en büyük askeri tarih müzelerinden biridir. Yapı eski bir askeri cephanelikten müzeye dönüştürülmüştür. Yapı, 1873-1876 yılları arasında Georg Hermann Nicolai tarafından askeri cephanelik olarak tasarlanmıştır. Yapı, neo-klasik bir tarzda yapılmıştır. Yapının yüksekliği, neoklasik desenleri, cephesinin elbe kumtaşı kullanılmasıyla sarı renkli oluşu, cephaneliğin neo-klasik üslubunun yansıtılmasını

sağlamaktadır (Barnstone, 2020). Yapı, 1897'de müzeye dönüştürülmüştür. Aslen Sakson cephaneliği ve müzesi olan bina, bölgenin değişen toplumsal yapısını yansıtan bir Nazi müzesi, bir Sovyet müzesi ve bir Doğu Almanya müzesi olarak hizmet vermiştir. 1989'da, yeni birleşmiş Alman devleti müzenin yaratılmakta olan tarihe nasıl uyum sağlayacağından emin olmadığı için müze kapatılmıştır (Pieken, 2012). 2001 yılına gelindiğinde müzeye yönelik tutumlar değişmiştir ve ziyaretçilerin savaşa bakış açılarını yeniden gözden geçirmelerine neden olacak bir genişletme için mimari bir yarışma düzenlenmiştir. Müze daha sonra yeniden yapılandırılarak 2011 yılında açılmıştır (Architectuul, 2018).

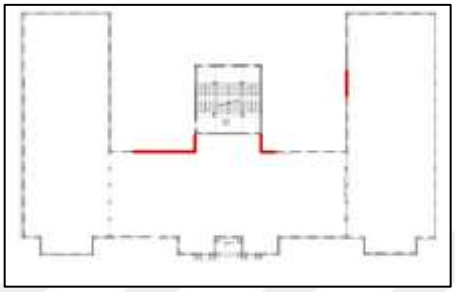
2011'de Dres'den Askeri Tarih Müzesi olarak açılmadan önce, bina altı yıllık kapsamlı bir inşaat sürecinden geçmiştir. Mimar Daniel Libeskind'in tasarımı kullanılarak, tarihi yapı çağdaş bir ek almıştır. Böylece cephanelikteki neo-klasik cephe kesintiye uğratılmıştır. Libeskind, binanın cephesine şeffaf bir ok ucu ekleyerek dışarıdan görünür bir çağdaş ek tasarlamıştır. Bu çarpıcı unsur müzenin logosuna da yansımıştır. Mimar, tarihi cephaneliğe nüfuz etmek ve ekleme ile yeni bir deneyim yaratmak istemiştir. Tarihi yapı ile çağdaş ek cephesi; estetik olarak zıtlık ilkesi benimsenerek tasarlanmıştır. Yeni ekin cephesinde cam ve delikli çelik panel kullanılmıştır. Yeni ekin cephesinin açıklığı ve şeffaflığı, mevcut binanın opaklığı ve sertliği ile kontrast oluşturmayı amaçlamaktadır. Eski yapı, otoriter geçmişin ciddiyetini temsil ederken, yeni ek demokratik bir toplumdaki ordunun şeffaflığını yansıtır. Demokratik toplumun açıklığını temsil eden yeni cephenin şeffaflığı, otoriter geçmişin ciddiyetini temsil eden mevcut binanın katılığıyla tezat oluşturmaktadır. Bu bakış açıları arasındaki etkileşim, yeni Askeri Tarih Müzesi'nin karakterini oluşturur.

Gümüş ok ucu, geleneksel neo-klasik binanın merkezinden çıkıntı yapar ve şehre bakan beş katlı, 98 fit (30 metre) yüksekliğinde bir görüntüleme platformu sağlar. Platform, savaş dönemindeki bombalamaların yapıldığı bölgeye işaret ederken modern Dresden'in manzaralarını da sunar.

Yeniden tasarlanan Dresden Askeri Tarih Müzesi, Alman Silahlı Kuvvetlerinin ana müzesi haline gelmiştir. Binanın kendisi 14.000 metrekaredir ve yaklaşık 20.000 metrekarelik iç ve dış sergi alanına sahiptir, bu metrekareye sahip olması Almanya'nın

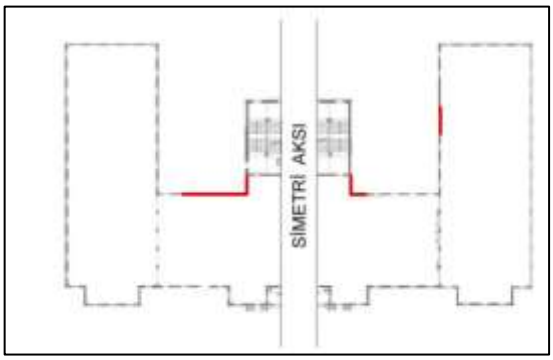
en büyük müzesi haline gelmesini sağlamıştır. Müze her yönüyle halkın savaş algısını değiştirmek için tasarlanmıştır (Architectuul, 2018).

Tarihi yapının yapısal özellikleri: Dresden Askeri Tarih Müzesinin özgün yapı planı E formuna sahiptir (Şekil 4.31). Plan düz, sade ve işlevsel bir yapıya sahiptir (Barnstone, 2020). Plan düz köşeli bir biçimde tasarlanmıştır ve yuvarlatılmış kısımları yoktur. Plan dörtgenlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur.



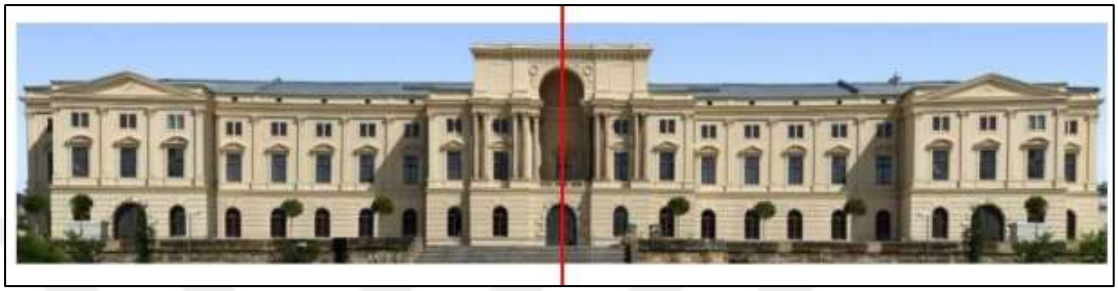
Şekil 4.31: Dresden Askeri Tarih Müzesinin özgün E formu- Kırmızı çizgiler yeni ekin geldiği yerler (Studio Libeskind, 2023)

Tarihi cephanelik planı, simetrik özelliklere sahiptir (Şekil 4.32). Planın hareketli bir cepheye sahip olabilmesi için ön cephesinde 4 adet çıkıntı düzenlenmiştir. Bu düzenleme de simetrik olarak oluşturulmuştur. Ön cephenin solundaki ve sağındaki çıkıntılar ile orta kısmındaki çıkıntılar ve girintiler aynı ölçülerde düzenlenmiştir. Özgün yapı toplamda üç katlıdır. Katlar arasındaki sirkülasyon yapının ortasına yerleştirilmiş merdiven aracılığıyla sağlanmaktadır.



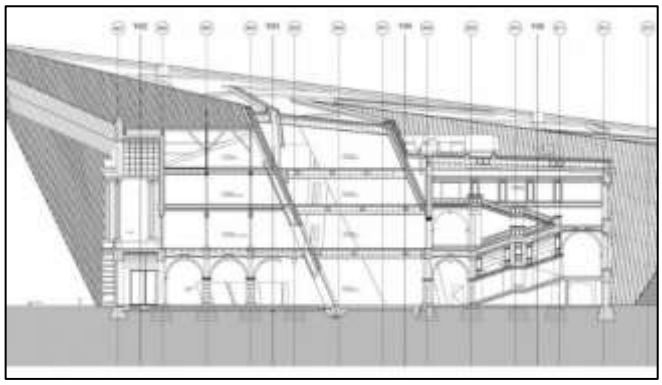
Şekil 4.32: Tarihi yapı planının simetri aksı (Bilmez,2021)

Tarihi yapının cephesinde de simetri hâkimdir (Şekil 4.33). Yapının ortasında simetri aksının olduğu varsayılırsa; simetri aksının sağ ve sol kısımlarındaki yapı elemanlarının sayı ve ölçek bakımından örtüştüğü görülür. Örneğin; pencere ve kapı sayılarının ve boyutlarının, cephedeki çıkıntıların ve girintilerin boyutlarının ve konumlarının aynı olduğu gözlemlenmiştir. Birinci ve ikinci katlardaki cephedeki gömme sütunların olduğu bölümde simetrik olarak düzenlenmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33: Tarihi yapının cephesinin simetri aksı (Rusnak, Szewczyk, 2018)

Tarihi yapının taşıyıcı sistemi yığma sistemden oluşmaktadır (Şekil 4.34). Yapıda taş kolonlar kullanılmıştır. Katlar arasındaki kolonlar bazı yerlerde kemer şeklinde birleşerek tonozlu bir yapı oluşturmuştur. Bazı zeminler ve çatı ise ahşaptan, duvarlar ve cepheler ise kumtaşından yapılmıştır. Tarihi yapının ek duvarlarının yapıldığı kısımda çelik kolon ve kirişler kullanılmıştır. Tarihi yapının yeni ek kısmı ise çelik iskelet sistem ile yapılmıştır. Yeni ekin cephesinde cam ve delikli çelik panellerin tercih edilmesi yeni ekin cephesinin şeffaf ve geçirgen olmasını sağlamaktadır (Barnstone, 2020), (Şekil 4.35).



Şekil 4.34: Tarihi yapının kesiti (Studio Libeskind, 2023)



Şekil 4.35: Tarihi cephanelik yapısının zemin katındaki yığma kolon, tonoz ve kemerler (Studio Libeskind, 2023)

Tarihi cephanelikteki yapısal elemanlar ve öğeler benzerlik göstermektedir. Cephe ve iç mekânda bezemeler kullanılmıştır (Şekil 4.36). Tarihi yapının cephesindeki kemer, pencere alınlıkları, gömme kolonlar, çatı alınlıkları bezemelerle süslenmiştir (Bilmez, 2021).



Şekil 4.36: Tarihi cephaneliğin cephesindeki bezemeler (Wikipedia,"Militärhistorisches Museum Dresden", 2011)

Tablo 4.8: Tarihi cephaneliğin bezemelerinin incelenmesi (Bilmez, 2021)

MEKAN BÖLÜMÜ	BEZEME
GİRİŞ KEMERİ	
PENCERE ALINLIKLARI	
GÖMME KOLONLAR	
ÇATI ALINLIĞI	
KEMER TAŞIYICILARI	
YATAY BANT	

İç mekândaki bezemeler, tonozların ve kemerlerin üzerine işlenmiştir. Kolonların üzerine tonozlara göre daha sade bezemeler işlenmiştir (Frearson,"Dresden Museum", 2011), (Şekil 4.37).

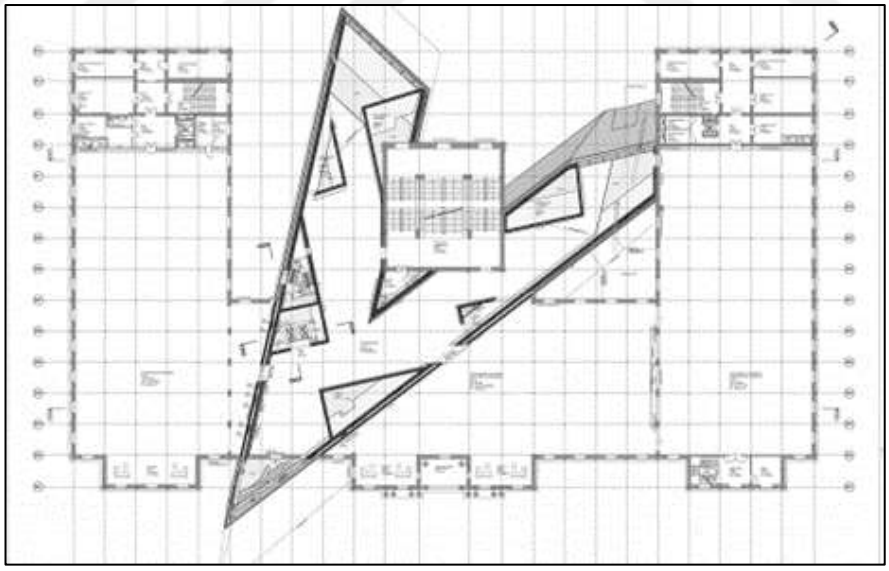




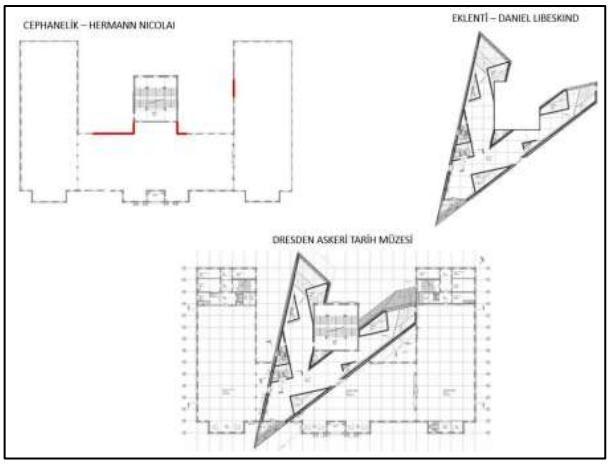
Şekil 4.37: Cephaneliğin iç mekânındaki bezemeler (Frearson,"Dresden Museum", 2011)

Ek Yapı

Cephanelik müzeye dönüştürüldükten ve 2001 yılındaki tasarımından sonra çağdaş bir ek almıştır. Neoklasik olarak yapılmış tarihi cephanelik, Daniel Libeskind tarafından dekontrüktivist olarak tasarlanmış bir ek ile içten ve dıştan çapraz olarak bölünmüştür. (Baird, 2016) Çağdaş ek, yerden 30 metre yükseklikte, cam, çelik ve betonun kullanılması ile şeffaf bir ok ucu biçiminde tasarlanmıştır. Ekin dış cephesinde delikli çelik paneller kullanılmıştır (Barnstone, 2020). Ok ucu formlu yeni ek çağdaş malzemeler ile tasarlandığı için eski yapının cephesi ile kontrastlık oluşturmaktadır. Yeni ek; Dresden Askeri Tarih müzesini ortadan keserek cepheye taşacak bir biçimde yapıya yerleştirilmiştir. Dekonstrüktivist tarzda tasarlanmış bir ektir. Libeskind tarafından tasarlanmış ek yapı tarihi cephaneliğin simetrisini bozarak daha hareketli ve göze çarpan bir formun oluşmasını sağlamıştır. Ek yapı dörtgenlerden oluşan düzgün simetrik planın ortasından yükselerek yapının cephesinden dışarı doğru taşmaktadır (Şekil 4.38). Böylelikle dörtgen biçimli tarihi cephanelik planı çelik, kama biçimli yapı ile çapraz olarak bölünmektedir (Bilmez, 2021), (Şekil 4.39).



Şekil 4.38: Tarihi cephanelik ile yeni ekin birleştiği plan (Studio Libeskind, 2023)



Şekil 4.39: Dresden Askeri Tarih Müzesi Plan Analizi (Bilmez,2021)

Müzeye giriş cephanelikten sağlanmaktadır. Yapı içerisinde çeşitli sergiler bulunmaktadır. Cephanelik kısmında daha çok tarihe ait sergiler bulunurken, yeni ekte ise, tematik sergiler bulunmaktadır (Pieken, 2012). Kronolojik sergide üç zaman dilimine ait sergiler yer almaktadır: 1300-1914, 1914-1945 ve 1945-günümüzdür. Yeni ekte yer alan tematik sergide kronolojik sıralamaya uygun sergiler yerine çeşitli sergi başlıklarıyla düzenlenmiş sergilemeler mevcuttur. Örneğin; savaş ve müzik, moda ve dil gibi temalar üzerine sergiler mevcuttur (Cercel, 2018), (Şekil 4.40).

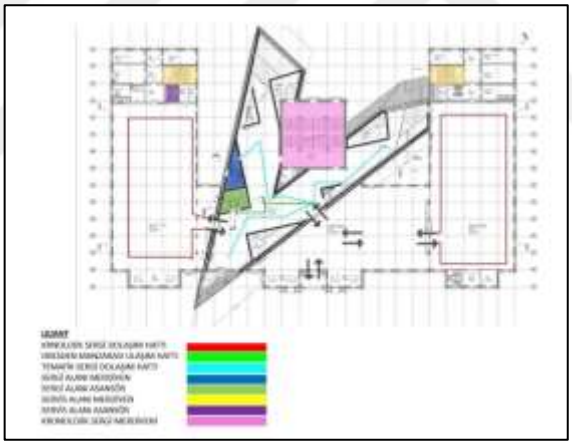


Şekil 4.40: Teknoloji ve Ordu Tematik Sergi Alanı İç Görünüş (https://retaildesignblog.net/2017/11/23/military-museum-by-studio-libeskind-dresden-germany/)

Eklentiler

Yeni ekin cephanelik yapısına entegre edilmesi ile birlikte planda bazı değişiklikler meydana gelmiştir. Yeni ek, eski yapı planındaki bazı duvarların yıkılmasına sebep olmuştur. Tarihi yapının birinci ve ikinci katlarına ulaşmak için yapının tam ortasında bulunan merdivenler kullanılmaktadır (Jaeger, 2020), (Şekil 4.41). Ayrıca yapıda sadece duvarlar yıkılmamıştır. Tarihi yapının sağ ve sol kısımlarının uç kısımlarına duvarlar eklenmiştir. Eklenen duvarlar merdiven, asansör gibi servis alanları oluşturmuştur. Böylece sergi ve servis alanlarının sirkülasyonu birbirinden ayrılmıştır (Barnstone, 2020).

Tarihi yapıdaki serginin birinci ve ikinci katlarına ulaşım için ziyaretçilerin yeni ek içindeki sergiyi de ziyaret etmesi gerekmektedir. Böylece iç içe geçmiş sergi alanları oluşturulmuştur (Busby, Muller, ve Woolford, 2015), (Şekil 4.42).



Şekil 4.41: Dresden Askeri Tarih Müzesinin Sirkülasyonu (Bilmez,2021)

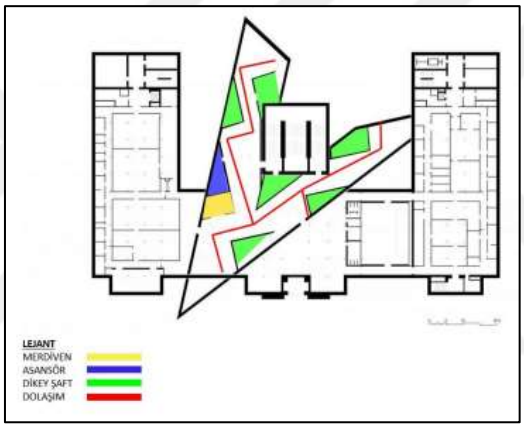


Şekil 4.42: Tarihi yapı ile yeni yapı mekân birleşimi (Military History Museum | Holzer Kobler Architekturen, 2011)

Yeni ek, biçim ve malzeme kullanımı açısından tarihi yapıyla ciddi bir biçimde ayrışmaktadır. Böylece eski ve yeni arasındaki fark dışarıdan net bir şekilde okunabilmektedir.

Yeni ekin iç mekân analizi

Yeni ekin içerisinde sirkülasyon merdiven, asansör ve rampalar ile sağlanmaktadır (Şekil 4.43). Katlar arasında yer alan sergilerin dolaşımını merdivenler sağlamaktadır (Şekil 4.44). Asansör sadece 4. Katta bulunan seyir terasına erişimi sağlamaktadır. Yeni ekin bazı kısımlarında rampalar kullanılmıştır. Böylece rampalar sayesinde sergi alanında farklı açılarda deneyimlerin oluşması sağlanmıştır (Şekil 4.45).



Şekil 4.43: Yeni ekin sirkülasyon diyagramı (Bilmez,2021)

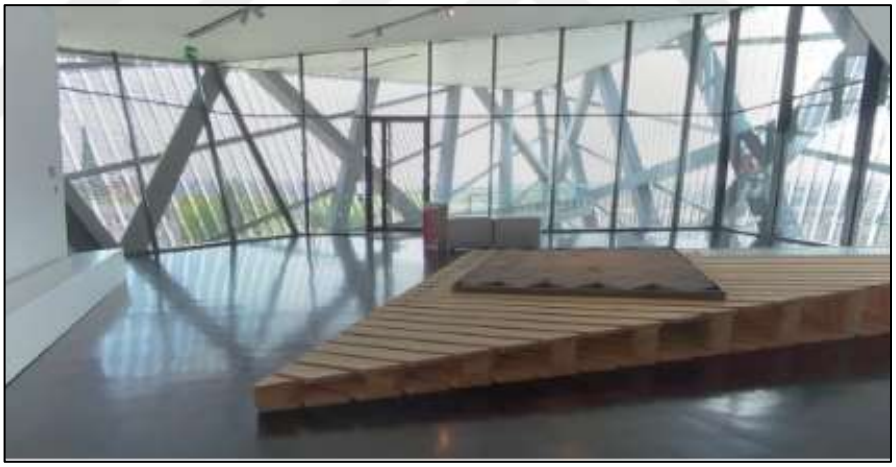


Şekil 4.44: Dresden Askeri Müzesinin yeni ekinin merdivenleri (Studio Libeskind, 2023)



Şekil 4.45: Yeni ek içindeki rampalar (Military History Museum | Holzer Kobler Architekturen, 2023)

Yeni ekin dördüncü katında yani son katta seyir terası bulunmaktadır (Şekil 4.46). Bu kata ulaşım sadece asansörle sağlanmaktadır. Bu katta ahşap sergileme üniteleri ile beyaz bank bulunmaktadır (Cercel,2018).



Şekil 4.46: Dresden Tarihi Askeri Müzesinin seyir terası (Durchs Militärhistorische Museum Dresden -YouTube_,2023)

Yeni ekte altı adet dikey şaft bulunmaktadır. Bu dikey şaftlar eski ve yeni yapı için gerekli olan ışığın mekân içine alınımını sağlarlar (Pieken, 2012), (Şekil 4.47).



Şekil 4.47: Dersden Askeri Müzesinin dikey şaftı (Studio Libeskind, 2023)

Tablo 4.9: Dresden Askeri Tarih Müzesinin ölçütleri

Dresden Askeri Tarih Müzesi			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	Yığma Sistem	İskelet Sistem	Düzlem Çubuk Sistem
Geçilen Max Açıklık	-	5 metre	37 metre
Malzeme	Taş	Çelik ve beton	Çelik
Formu	Düz	İç mekânlar	Eğri (Kama formlu)
Fonksiyon	Kronolojik sergi alanı	Tematik sergi alanı	Tarihi yapıyı bölen ve yeni yapının iç mekânlarını örten kabuk sistem

4.1.5 Elbphilharmonie Hamburg Binası



Şekil 4.48: Elbphilharmonie Hamburg Binası (Herzog & de Meuron, 2023)

Tablo 4.10: Elbphilharmonie Hamburg Binası genel bilgileri

Mimarı	Eski yapı mimarı: Werner Kallmorgen Yeni ek mimarı: Herzog & de Meuron
Bulunduğu Yer	Hamburg, Almanya
Yapım Yılı	2016
Alan	Bütün binanın brüt kat alanı:125.512 m^2/Eski deposunun (Kaispeicher A Depo) brüt kat alanı: 61.333 m^2
İşlev (Fonksiyonu)	Eski yapı-Eskiden Depo-Şu an -Kültür merkezi / Yeni Ek-Kültür Merkezine ek olarak tasarlanmıştır.
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Yığma Sistem- Çelik İskelet Sistem-Betonarme İskelet Sistem
Geçilen Max. Açıklık	50 metre
Yeni Ek Alanı	64.179 m^2
Yeni Ekin Birleşim Biçimi	Tek bir yapı ile düşey olarak birleşen bir ek (mekân)
Yapının maximum yüksekliği	Kaispeicher A Deposu yüksekliği: 37 m Yeni ek: 71 m Toplam yükseklik: 108 m
Yapının kat adedi	Eski yapı :8 Yeni yapı: 17 Toplam kat adedi: 25

Tarihi Kaispeicher depo yapısının yeni ek almasıyla tasarlanan Elbphilharmonie Hamburg Binası (Şekil 4.48), 2015 yılında Almanya'nın Hamburg şehrinde Herzog & de Meuron tarafından tasarlanmış devasa bir konser salonudur. Yapı, Hamburg'da yaşayan insanların ve turistlerin yapıyı olabildiğince çeşitli şekilde kullanabilmesi için farklı kamusal mekanlar üretecek bir biçimde tasarlanmıştır. Yapı yeni eki ile birlikte bünyesinde filarmoni orkestrası salonu, oda müzik salonu, restoranlar, barlar, seyir terası, daireler, bir otel ve otopark alanlarını bulundurmaktadır. Tüm bu işlevler tek bir binaya yerleştirilmiştir (Arkitektuel,"Elbphilharmonie Hamburg", 2023).

Kaispeicher yapısı tarihi açıdan önemli bir yerde inşa edilmiştir. Hamburg'un bir ticaret merkezi olduğu 1875 yılında, gelen gemileri karşılamak için bu alana neo-gotik tarzda bir çan kulesi inşa edilmiştir (Şekil 4.49a). 2. Dünya Savaşı'nda büyük hasar alan çan kulesi neredeyse yok olmuştur.1963-1966 yılları arasında çan kulesinin olduğu yere Kaispeicher depo yapısı yapılmıştır (Şekil 4.49b). Werner Kallmorgen'in tasarladığı Kaispeicher depo yapısı, şehrin en büyük deposu olarak inşa edilmiştir. Kakao, çay ve tütün 1990'lara kadar burada depolanmıştır. Konteyner taşımacılığındaki artışla birlikte, deponun önemi oldukça azalmıştır. Bu tarihi bina işlevini yitirince yeni ek yapılarak kültür merkezine dönüştürülmüştür (Şekil 4.49c).

2007 yılına kadar burası yine de depo olarak kullanılmıştır. 2007 yılında tamamen boşaltılarak konser salonunun çalışmalarına başlanmıştır. Temeli atılarak inşaat çalışmalarına başlanan Kaispeicher yapısının içi tamamen boşaltılmıştır. Sadece tuğla cepheler bozulmadan kalmıştır (Şekil 4.50). Ardından, mevcut yapıya ek olarak 15 metre derinliğinde 650 adet betonarme kazık daha çakılmıştır, böylece bina Elbphilharmonie konser salonunu destekleyebilecek duruma gelmiştir. Ek yapı cam ve çelik malzeme ile üretilmiştir. 108 metre yüksekliğe sahip yeni kültür merkezi tarihi binanın üzerinde düşey olarak konumlandırılmıştır (Archello,"A New Place", 2023).

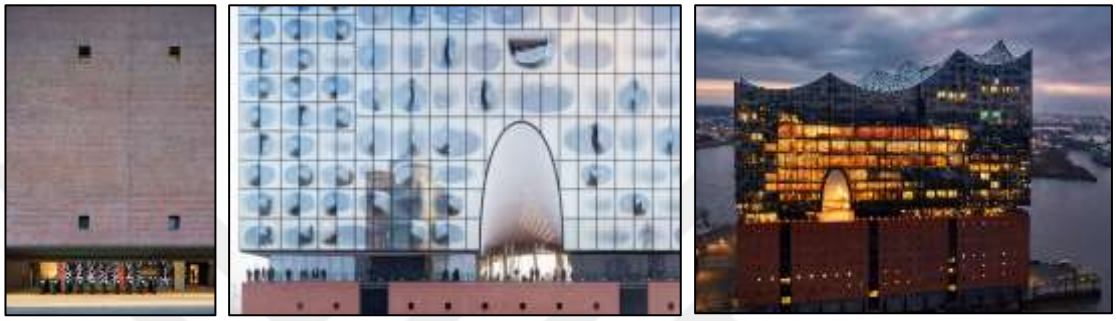


Şekil 4.49: Elbphilharmonie Hamburg Binası'nın değişim süreci a) Neo-gotik çan kulesi b) Kaispeicher depo yapısı c) Elbphilharmonie Hamburg Binası (Şanlı ve Kavraz,2023)



Şekil 4.50: Kaispeicher yığma yapısının içinin boşaltılması (Herzog & de Meuron, 2023)

Eski yapı, yeni ek için ideal bir yapı temeli sağlamaktadır. Dışarıdan okunabilirliği dış cephede yapı siluetine katkı sağlamaktadır. 19. Yüzyılda depo olarak kullanılan Kaispeicher tarihi binasına yeni ek eklenmesiyle; yapının pencereleri, temelleri, duvarları ve çeşitli dekoratif unsurları zamanın mimari tarzına uyum sağlamaktadır. Yapının yığma duvar cephesi 50 x 75 cm boyutlarında belli bir düzende sıralanmış açıklıklar ile bölünmektedir. Yeni ek cephesinde ise boydan boya uzanan cam paneller bulunmaktadır (Archdaily, Elbphilharmonie Hamburg, 2023), (Şekil 4.51).



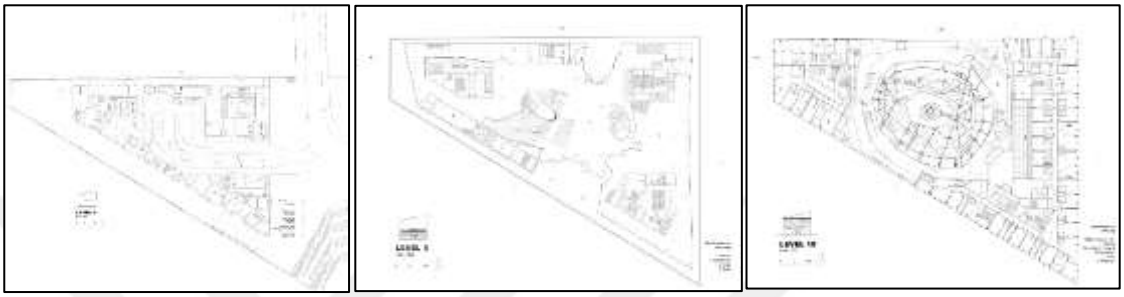
a b c

Şekil 4.51: Elbphilharmonie Hamburg Binasındaki açıklıklar a) Yığma cephenin açıklıkları b) Yeni ek cephenin cam panelleri c) Tarihi yapı ile yeni yapının cephede birlikte oluşturduğu açıklıklar (Archdaily, Elbphilharmonie Hamburg, 2023)

Elbphilharmonie Kültür Merkezi, ünlü mimarlar Herzog ve Meuron tarafından tasarlanmış bir yapıdır. Yapının alt kısmı eski tuğladan, üst kısmı ise camdan oluşmaktadır. Kıvrımlı bir tasarıma sahip olan cam yapı elmas gibi şehrin merkezinde parlayarak dikkat çekmektedir. Estetik açıdan eski yapı ile yeni yapı arasındaki uyumun cephe tasarımında zıtlık ilkesi üzerinden kurulduğu görülmektedir. Tarihi yapının düz, sağlam ve klasik cephe özelliklerine karşın yeni yapıda kullanılan malzeme ve tasarım şeffaf ve dikkat çekicidir. Ancak bahsedilen malzeme türü ile zıtlıktan kaynaklanan bir uyum yakalanmıştır. Tarihi yapı yalın cephe tasarımıyla sağlam ve dik bir duruş sergilerken ek yapı cephesinde kullanılan cam malzeme ile daha dikkat çekici kılınmıştır (Archdaily, Elbphilharmonie Hamburg, 2023).

Yeni ekin zemin planı, üzerinde yükseldiği eski bina ile aynıdır. Bununla birlikte, yeni ek tabanında ve tavanında, altındaki deponun sade şeklinden farklı bir plan çizgisine sahiptir (Şekil 4.52). Çatının dalgalı kıvrımı, yapının tabanından 108 metrelik

yüksekliğe kadar çıkar. Elbphilharmonie Kültür Merkezi, Hamburg şehrini karakterize eden yatay yerleşim düzenine tamamen yeni bir dikey vurgu kazandıran, uzaktan görülebilen dönüm noktası niteliğinde bir yapıdır. Yeni ek; beton ve çelik iskelet taşıyıcı sisteme sahiptir. Büyük salonun geniş açıklığı da çelik iskelet sistem ile geçilmiştir. Yıkılan Kaispeicher'in temelleri, 200.000 tonluk yeni yapıyı desteklemek için güçlendirilmiştir (Herzog & de Meuron, 2023).



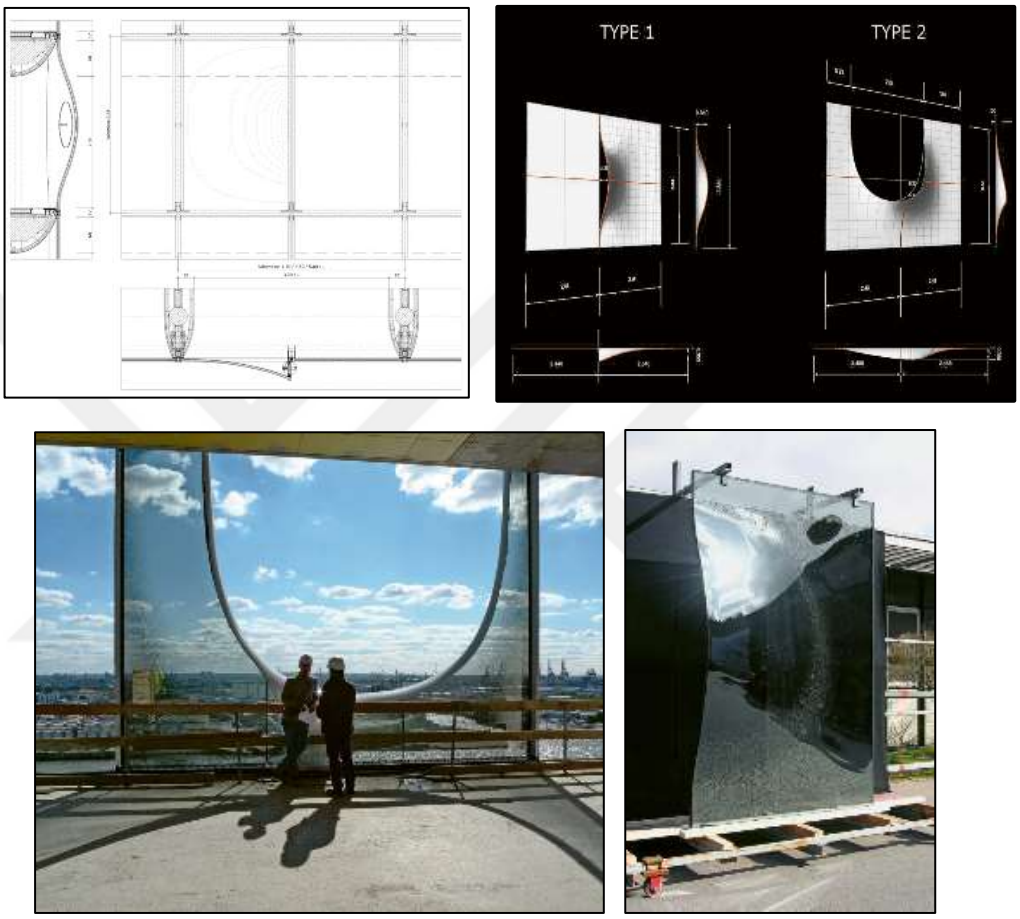
a b c

Şekil 4.52: Elbphilharmonie Hamburg Binasının planları a) Tarihi yapı planı b) yeni ekin plaza (taban) planı c) yeni ekin 19. Kat (tavan) planı (Herzog & de Meuron, 2023)

Cam Cephe

Kaispeicher depo yapısının tuğla cephesinin aksine, üstündeki yeni bina kısmen kavisli panellerden oluşan cam cephe olarak tasarlanmıştır. Cam cephe yeni binayı, büyük ve yanardöner bir kristale dönüştürmektedir. Cam cephe, gökyüzünün, suyun ve şehrin yansımalarını yakalayıp yansıtır. Elbphilharmonie'nin cam cephesinde, her biri dört ile beş metre genişliğinde ve üç metreden yüksek olan 1.100 adet panel kullanılmıştır (Şekil 4.53). Fuaye alanındaki cam panellerin yükseklikleri beş metreden bile fazladır. Cam paneller, 600°C'de milimetrik hassasiyetle ayrı ayrı şekillendirilmiştir, ardından küçük bazalt gri yansıtıcı noktalarla işaretlenmiştir. Bu sistem, yapının güneş ışığından dolayı ısınmasını engellerken aynı zamanda özel bir parıltı etkisi yaratmaktadır. Optimum bir etki elde etmek için noktaların konfigürasyonu, ilgili montaj konumlarına göre her bir cam bölme için bilgisayar tarafından hesaplanmıştır. Her bölmenin eğriliği, binanın belirli alanına bağlıdır. Balık solungaçlarını andıran cam paneller otel ve fuayeyi karakterize ederken, at nalı

şeklindeki girintiler, diyapazon görünümündeki paneller binanın en batı ucundaki dairelerin balkonlarını oluşturmaktadır. Kalite kontrol testlerinden geçen cam paneller, saatte 150 km'ye varan şiddetli rüzgarlara ve sağanak yağışlara dayanıklıdır. Elbphilharmonie'nin cam yüzeyi, 16.000 metrekarelik bir alanı kaplayacak kadardır (Archello,"A New Place", 2023).



Şekil 4.53: Elbphilharmonie Hamburg Binasının cam panellerinin detay çizimi ve tipleri (Herzog & de Meuron, 2023)

Binanın İşlev Analizi

Kullanıcılar Kaispeicher kompleksine girdikten sonra 82 metre uzunluğundaki yürüyen bir merdiven ile tüm katlara erişim sağlanmaktadır. Yürüyen merdiven, bir uçtan diğer uca doğru hafif yukarı doğru bir eğri çizer. Bu eğim sayesinde merdivenin bir ucundan diğer ucunun görülmesi olanaksız hale gelmektedir. Böylelikle merdiven kendi içinde mekânsal bir deneyim sağlar. Bu merdiven kavisli boru şeklindeki tüp

geçit içinde yer almaktadır. 82 metrelik bu yürüyen merdiven eski bina ile yeni bina arasındaki düşey bağlantının gerçekleşmesini sağlar (Şekil 4.54).



Şekil 4.54: Elbphilharmonie Hamburg Binasının 82 metre uzunluğundaki yürüyen merdiveni (https://urbannext.net/elbphilharmonie/)

Yürüyen merdiven; zemin kattaki giriş ile Hamburg limanına bakan yükseltilmiş panoramik teras alanını birbirine bağlamaktadır. Kullanıcılar 82 metrelik yürüyen merdivenden çıktıktan sonra panoramik teras alanına varırlar, daha sonra ikinci bir yürüyen merdiven ile plazanın önündeki salona ve sonra da plazaya ulaşmaktadırlar. Yani ilk yürüyen merdiven büyük bir panoramik pencereye çıkmaktadır, ikinci yürüyen merdiven ise Plaza'da bitmektedir. Aynı katta büyük salona ulaşımı sağlayan sarmal biçiminde merdiven ve rampa bulunmaktadır (Şekil 4.55). Bu merdivenler salonun önündeki fuaye alanına ulaşımı sağlamaktadır. Binanın doğu tarafından ise otel ve otopark için giriş sağlanmaktadır (Arquitecturaviva, 2023).



Şekil 4.55: Büyük salona ulaşımı sağlayan sarmal biçimindeki merdiven ve rampa (Herzog & de Meuron, 2023)

Plaza

Kaispeicher tarihi yapısının tepesinde halka açık, üstü kapalı olmayan bir plaza(teras-balkon) bulunur. Plaza, Kaispeicher yapısının üstü ile yeni binanın altı arasında (bağlantı noktasında- eski ve yeni arasında) benzersiz panoramik manzaralar sunan yeni bir kamusal alandır (Şekil 4.56). 37 metre yükseklikte bulunan plaza (bina içi meydan) şehrin manzarasının izlenilmesini sağlar. Plazanın üstündeki cephede bulunan tonozlar manzaraların izlenilmesine katkı sağlar (Şekil 4.57).

Kaispeicher'in tepesinde ve yeni binanın altında oturan teras(plaza), eski ve yeni arasında devasa bir menteşe gibidir. Eşsiz bir panorama sunan yeni bir kamusal alandır. Restoranlar, barlar, bilet ofisi ve otel lobisinin yanı sıra yeni filarmoninin fuayelerine erişim de burada yer almaktadır (Archdaily, Elbphilharmonie Hamburg, 2023).



Şekil 4.56: Elbphilharmonie Hamburg Binasının plazası (Herzog & de Meuron, 2023)



Şekil 4.57: Plazanın üstündeki cephede bulunan tonozlar ve yapım aşaması (Herzog & de Meuron, 2023)

Dikey Açıklık

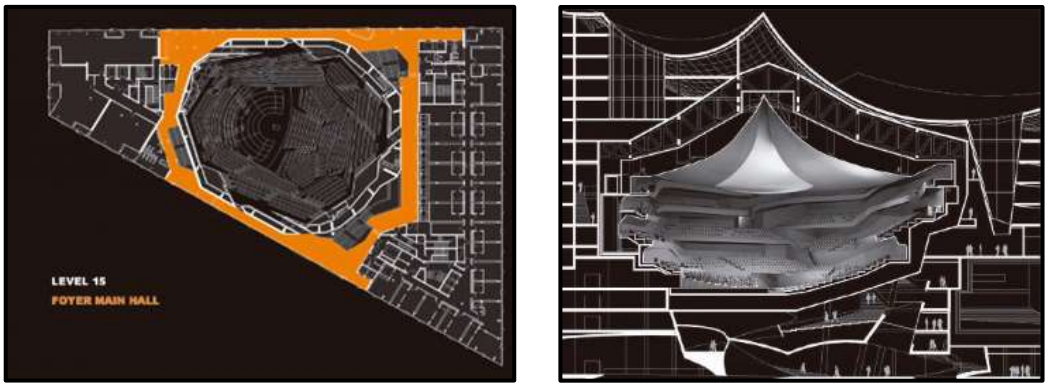
Yapı içerisinde derin bir dikey açıklık bulunur. Bu dikey açıklıkta Büyük Salon'un fuaye alanları, kafe ve otel lobisi yer almaktadır. Ayrıca yeni konser salonlarının fuayelerine erişim de bu dikey açıklığın olduğu alandan sağlanır. Bina içindeki dikey açıklıklar, plazayı farklı seviyelerdeki fuayeler ile de ilişkilendirmektedir (Şekil 4.58).



Şekil 4.58: Dikey açıklıkları gösteren perspektif kesiti (https://www.stavbaweb.cz/labska-filharmonie-hamburk-14393/clanek.html)

Fuaye Alanı

Ziyaretçilerin fuayeye ulaşımı plazadan gerçekleşmektedir. Sarmal merdiveni çıkınca, büyük ve küçük salonlara ulaşımı sağlanan fuayeye erişilmektedir. Büyük salona erişimi sağlayan fuaye alanları birçok katta bulunmaktadır. 10. katta olan küçük salonun fuaye alanına plaza üzerinden erişilmektedir ("The Halls", 2023), (Şekil 4.59).

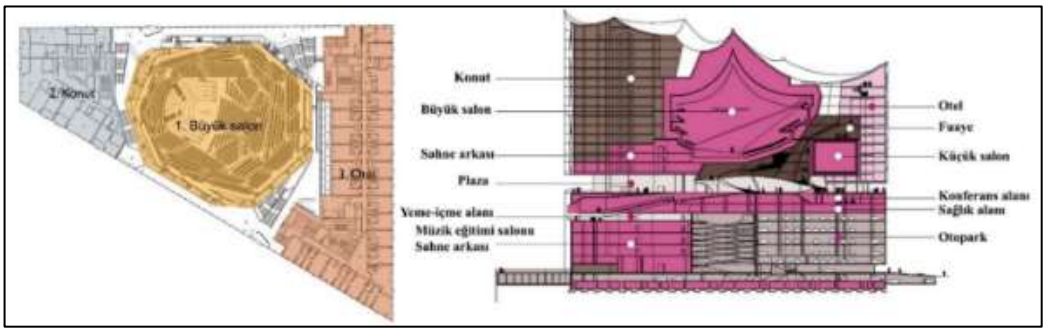


Şekil 4.59: Fuaye alanlarını gösteren plan ve kesit (Arquitecturaviva, 2023)

Büyük Salon

Büyük salon (Şekil 4.60) 2.100 kişilik oturma kapasitesine sahiptir. Büyük salon üzüm bağı biçiminde tasarlanmıştır, bundan dolayı salonda bulunan her koltuk en iyi görüntü ve sesi alabilmektedir. Salonun üzüm bağı biçimi; salonun ortasından başlayarak üst kotlara doğru katmanlı halde yerleşme düzeni oluşturur (Şekil 4.61-Şekil 4.62).

Klasik ayakkabı kutusu biçimi ile tasarlanan küçük konser salonu 550 kişilik seyirci kapasitesine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Kaispeicher tarihi binasının ve yeni eklenmiş olan Filarmoni Orkestrasının birbiriyle çelişen ve üst üste binen iki mimarisi, heyecan verici, çeşitli mekansal sekanslar sağlar (Archdaily, Elbphilharmonie Hamburg, 2023).



Şekil 4.60: Elbphilharmonie yapısının plan ve kesiti (Herzog & de Meuron, 2023)

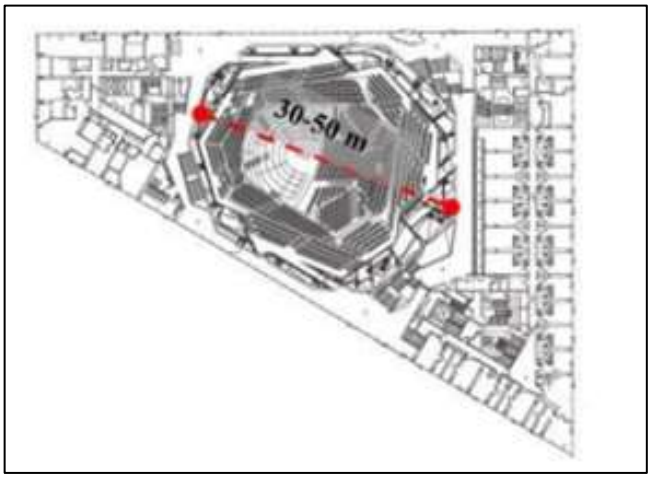


Şekil 4.61: Büyük salonun üzüm bağı şeklindeki biçimlenişi (Herzog & de Meuron, 2023)



Şekil 4.62: Büyük salonun iç görünüşü (Herzog & de Meuron, 2023)

Büyük salonun çapı zeminde 30 metredir ve salon yükseldikçe çapı 50 metre olmaktadır (Şekil 4.63). Salonun yüksekliği ise 25 metredir (Hamburg Marketing, 2021).



Şekil 4.63: Büyük salonun plandaki yeri ve çapı (Herzog & de Meuron, 2023)

Çatı

Çadırı andıran şekliyle yeni ekin çatısı, beşinci cephe olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.64). Elbphilharmonie'nin 7.000 metrekarelik çatısı, zarif kıvrımlı silüet oluşturan sekiz küresel, içbükey kıvrımlı bölümden oluşur. Ayrıca çatıya 6.000 adet parıldayan dev payet uygulanmıştır. Dik kıvrımları ve yüksek tepeleriyle çatı yapısının kendisi 1.000 ton ağırlığında ve herhangi bir destek sütunu olmadan Büyük Salon'u taşıyan karmaşık yıldız şeklindeki çelik çerçeveyi kaplar. Toplamda çatı 8.000 ton ağırlığındadır (Archello,"A New Place", 2023).



Şekil 4.64: Elbphilharmonie Hamburg Binasının çatısı (Herzog & de Meuron, 2023)

Yapım Sistemi

Kaispeicher tarihi deposunun yalnızca yığma duvarları kalacak biçimde içi boşaltılmıştır. Yeni binayı desteklemek için eski duvarlar kullanılmıştır. Eski duvarlar beton kazıklarla güçlendirilmiştir. Eski yapıya yeni eklemeler betonarme ve çelik iskelet sistem ile yapılmıştır (Şekil 4.65). Yeni binada yer alan büyük salon, çelik kafes sistem olarak inşa edilmiştir. Bu çelik sistem, betonarme perde duvarların üzerine kurulmuştur (Şekil 4.66).

Plazanın kiriş, kolon ve döşeme sistemi büyük salonun taşınmasına yardımcı olmaktadır. Büyük salonun üstü, her biri 25 metre uzunluğa ve 40 tona kadar ağırlığa sahip çelik düzlem kafes kirişlerin birleşimi ile geçilmiştir (Şekil 4.67). Bu kirişlerin iç ve dış kısmı betonarme ile örtülmüştür. Büyük salonun tamamında 342 adet çelik yay(kafes) kullanılmıştır. Böylece salonun taşıyıcı sisteminin yapıdan ayrılması sağlanmıştır. Küçük salonun taşıyıcı sisteminde ise 56 adet çelik yay(kafes) kullanılmıştır (Gfr.de, 2022).



Şekil 4.65: Eski yapıya betonarme iskelet sistem ile eklerin yapılması (Herzog & de Meuron, 2023)



Şekil 4.66: Büyük salonun çelik kafes sistem ile inşa edilmesi (Herzog & de Meuron, 2023)



Şekil 4.67: Büyük salonun çelik düzlem kafes kirişler ile üstünün inşası (Herzog & de Meuron, 2023)

Büyük ve küçük salonun üst örtüsü prekast beton elemanlar kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4.68). 20 cm kalınlıkta üretilen bu elemanlar 5 m^2 veya 20 m^2 arasında alan

kaplayacak şekilde üretilmiştir. Büyük ve küçük salonun iç kısmında metal yayların üzeri 200 mm kalınlığında püskürtme beton uygulaması ile kaplanarak salonların iç kabuk sistemi oluşturulmuştur. Büyük ve küçük salonun duvarları alçıpan uygulaması ile kaplanmıştır (Beton, 2021), (Şekil 4.69).



Şekil 4.68: Büyük salonun prekast beton elemanlar ile örtülmesi (Arquitecturaviva, 2023)



Şekil 4.69: Büyük ve küçük salonun duvarlarına yapılan alçıpan uygulaması (Herzog & de Meuron, 2023)

Tablo 4.11: Elbphilharmonie Hamburg Binası Ölçütleri

Elbphilharmonie Hamburg Binası			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	Yığma Sistem	Betonarme ve çelik İskelet Sistem	Çelik Kafes Sistem
Geçilen Max Açıklık	-	-m	50 m
Malzeme	Taş	Beton	Çelik ve beton (örtü elemanı)

Tablo 4.11 devamı

Formu	Düz	Düz-Eğri	Eğri
Fonksiyon	Eğitim salonları yürüyen merdiven otopark-Yeme içme alanı-Sağlık alanı	Otel-Konut-Plaza-Fuaye-Sahne arkası-	Büyük ve Küçük salon-

4.1.6 Smithsonian Enstitü Binası (Smithsonian Amerikan Sanat Müzesi)



Şekil 4.70: Smithsonian Enstitü Binası (Foster, 2021)

Tablo 4.12: Smithsonian Enstitü Binası genel bilgileri

Mimarı	Norman Foster ve Ortakları
Bulunduğu Yer	Washington DC, ABD
Yapım Yılı	2004-2007
Alan	
İşlev (Fonksiyonu)	Tarihi yapı- Eski Patent Binası Yeni işlev-Müze ve araştırma merkezi Avlu üst örtü eki -Kamusal mekân
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Yığma Sistem- Çubuk ağı sistem
Geçilen Maximum Açıklık	39 metre
Yeni Ek Alanı	Avlu alanı: 2601 m^2 Avlu Üst Örtü Eki: 3437 m^2
Yeni Ekin Birleşim Biçimi	Avlunun Üst Örtüsü
Yapının maximum yüksekliği	42.332 metre

Amerika’nın Washington eyaletinde bulunan eski Birleşik Devletler Patent Binası günümüzde müze olarak kullanılmaktadır. Yenileme sırasında iç avluya bir çatı (üst örtü) eklenmiştir. Günümüzde Smithsonian Enstitüsü (Şekil 4.70), ABD hükûmeti tarafından yönetilen bir müze ve araştırma merkezi olarak faaliyet göstermektedir. Bu müze, sömürge döneminden günümüze dünyanın en büyük ve en kapsayıcı sanat koleksiyonlarından birine sahiptir. Koleksiyonda 7.000'den fazla sanatçıya ait eser bulunmaktadır (Wikipedia, "Smithsonian", 2022).

1836 ve 1867 yılları arasında yığma sistem olarak inşa edilen Patent Binası, Robert Milles tarafından Yunan mimari tarzında tasarlanmıştır (Şekil 4.71). "Bilginin artırılması ve yayılması" için kurulan Smithsonian Enstitüsü kurumun kurucu bağışçısı İngiliz bilim insanı James Smithson'un adını almıştır.1958'de yıkımdan kurtarılan yapı Ulusal Portre Galerisi ve Smithsonian Amerikan Sanat Müzesi olarak kullanılmak üzere dönüştürülmüştür. Dönüştürme sırasında yapının büyük merkezi açık avlusunun üstü kapatılmıştır. Böylece ziyaretçiler müzenin galerilerinden çeşitli hava koşullarından etkilenmeden faydalanabilmektedirler. Ayrıca üst örtü eki; Washington'daki en büyük etkinlik alanlarından birinin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Foster, 2021).



Şekil 4.71: Smithsonian Enstitüsünün Yunan mimari tazında tasarlanmış cepheleri (Smithsonian American Art Museum (hotcore.info)

Yapının yenilenmesi sürecinde avlunun kapatılmasına ek olarak galeriler, çağdaş etkileşimli sergilere uyum sağlayabilecek şekilde yeniden tasarlanmıştır. Ayrıca yapıya bir laboratuvar, bir oditoryum ve büyük ölçüde genişletilmiş bir sergi alanı da eklenmiştir. Ziyaretçiler çevredeki galerilere avludan girebilirler.

Müze saatleri dışında kapalı avlu, düzenli olarak konserler ve halk gösterileri de dahil olmak üzere çeşitli sosyal etkinliklere ev sahipliği yapmaktadır. Avlunun üst örtü ile kapatılması, performanslar, resepsiyonlar, sanat enstalasyonları ve özel etkinlikler gibi çeşitli işlevleri barındıracak esnek bir alan haline dönüştürülmesini sağlamıştır (Şekil 4.72). En az malzeme ile en geniş açıklığın geçilebilmesi fikriyle tasarlanan, dalgalı, tamamen camla kaplı çatı örtüsü, avluya doğal ışığın girmesini sağlayacak bir biçimde tasarlanmıştır.



Şekil 4.72: Smithsonian Enstitüsünün kapalı avlusu (Foster, 2021)

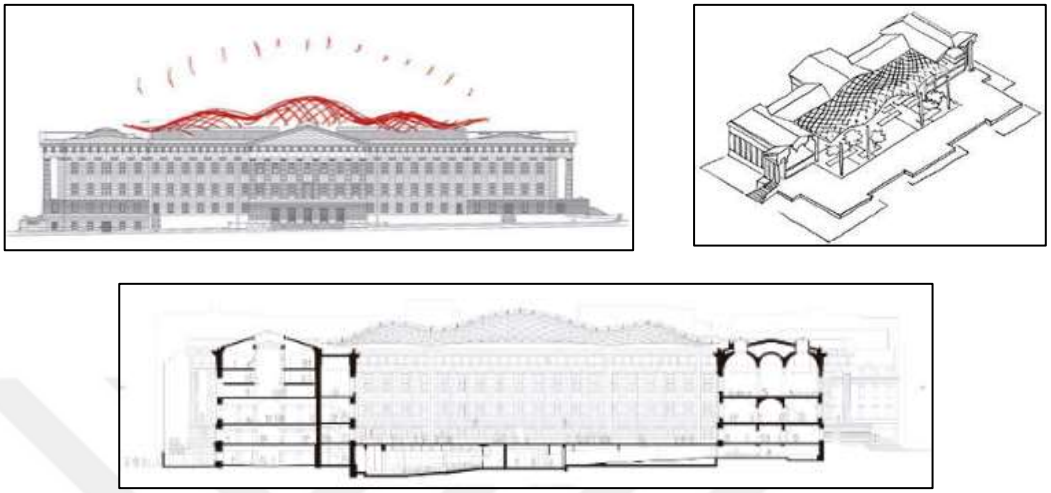
Norman Foster ve ortakları tarafından tasarlanan zarif camla kaplı eğri yüzeyli kubbeli avlu örtüsü, tarihi binaya farklı, çağdaş bir vurgu sağlamaktadır (Şekil 4.73). 2601 metrekarelik avlunun üzerinde yüzer gibi görünen dalgalı çelik çatı, doğal ışığın içeri girmesine izin verirken, ziyaretçileri hava şartlarından korumaktadır (Foster, 2021).



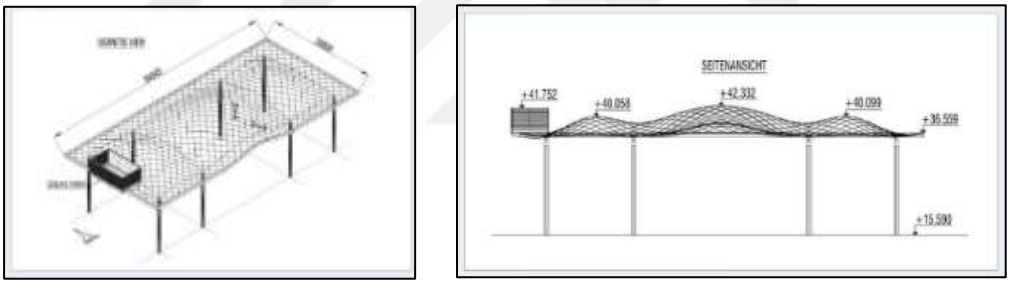
Şekil 4.73: Smithsonian Enstitüsünün camla kaplı örtüsü (Gartner, 2021)

Yeni ek; çelik elemanlar, kolonlar ve cam ile tüm çatı konstrüksiyonunu içermektedir. Yapısal olarak çatı, yumuşak kıvrımlı birbirine doğru akan ve birbirine bağlı üç tonozdan oluşur (Şekil 4.74). Yaklaşık olarak 39 m x 84 m boyutlarındaki eğri

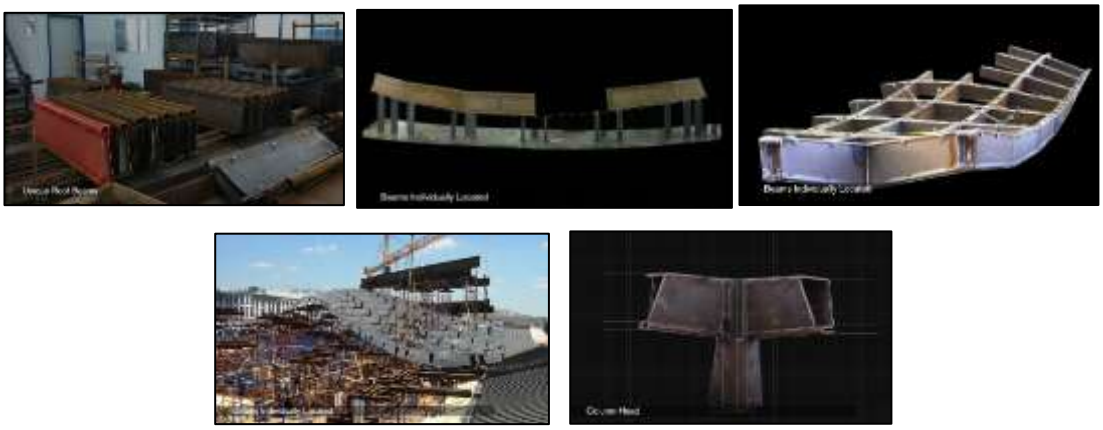
yüzeyli çatı konstrüksiyonu kaynaklı ve burkulmalı çelik elemanlardan oluşmaktadır (Şekil 4.75). Farklı boyutlarda prefabrike elemanlar kullanılmıştır (Şekil 4.76). Yeni üst örtünün alanı 3437 m^2'dir (Gartner, 2021).



Şekil 4.74: Smithsonian Enstitü binasının çatı örtü sisteminin formu (https://arquitecturaviva.com/works/remodelacion-de-la-smithsonian-institution-3)



Şekil 4.75: Smithsonian Enstitü binasının çatı örtü sisteminin boyutları (https://arquitecturaviva.com/works/remodelacion-de-la-smithsonian-institution-3)



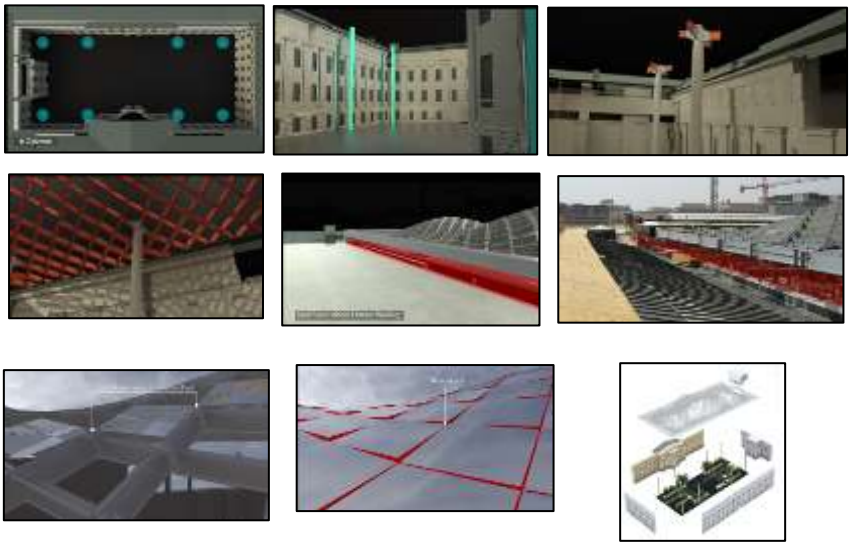
Şekil 4.76: Çatı örtüsünün oluşumunda kullanılan prefabrike çelik elemanlar (Foster, 2021)

Smithsonian Enstitü binasının üst örtüsü, her biri özel olarak yapılmış toplam 864 cam panelden oluşur. Cam, çelik çerçevelere ayrı olarak monte edilmiştir. Akustik malzemeyle kaplanmış çift camlı paneller, diagridlerin içine yerleştirilmiştir (Şekil 4.77). Ek çatı konstrüksiyonu mevcut binalar tarafından desteklenmemektedir. Çatı örtüsü, çift camlı panellerin ve çatının çelik sisteminin ağırlığının tarihi binayı etkilememesi için avlunun çevresine yerleştirilmiş sekiz adet çelik kolon tarafından desteklenir. Çelik kolonlar, 850 mm çapında çelik borulardan yapılmıştır (Şekil 4.78).

Ayrıca avlu siyah granit yer döşemesi ile kaplanmıştır. Görsel olarak, çatı, eski ile yeniyi açıkça ifade edecek bir biçimde tarihi binanın üzerinde konumlandırılmıştır (Gartner, 2021).

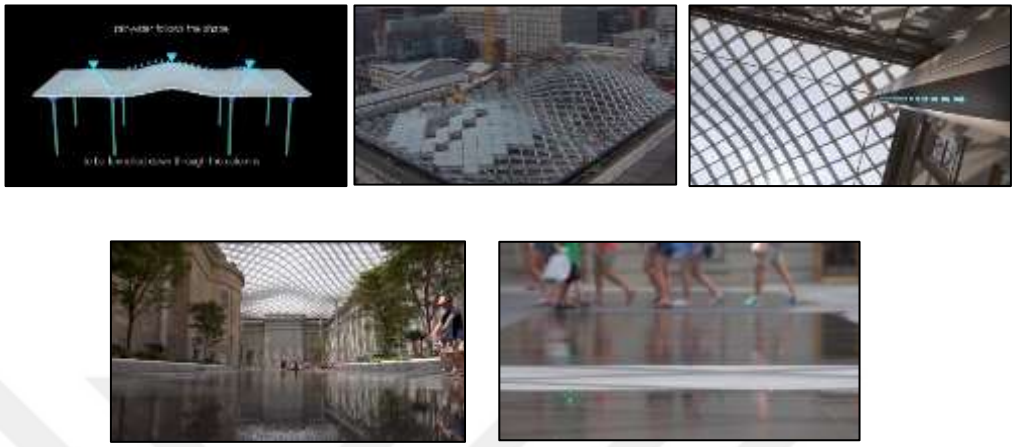


Şekil 4.77: Çatı üst örtüsünün cam ile kaplanmış hali (Foster, 2021)



Şekil 4.78: Smithsonian Enstitü binasının üst örtüsünün oluşumu (Foster, 2021)

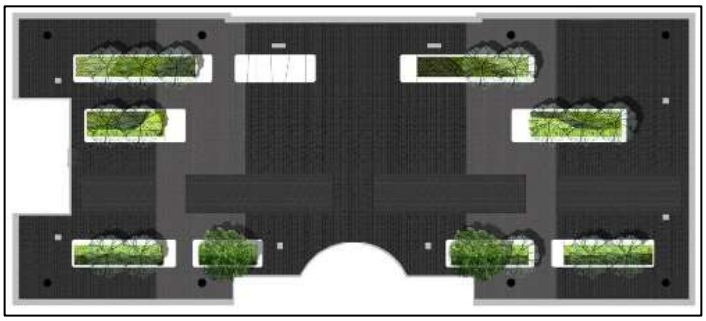
Smithsonian Enstitü binasının üst örtüsünden yağmur suyu tahliye edilirken, yağmur suyu üst örtünün biçimini takip eder ve kolonların olduğu yerlerde oluşturulmuş tünellerle su zemine doğru aktarılır (Foster, 2021), (Şekil 4.79).



Şekil 4.79: Çatı örtüsünden yağmur suyunun tahliye edilmesi (Foster, 2021)

Peyzaj tasarımı, tarihi binanın malzeme, karakter ve klasik ruhunu yansıtırken, Foster ve ortakları tarafından tasarlanan yeni cam kanopinin dokusunu ve çağdaş kalitesini de tamamlar. Avlunun iç tasarımının oluşturulmasında beyaz mermer kaplı saksılar kullanılmıştır. Beyaz mermer kullanımı ortamın dinamikliğini artırır. Peyzaj için ficus ve siyah zeytin ağaçlarının yanı sıra çeşitli çalılar ve eğrelti otları seçilmiştir (Şekil 4.80). Ayrıca avluya her biri çeyrek inç derinliğinde su birikintileri tasarlanmıştır (SAAM, 2021).





Şekil 4.80: Smithsonian Enstitü binasının avlusunun peyzaj tasarımı (https://www.ggnltd.com/the-robert-and-arlene-kogod-courtyard)

Tablo 4.13: Smithsonian Enstitü Binasının ölçütleri

Smithsonian Enstitü Binası		
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	
	Yığma Sistem	Çubuk ağı kubbe
Geçilen Maximum Açıklık	20 metre	39 metre
Malzeme	Taş	Çelik ve cam
Formu	Düz	Eğri
Fonksiyon	Müze	Avlunun üst örtüsü

4.1.7 Bombay Sapphire İçki Fabrikası



Şekil 4.81: Bombay Sapphire İçki Fabrikası (Arkitektuel,"Bombay Sapphire", 2023)

Tablo 4.14: Bombay Sapphire İçki Fabrikasının genel bilgileri

Mimarı	Heatherwick Studio- Thomas Heatherwick
Bulunduğu Yer	Laverstoke, İngiltere
Yapım Yılı	2010-2014
Alan	20.235 m^2
İşlev (Fonksiyonu)	Tarihi yapı- Eski kağıt fabrikası Yeni işlev: İçki Fabrikası Yeni ek-Cam sera (Bahçeler)
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Yığma Sistem-Çelik iskelet sistem
Geçilen Maximum Açıklık	11 metre
Yeni Ek Alanı	4500 m^2
Yeni Ekin Birleşim Biçimi	Tek bir yapı ile birleşen bir ek (yanına eklenen bir ek)

İngiltere'nin Hampshire kırsalında yer alan Laverstoke Değirmen yapıları, Bombay Sapphire içki üreticisi için bir içki imalathanesi ve ziyaretçi merkezine dönüştürülmüştür (Dodd, 2022), (Şekil 4.81). İçki üreticisi Bombay Sapphire, halkın ziyaretine de açık olacak şekilde bir üretim tesisinin kurulmasını istemiştir. Alan içinde tarihi öneme sahip kırktan fazla terk edilmiş bina damıtma işlemi için yenilenmiştir. Tarihi yapıların dönüştürülmesi sürecinde, tarihi binaların yakınındaki nehir de plana dahil edilmiştir (Heatherwick, 2022).

Tarihi Laverstoke Değirmeni, 16.yüzyılda bir mısır değirmeni olarak yığma sistem ile inşa edilmiştir. Değirmen olarak kullanılmayan yapı, 1718'de bir kâğıt fabrikasına dönüştürülmüştür. Bu tarihi yapılarda 18. yüzyılın ortalarından itibaren İngiltere Merkez Bankası için banknot kâğıdı üretilmiştir. Tesiste üretim arttığı için 1842'de ve 1881'de yapı genişletilmiştir (Şekil 4.82).

20. yüzyılın başlarında ise Laverstoke yapıları banknot üretimi için verimsiz hale gelmeye başlamıştır ve banknot üretimi için şehrin merkezine yakın başka bir yapıya geçilmiştir. Zamanla kullanılamaz hale gelen Laverstoke yapıları 2005 yılında tamamen boşaltılmıştır.



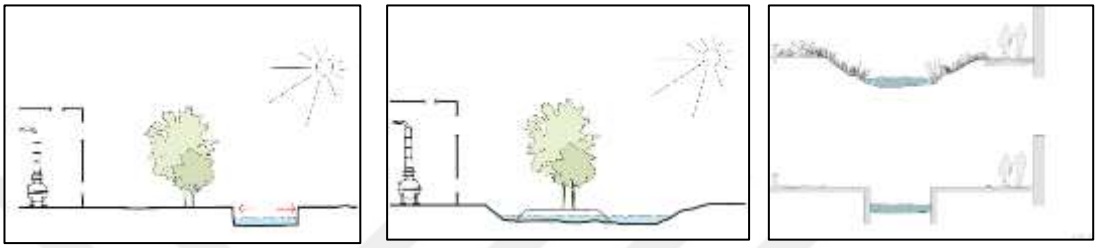
Şekil 4.82: Tarihi Laverstoke Değirmen Yapıları (Heatherwick, 2022)

Tarihi değirmen yapıları, 2011 yılında Bombay Sapphire firması tarafından satın alınarak bir içki fabrikasına dönüştürülmüştür. Yapının yeni sahipleri, mevcut binaları damıtma, bir ziyaretçi merkezi, kafe, bar ve dükkân olarak kullanmak için dönüştürülmesini talep etmişlerdir. İngiliz içki markası Bombay Sapphire için tesis yenilenmiştir. Thomas Heatherwick tarafından restore edilen tesise yeni, kıvrımlı iki sera eklenmiştir (Şekil 4.83). Heatherwick tarafından tarihi yapılara tasarlanan yeni ekler (seralar), içki için kullanılan bitkilerin örneklerini sergilemek ve yetiştirmek için inşa edilmiştir (Wikipedia, Laverstoke Mill, 2022).



Şekil 4.83: Tarihi yapılara seraların eklenmesi (Arkitektuel,"Bombay Sapphire", 2023)

Yapılan restorasyonla eski kâğıt fabrikası, Bombay Sapphire damıtma tesislerinin yeni genel merkezine dönüştürülmüştür. Laverstoke'daki nehir kıyısındaki alan, tarihi binalarla çevrilidir. Tarihi binalar restore edilirken nehrin odak noktası oluşturması istenmiştir. Bu nedenle nehir genişletilmiştir ve kıyılarına uygun çiçekler ve çalılar dikilmiştir (Şekil 4.84). Böylece ziyaretçileri, tarihi binalarla çevrili yeni bir avluya çeken rotanın oluşturulabilmesi sağlanmıştır. Uygun biçimine geri dönen nehir, alanda odak noktası haline gelmiştir (Archdaily,"Bombay Sapphire", 2022).

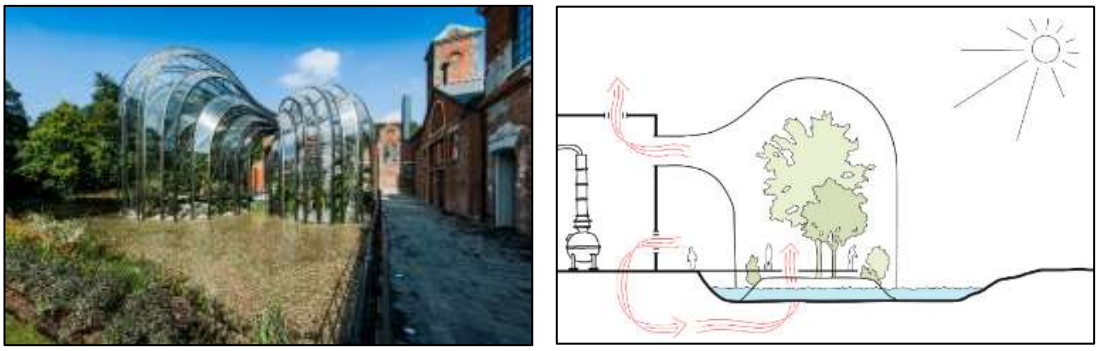


Şekil 4.84: Laverstoke'daki nehrin genişletilmesi ve kıyısının düzenlenmesi (Heatherwick, 2022)

Tarihi yapılara iki yeni sera eklenmiştir. Seralar damıtma işleminde kullanılan 10 egzotik bitki ve baharat türlerinin sergilenmesi ve yetiştirilmesi için oluşturulmuştur (Arkitektuel,"Bombay Sapphire", 2023), (Şekil 4.85). Seralardan biri nemli tropik bir ortama sahipken diğeri kuru ılıman Akdeniz iklimini içeren bir ortama sahiptir. Bu seralar kuzeyde bulunan damıtma binasının üst seviyesinden çıkarak genişler ve aşağı doğru iner. Aşağı doğru inerken yayılarak nehrin suları içine oturur (Archdaily,"Bombay Sapphire", 2022), (Şekil 4.86).

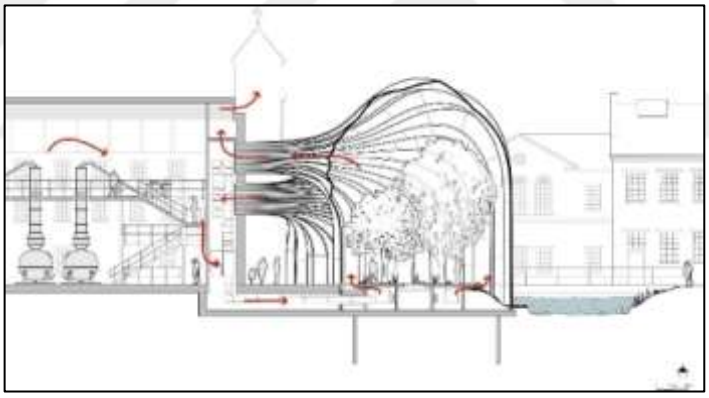


Şekil 4.85: Seranın iç görünüşü (Heatherwick, 2022)



Şekil 4.86: Seraların nehrin üzerine oturması (Archdaily,"Bombay Sapphire", 2022)

Seraların tarihi yapıya olan bağlantısı, damıtma sürecinden çıkan atık ısının, bitki türlerinin gelişmesi için seralara doğru iletilmesini sağlar. Yani yeni seralar mevcut tarihi binalara bağlanmakta ve damıtma sırasında oluşan fazla ısıyı toplayarak seradaki bitkiler için kullanılmasını sağlamaktadır (Archdaily,"Bombay Sapphire", 2022), (Şekil 4.87).



Şekil 4.87: Damıtma işlemi sonucunda çıkan ısının seralarda kullanılması (Archdaily,"Bombay Sapphire", 2022)

Mevcut binalardan dışarı fırlayan ve nehrin sularına doğru inen akışkan geometriye sahip seralar metal şeritler kullanılarak cam ile yapılmıştır (Frearson, 2014), (Şekil 4.88).



Şekil 4.88: Metal şeritler kullanılarak seraların oluşturulması (Heatherwick, 2022)

Sera tasarımının inşasında, çalışma yapılırken 12 m derinliğe batardo (su tutmalık) koyulmuştur ve tamamlandığında, 1,5 m derinliğindeki temeller ve seranın 0,5 m'si su altında kalmıştır. Seraların su altında kalan kısımlarında su baskınını önlemek için bentonit levha su yalıtımı kullanılmıştır. Sera tasarımında kullanılan camların hiçbiri birbiri ile aynı boyutta değildir (Kemp, 2013).

Tarihi yapılara eklenen seralar, ziyaretçi deneyiminin merkezinde yer alır. İçki üretiminde kullanılan botaniklere ev sahipliği yapan sera yapıları, değirmen yapılarının yanına zarif bir şekilde oturmuştur. (Şekil 4.89) 15 m yüksekliğinde ve 11 m çapındaki büyük olan sera, genellikle Akdeniz'de bulunan bitkileri barındırır. 10 m yüksekliğinde ve 9 m çapındaki ikinci sera ise tropikal bir ortama özgü bitkileri barındırır (Kemp, 2013).



Şekil 4.89: Tarihi yapılara eklenen büyük ve küçük sera yapıları (Arkitektuel,"Bombay Sapphire", 2023)

Yeni ek-Seraların oluşturulması

Seralar, kavisli cam ve çelik malzeme kullanılarak ikonik bir yapı biçiminde oluşturulmuştur. Her iki bitişik sera, tarihi binaya ulaştıkça bükülen ve daralan 31 kıvrımlı cam bölmeden oluşur. Karmaşık şekilli, kendi kendini taşıyan cam ve çelik yapılar, ziyaretçilere sarmal bir girdabın içinde duruyormuş izlenimi verir (Dodd, 2022).

Seraların Yapısal Özellikleri

Serada kullanılan çelik, kavisli camın kıvrımlı yapısının desteklenmesine olanak sağlamıştır. Cam cephe yükün çoğunu alarak yapının ağırlığını temellere aktarır, böylece ihtiyaç duyulan çelik miktarı azaltılabilmiştir. Kesintisiz 'akış çizgilerini' oluşturan kavisli ve bükülmüş L-şekilli çelik profiller, lazerle kesilmiş paslanmaz çelik plakalardan yapılmıştır (Şekil 4.90). Çelik plaka şekilleri ve kavisli cam doğrudan 3 boyutlu modelden türetilmiştir.



Şekil 4.90: Seralarda kullanılan L-şekilli çelik profiller (Heatherwick, 2022)

Seraların içindeki sıcak ve nemli koşullar, malzemelerin zamanla bozulmasına neden olabilir. Potansiyel olarak ısı ortamına dayanabilecek dayanıklı yapılar oluşturmak için cam katmanları arasında korozyon dirençli alaşımlar ve yapısal laminasyon malzemesi gibi dayanıklı malzemeler kullanılmıştır (Dodd, 2022).

Tablo 4.15: Bombay Sapphire İçki Fabrikasının ölçütleri

Bombay Sapphire İçki Fabrikası		
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	
	Yığma Sistem	Eğri İskelet Sistem
Geçilen Max Açıklık	7.50 metre	11 metre
Malzeme	Taş	Çelik ve cam
Formu	Düz	Eğri
Fonksiyon	İçki Fabrikası	Sera

4.2 Yeni Yapıda Çeşitli Taşıyıcı Sistemlerin Birlikte Kullanıldıkları Uygulamalar

Yapı tasarımında taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması yapıya bir çok avantaj sağlamaktadır. Taşıyıcı sistem çeşitleri işlevsel, yapısal ve estetik olarak üstün ve etkili oldukları özelliklerle tek bir yapıda bir araya gelebilmektedir. Bu bölümde çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanıldığı yapı örnekleri mimari form, fonksiyon ve taşıyıcı sistem ilişkileri ile geniş açıklık geçme sınırları bakımından incelenmiştir.

4.2.1 DZ Bank Binası



Şekil 4.91: DZ Bank Binası (https://www.sichtkreis.com/portfolio/dz-bank-berlin)

Tablo 4.16: DZ Bank Binası'nın genel bilgileri

Yeni ek yapı mimarı	Frank Gehry ve Ortakları
Bulunduğu Yer	Berlin, Almanya
Yapım Yılı	1998-2001
Alan	20.000 m^2
İşlev (Fonksiyonu)	Karma kullanımlı- ofis, konferans ve konut
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	İskelet Sistem-Eğri yüzeyli uzay kafes sistem-Kabuk sistem
Geçilen Maximum Açıklık	30 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	İskelet Sistem-konut-ofis Uzay kafes sistem-Avlu üst örtüsü Kabuk sistem-Konferans
Yapının maximum yüksekliği	41 metre

Berlin'deki DZ Bank Binası (The DZ Bank Building), bir ofis, konferans ve konut binasıdır (Şekil 4.91). Almanya'nın ikinci en büyük bankası olan DZ Bank Binası, Frank Gehry tarafından tasarlanmıştır. DZ Bank binasının mimari tasarımı, modern bir tarza ve karma bir kullanıma sahiptir. Yapının ticari alanları Berlin'deki Pariser Meydanına (Pariser Platz) ve Brandenburg Kapısına (Brandenburg Gate) bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Behrenstrasse caddesine bakan diğer tarafta ise 39 konut dairesi bulunmaktadır. İkisi arasında, konferans veya performans alanı olarak kullanılmak üzere tasarlanmış büyük bir avlu vardır. İnşaat 1998 yılında başlamış ve 2001 yılında tamamlanmıştır (Arkitektuel, 2023).

Yapının ticari alanları oluşturan cephesi ile konut cephesi, çevresinde bulunan yapılara uyum sağlaması açısından, açık kahve renkli kireç taşı ile kaplanmıştır. Böylece çevresine uyumlu bir yapının oluşması sağlanmıştır. Bunun dışında iki cephenin kurgusu birbirinden farklıdır. Bunun nedeni farklı kentsel alanlara yönlenmiş olan iki cephenin kurgusunun yönlenmiş oldukları kentsel alanların özellikleri ile belirlenmiş olmalarındandır. Örneğin; ticari alanların olduğu cephe, devlet binaların olduğu meydana baktığı için devlet binalarının cephe özelliklerine uyacak biçimde düz ve orta büyüklükteki pencerelere(açıklıklara) sahiptir. Böylece yapı çevresel dokuya uyum sağlamış olmaktadır. Konut yapılarının olduğu cephede ise sadece cephede hafif bir hareket oluşturularak dinamik bir kurgu oluşturulmaya(sağlanmaya) çalışılmıştır (Arkitektuel, 2023), (Şekil 4.92).



a



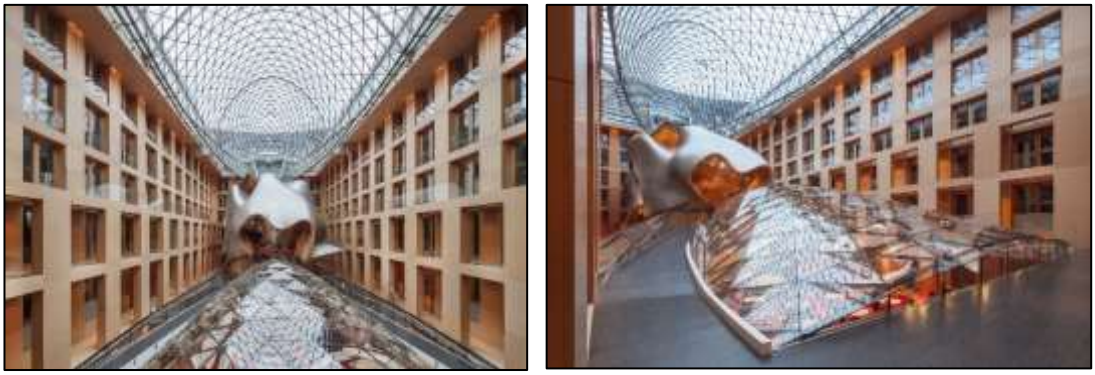
b

Şekil 4.92: Yapının cepheleri a) Pariser Meydanına bakan ticari mekânların olduğu cephe b) Behrenstrasse caddesine bakan konut mekânlarının olduğu cephe (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:DG_Bank_Building)

Pariser Meydanına bakan cephedeki yapının ana girişi cam bir gölgelik ile kaplanmıştır (Şekil 4.93). Yapıya girildikten sonra doğrudan avluya erişilebilmektedir. Avlu büyük bir fuaye, avlunun üst örtüsü ve ikinci bir kıvrımlı cam kubbeye sahip olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.94). Avlu eğri yüzeyli uzay kafes sistem ile yapılmış cam bir örtü sistemine sahiptir. Tüm ızgara yapısı, frezelenmiş bağlantılarla birlikte vidalanmış 40 x 60 mm paslanmaz çelik elemanlardan(profillerden) yapılmıştır. Böylelikle avlu hafif bir çatı sistemi ile örtülmüştür. Yapının iki cephesi yapılara bitişik olduğu için yapının iç kısmındaki ofislerde cam tavandan gelen doğal ışıktan faydalanabilmek için ofis mekânları avluya bakacak şekilde tasarlanmışlardır. Avlunun üzerindeki üst örtü sisteminin camdan yapılması hem ofislere hem de yapının tümüne doğal ışığın girmesini sağlamaktadır. Avlunun iç kısmındaki cephelerde genellikle ahşap kullanılmıştır. Ahşap kaplı bir pasaj, avlunun her iki tarafında bulunan ofis asansörlerine erişimi sağlamaktadır (Sbp, 2022), (Şekil 4.95).



Şekil 4.93: Pariser Meydanından yapının ana girişindeki cam gölgelik(https://wikimapia.org/1529794/DZ-Bank-building)



Şekil 4.94: Avlu üst örtüsü (https://www.sichtkreis.com/portfolio/dz-bank-berlin)



Şekil 4.95: Avlunun etrafındaki ahşap kaplı pasaj (Arkitektuel, 2023)

İkinci ve daha küçük olan bir iç avlu ise yapının konutlarına hizmet etmektedir. Bu avlu, dairelere doğal ışığın girmesini sağlar. Avluda yansıtıcı bir havuz bulunmaktadır Havuz, doğal ışığın yapı içerisinde yansımasını sağlar. Dairelerin büyüklükleri, küçük stüdyolardan çatı katlarına kadar çeşitli büyüklüklerdedir (Archdaily, DZ Bank, 2022).

DZ Bank Binası'nın konferans salonu, iki eşit parçadan (yarımdan) oluşan bir deniz kabuğu formunda tasarlanmıştır (Şekil 4.96). Konferans salonu, avlunun merkezinde konumlandırılmıştır ve betonarme kabuk sistem ile tasarlanmıştır. Bu kabuk 29 metre uzunluğunda, 12 metre derinliğinde ve 10 metre yüksekliğindedir. Kabuk, dışta paslanmaz çelik malzeme ile iç mekânda ise ahşap malzeme ile kaplanmıştır.

Konferans salonunun kabuğunun etrafında toplam dokuz adet açıklık vardır (Wikiarquitectura, 2022).



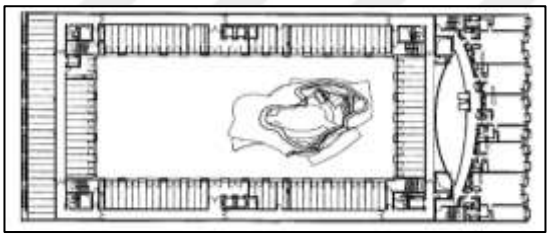
Şekil 4.96: DZ Bank Binası'nın konferans salonu (Arkitektuel, 2023)

Konferans salonunun fuayesi, avludaki uzay kafes sistem ile yapılmış ikinci bir kıvrımlı cam kubbenin altında, -1 seviyesinde düzenlenmiştir (Şekil 4.97). Bankanın kafeteryası ile fuaye aynı alanda birlikte çözümlenmiştir. Böylelikle ziyafet ve toplantılar için uygun geniş bir alan oluşturulmuştur (Archdaily, DZ Bank, 2022).

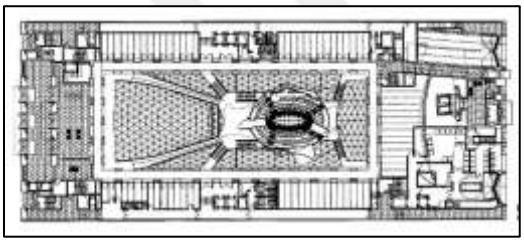


Şekil 4.97: Banka kafeteryası ve fuaye (https://www.sichtkreis.com/portfolio/dz-bank-berlin)

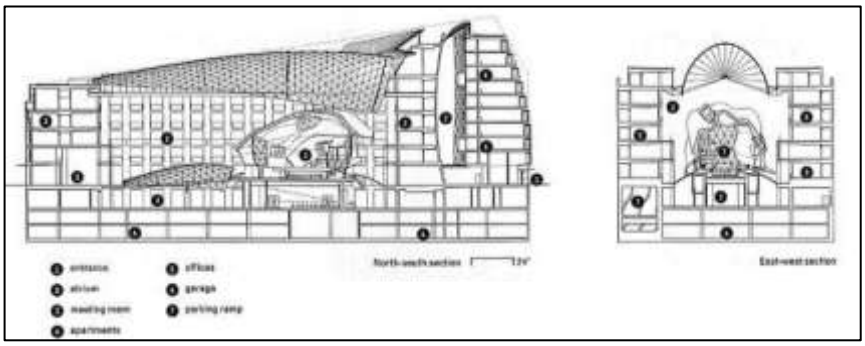
Yapı planı 120 m* 50 m'den oluşan bir dikdörtgendir (Şekil 4.98). Yapının iç avlusu 30 m * 70 m'dir. Avlunun üst örtüsü olan kıvrımlı cam tavan 1200 m²'dir. Yapının toplam alanı 20.000 m²'dir. Yapı iskelet sistem, uzay kafes sistem ve kabuk sistemden oluşmaktadır. Ofis ve konut kısımlarında taşıyıcı sistem olarak iskelet sistem kullanılmıştır. Avlunun üst örtüsü ise eğri yüzeyli uzay kafes sistem ile tasarlanmıştır. Üst örtüde cam ve metal gibi modern ve endüstriyel estetiği yansıtan malzemeler kullanılmıştır. Böylece her türlü hava şartlarında avlu kullanılabilmektedir. Geçilen maximum açıklık 30 metredir. Konut ve ofis birimlerinde kolon aralıkları yaklaşık olarak 5 metredir. Konferans salonu ve etkinlik alanlarını içinde barındıran iç avlu kısmının üst örtüsü uzay kafes sistem ile tasarlandığından avlu kolonsuz hafif bir strüktür ile geçilebilmiştir. Böylece işlevsel olarak yapının daha esnek ve kullanışlı olmasına olanak verilmiştir. Uzay kafes strüktürle normal olarak statik, konstrüktif zorlamalara gidilmeksizin, yapısal oluşumunun verdiği olanaklarla, büyük açıklıklı iç avlunun örtülmesi sağlanmıştır. Gün ışığı sağlanması için uzay kafes strüktürün boşluklarında cam kullanılarak pencere öğeleri oluşturulmuştur (Wikiarquitectura, 2022).



Zemin kat planı



2. kat planı



8. kat planı

Şekil 4.98: Yapının plan ve kesitleri (Wikiarquitectura, 2022)

Tablo 4.17: DZ Bank Binası'nın ölçütleri

DZ Bank Binası			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	İskelet Sistem	Kabuk Sistem	Uzay Kafes Sistem (Üst Örtü)
Geçilen Max Açıklık	5 metre	12 metre	30 metre
Malzeme	Beton	Beton	Çelik
Formu	Düz	Eğri	Eğri
Fonksiyon	Konut-Ofis	Konferans salonu	Avlu

4.2.2 Vakko Moda Merkezi ve Power Medya Merkezi



Şekil 4.99: Vakko Moda ve Power Medya Merkezi (Rex, 2022)

Tablo 4.18: Vakko Moda Merkezi ve Power Medya Merkezi'nin genel bilgileri

Yeni ek yapı mimarı	REX (mimarlık ofisi)
Bulunduğu Yer	İstanbul, Türkiye
Yapım Yılı	2010
Alan	9100 m^2
İşlev (Fonksiyonu)	Moda Merkezi ve Medya Merkezi
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Betonarme İskelet Sistem – Düzlem yüzeyli uzay kafes sistem
Geçilen Maximum Açıklık	9 metre

Tablo 4.18 devamı

Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	Betonarme İskelet Sistem- Ofisler Düzlem yüzeyli uzay kafes sistem- Karmaşık İç Çekirdek (Vitrin)- Oditoryum, Showroomlar, Toplantı Odaları, Yönetici ofisleri, Tüm dikey sirkülasyon ve Tuvaletler
Yapının maximum yüksekliği	15 metre

Vakko Moda ve Power Medya Merkezi, 2010 yılında Nakkaştepe'de REX mimarlık ofisi tarafından tasarlanmıştır (Şekil 4.99). Yapının tasarımı, Türkiye'nin önde gelen giyim firmalarından biri olan Vakko'nun ve Power medya merkezinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Özel üretilmiş cam panelleri ve yapısal organizasyonu ile dikkat çeken bir projedir. Yapı, yönetim birimleri ve ofisler, showroomlar, kütüphane, oditoryum, galeri, müze ve medya merkezi gibi birimleri ile organik bir bütünlük oluşturacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.100).



Oditoryum Showroom Kütüphane

Şekil 4.100: Yapının birimleri (Rex, 2022)

Yapı toplam 9.100 metrekarelik bir alan üzerine kurulmuştur (Rex, 2022).1300 metrekarelik ofis alanına sahip yapıda 56 farklı çalışma alanı bulunmaktadır. Yapı içinde yer alan sanat müzesinde ise yaklaşık 700 eser sergilenmektedir (Şekil 4.101). Bu müzede Bedri Rahmi Eyüboğlu, İlhan Koman, Jale Yılmabaşar ve Nevzat Yüzbaşıoğlu gibi sanatçıların eserleri sergilenmektedir (Arkitektüel,"Vakko Moda", 2022).

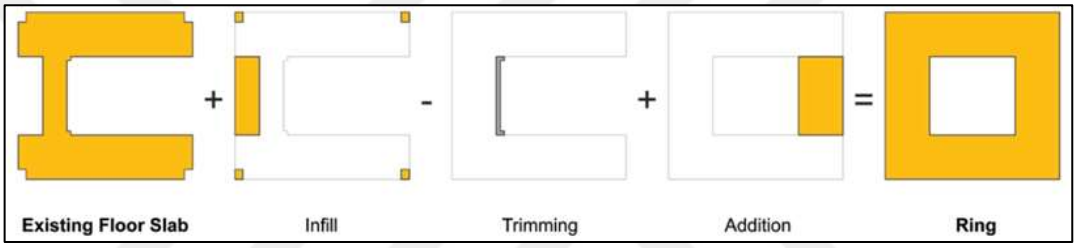


Şekil 4.101: Vakko Sanat Müzesi (Rex, 2022)

Kaba inşaatı yarım kalmış, kullanılmayan bir otel yapısı yeni bir çelik yapı sistemi ile bütünleştirilerek Vakko Moda Evi'nin yeni genel merkezine ve yine Vakko kuruluşu olan Power Medya Merkezi'ne dönüştürülmüştür (Şekil 4.102). Yani yapı tasarımına sıfırdan başlanmamıştır. Öncelikle mevcut betonarme otel iskeletine ek yapılarak tam bir dikdörtgen halka oluşturulmuştur (Şekil 4.103). Böylece yapı depreme karşı daha dayanıklı bir forma dönüştürülmüştür. Vakko ve Power Medya Merkezi'nin iç çekirdeği, var olan betonarme yapının strüktürel bütünlüğünü bozmayacak şekilde ayrı bir taşıyıcı sistemle tasarlanmıştır ve bu yeni taşıyıcı sistem ile mevcut betonarme iskelet sistem yapıda bir bütünlük oluşturacak şekilde bir araya getirilmiştir. Mevcut betonarme yapıya, uzay kafes sistem ile yapılmış farklı büyüklüklerdeki kutular eklenmiştir (Şekil 4.104). Her bir kutu farklı bir karaktere sahiptir, böylece yapı tekdüzelikten kurtulmaktadır. Vakko ve Power Medya Merkezi, iç çekirdek olarak tasarlanan yeni çelik yapı ile mevcut betonarme yapının birleşimiyle oluşan bir yapı olmasına rağmen dışarıdan bir bütün olarak okunmaktadır. Farklı taşıyıcı sistemlerin bu yapıda bir araya gelmesi iç mekânda etkinlik ve özgünlük oluşturmaktadır (Warmann, 2010).



Şekil 4.102: Yarım bırakılan otel projesinin mevcut betonarme taşıyıcı sistemi ve yeni çelik sistemi ile bütünleştirilmesi (Archdaily,"Vakko headquarters", 2022)

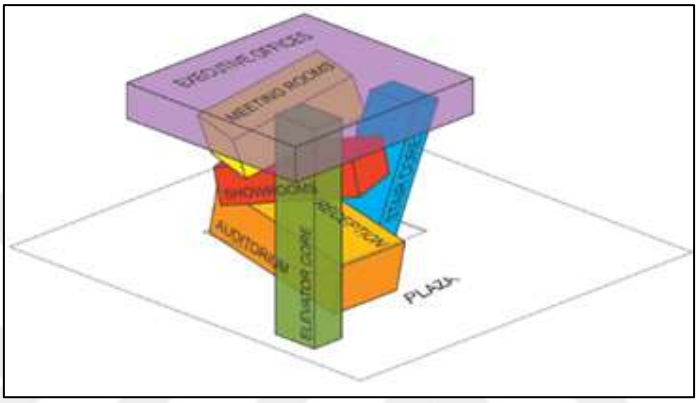


Şekil 4.103: Mevcut betonarme yapının Vakko Moda ve Power medya merkezi için oluşumu (Warmann, 2010)

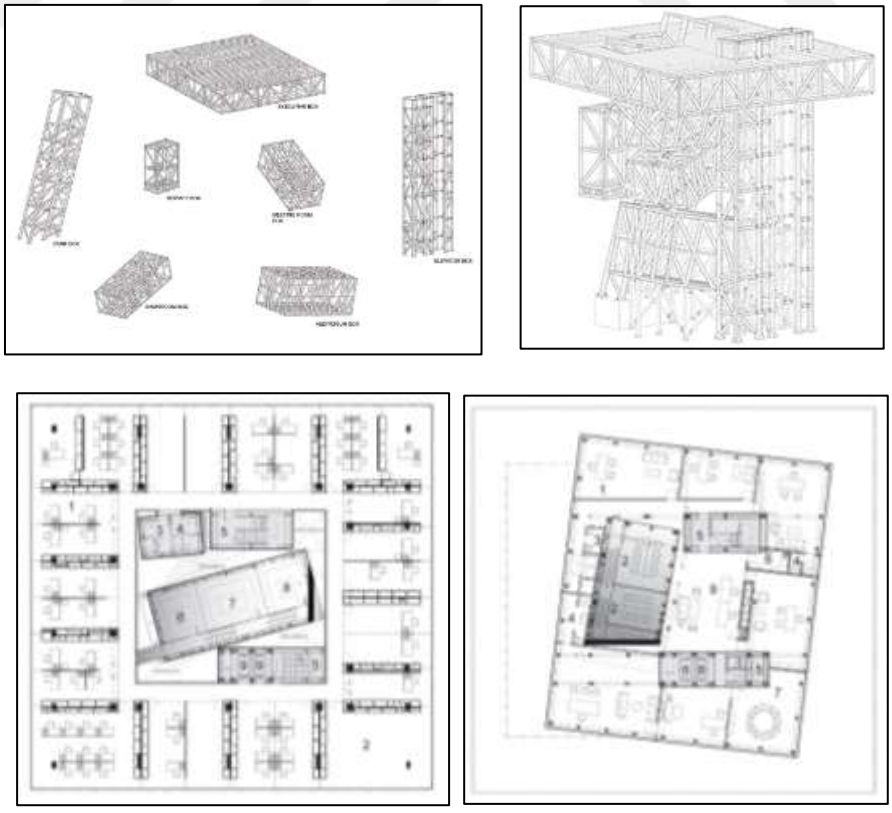


Şekil 4.104: Mevcut betonarme taşıyıcı sisteme çelik uzay kafes sistemle tasarlanmış alanların eklenmesi (Warmann, 2010)

Oditoryum, showroomlar, toplantı odaları, ofisler ve dikey sirkülasyon ve ıslak hacimleri içeren bu iç çekirdek "vitrin" olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.105). Vitrin, düzlem yüzeyli uzay kafes sistem ile oluşturulmuş kutuların farklı seviyelerde bir araya gelmesiyle tasarlanmıştır (Şekil 4.106). Vitrin, yapının merkezinde konumlandırılmıştır ve karmaşık bir kurguya sahiptir. Vitrin, mevcut yapının avlusundan yükselerek heykelsi bir form oluşturur (Archdaily,"Vakko headquarters", 2022).



Şekil 4.105: İç çekirdek olan vitrindeki hacimlerin işlevleri (Rex, 2022)

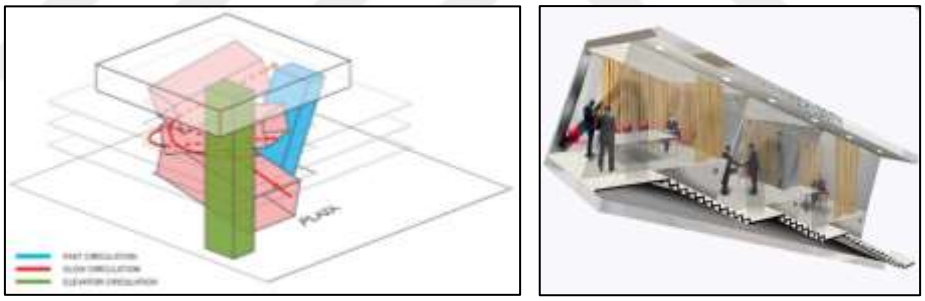


Şekil 4.106: Yapının iç çekirdeğinin (vitrinin) oluşumu ve plandaki konumu (Rex, 2022)

Vitrin’in cepheleri, aynalı camlarla kaplanmıştır (Şekil 4.107). Bu aynalı camlar, kullanıcıların görüntüsünü tekrarlayan ve kıran bir özelliğe sahiptir. Oditoryum, showroomlar ve toplantı odalarının eğimleri, Vitrin'in alt katlardan üst katlara doğru dolanan bir dolaşım yolu oluşturmasını sağlamaktadır (Archello,"Vakko headquarters", 2022), (Şekil 4.108 ve Şekil 4.109).



Şekil 4.107: Aynalı Cam ile Kaplanmış Olan Vitrin (Archdaily,"Vakko headquarters", 2022)



Şekil 4.108: Vitrin'in altından yukarısına doğru uzanan sirkülasyon ağı şeması ve modeli (Rex, 2022)



Şekil 4.109: Vitrin’in sirkülasyonunu gösteren fotoğraflar (Archdaily,"Vakko headquarters", 2022)

Mevcut betonarme yapının iskeleti, son derece şeffaf ve ince cam panellerle kaplanmıştır. Kullanılan cam paneller yangına ve depreme karşı dayanıklıdır. Bu hafif ve ince cephe kaplaması, mevcut taşıyıcı iskeleti sararken var olan betonarme iskeleti açığa çıkarır ve arkasındaki Vitrin'in dışarıdan gözükmesini sağlar. Yani bu ince camlar, yapının iç mekân atmosferini dışarıya yansıtmaktadır. Cephedeki cam panellerin mukavemetini artırmak için her bir cam panele "X" biçimi yerleştirilmiştir (Şekil 4.110). Her bir cam bölmede bulunan ve strüktürel olarak cama katkı sağlayan "X", camın kenarlarında gerekli olan dikme ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca bu “X” biçimli paneller camın kalınlığının azalmasını da sağlamaktadır. Yapıda kullanılan cam paneller 3354 mm x 1535 mm ölçülerindedir ve kullanılan camların her biri 386 kilogramdır. Cam panellere “X” biçimi yerleştirilmesiyle dış cephenin tekdüzeliği de ortadan kalkmaktadır (Şekil 4.111). Yapıda 172 adet cam panel kullanılmıştır. Cam paneller 855 metrekarelik bir alana uygulanmıştır. Yapıda 400 ton çelik kullanılmıştır (Çatı ve cephe, 2010).



Şekil 4.110: Yapının “X” biçimli cam panelleri ve cephede kullanımları (Rex, 2022)



Şekil 4.111: “X” biçimli cam panellerin kullanılmasıyla yapı cephesinde dinamikliğin sağlanması (Archello,"Vakko headquarters", 2022)

Vitrinin ayna benzeri bir malzemeyle kaplanması yapının en üstünde parlaklık sağlamaktadır. “X” biçimli camların kullanıldığı cephe ile yapının tepesinde aynaya benzer camların kullanıldığı cephe yapıda zıtlık oluşturmaktadır (Archello,"Vakko headquarters", 2022), (Şekil 4.112).



Şekil 4.112: “X” biçimli camlar ile üst kattaki kutunun aynalı camlarının cephede zıtlık oluşturması (Rex, 2022)

Ayrıca mevcut betonarme iskeletin yeraltı otoparkının üst katı, Power Medya Merkezi’nin gereksinimleri için kullanılmaktadır (Archdaily,"Vakko headquarters", 2022), (Şekil 4.113).



Şekil 4.113: Power Medya Merkezi (Rex, 2022)

Tablo 4.19: Vakko Moda ve Power Medya Merkezi'nin ölçütleri

Vakko Moda ve Power Medya Merkezi		
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	
	İskelet Sistem	Düzlem Yüzeyli Uzay Kafes Sistem
Geçilen Max Açıklık	9 metre	9 metre
Malzeme	Beton	Çelik
Formu	Düz	Düz
Fonksiyon	Ofisler ve medya merkezi	Showroomlar, kütüphane, yönetim birimleri, oditoryum, galeri, müze

4.2.3 Phoenix Uluslararası Medya Merkezi



Şekil 4.114: Phoenix Uluslararası Medya Merkezi (e-architect, 2020)

Tablo 4.20: Phoenix Uluslararası Medya Merkezi'nin genel bilgileri

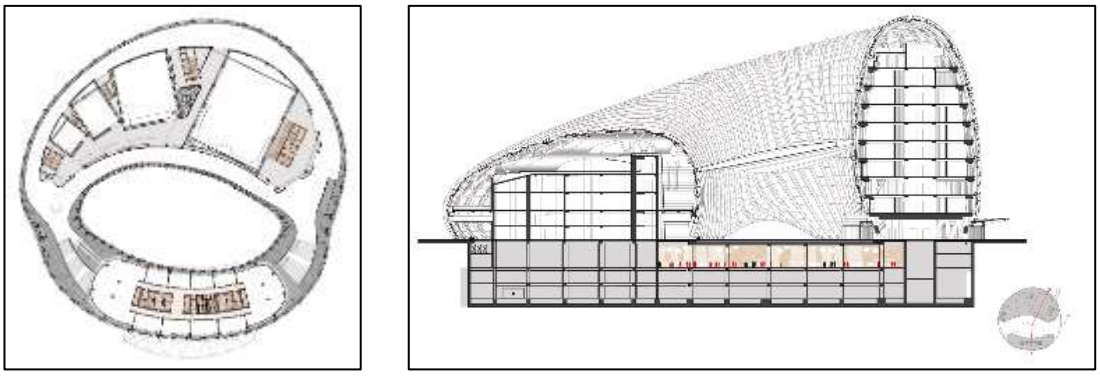
Yapı mimarı	BIAD Ufo (Pekin Mimari Tasarım Enstitüsü)- Shao Weiping (Baş mimar)
Bulunduğu Yer	Pekin, Çin
Yapım Yılı	2009-2012
Alan	65.000 m^2
İşlev (Fonksiyonu)	Medya Merkezi
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Betonarme İskelet Sistem – Eğri yüzeyli çelik çubuk sistem
Geçilen Maximum Açıklık	100 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	Betonarme İskelet Sistem- Eğri yüzeyli uzay kafes sistem-
Yapının maximum yüksekliği	55 metre

Phoenix Uluslararası Medya Merkezi (Şekil 4.114), Çin'in Pekin şehrinde yer almaktadır. Phoenix Uluslararası Medya Merkezi, televizyon programcılığı ve iş fonksiyonlarına sahip çok amaçlı ve kapsamlı bir yapıdır. Yapı; medya ofisi, yayın stüdyoları ve prodüksiyon ofisleri gibi çeşitli birimleri içerir. Phoenix Medya Merkezinde halkın interaktif deneyimler yaşaması için büyük oranda açık alanlar da tasarlanmıştır (Wikipedia, Phoenix Center, 2022), (Şekil 4.115).



Şekil 4.115: Phoenix Medya Merkezi'nin sosyal alanları (Archdaily, "Phoenix International", 2022)

Yapının site alanı 1.8 hektardır. Yapının taban alanı 65.000 metrekaredir ve yapı 55 metre yüksekliğindedir (Archdaily, "Phoenix International", 2022), (Şekil 4.116).



Şekil 4.116: Yapının plan ve kesiti (Archdaily, "Phoenix International", 2022)

Binanın tasarım konsepti; yapı içinde yapı mantığı ile oluşturulmuştur. Yapı içinde yapı olarak tasarlanmasının nedeni ekolojik bir alan oluşturmaktır. Yapının dış kabuğu içinde yapıları barındırırken kullanıcılar için işlevsel mekânları içine alan bir ortam daha oluşturmaktadır. Dış kabuğun içinde iki tane ofis kulesi bulunmaktadır. Kabuk altında yer alan iki bağımsız ofis kuleleri ortak kamusal alanlar oluşturulacak şekilde tasarlanmışlardır (Mairs, 2016). Ortak kullanılan mekânlarda sürekli basamaklar, peyzaj platformları, rampalar, yürüyüş alanları ve yürüyen merdivenler yer alır (Şekil 4.117). İki adet ofis kulesi betonarme iskelet sistem olarak inşa edilmiştir (Şekil 4.118). Betonarme iskelet sistem olarak inşa edilen ofis kulelerinde medya ofisi, yayın stüdyoları ve prodüksiyon ofisleri bulunur. Dış kabuk ise uzay kafes kirişlerle destekli çubuk ağı olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.119). Kabuk aynı zamanda kullanıcılar için çeşitli mevsim koşullarında tampon alanı sağlamaktadır (Mimdap, 2022).



Şekil 4.117: Ortak kullanılan mekânlardaki merdivenler, rampalar ve yürüyüş alanları (Karabulut, 2020).



Şekil 4.118: Betonarme iskelet sistem olarak inşa edilmiş ofis kuleleri (Archdaily, "Phoenix International", 2022)



Şekil 4.119: Dış kabuk sistemi (Archdaily, "Phoenix International", 2022)

Medya merkezi, büyük yayın salonuna ek olarak dikey olarak tasarlanmış ofis katlarına sahiptir. Bu iki alanın uyumlu bir şekilde çalışabilmesi için mobius eğrisinden faydalanılmıştır, böylece yüksek ofis katları medya yayın salonuyla bütünleştirilebilmiştir (Şekil 4.120). Mobius eğrisi, mekânın programlama ve diğer işlevsel ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan alan ve hacmin oluşmasını sağlar. Ayrıca mobius eğrisi; yapı içerisinde yürüyüş yollarının oluşmasını, içindeki kulelerin konumlarının belirlenmesini ve çevresindeki park ile yapının uyumunu sağlamaktadır. Ek olarak yapının biçimi, yapıya etki edecek rüzgâr etkilerini de azaltmaktadır. Mobius eğrisi, diyagonal çelik konstrüksiyonuna sahiptir (e-architect, 2020).

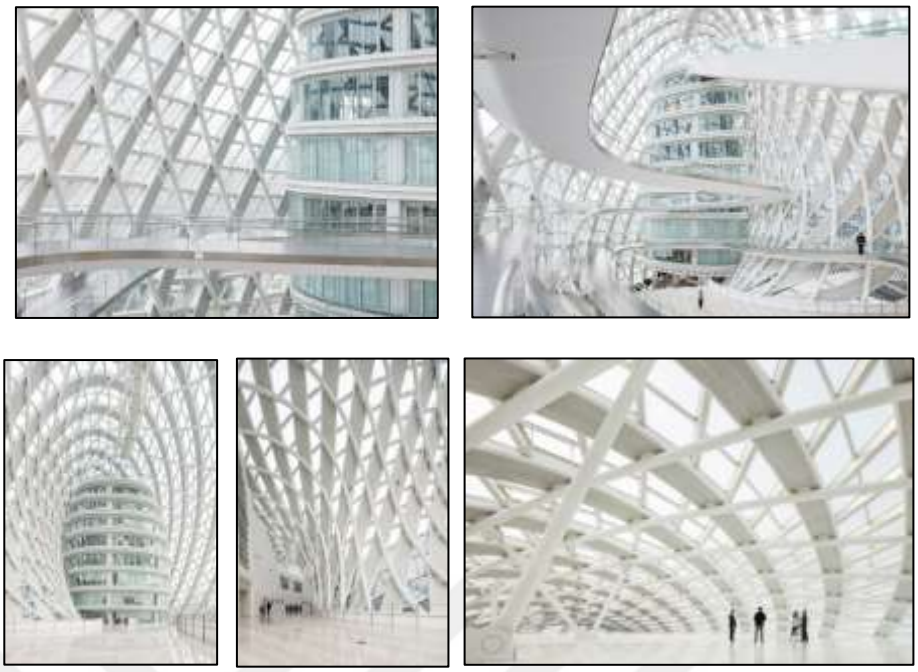


Şekil 4.120: Yapının mobius eğrilikli formu (https://www.intech.cl/?g=phoenix-international-media-center-in-china-designed-by-biad-rr-GNzXAafm)

Yapının dış kabuğu sürekli bir yüzeyden oluşmaktadır. Yapının iç mekânları arasındaki kot farkı, ofis kulelerine doğal ışık, havalandırma ve manzara sağlamaktadır. Ek olarak, kot farkı, kuzey yönündeki konut binalarının da güneş ışığından faydalanmasını sağlamaktadır (Ekoyapı, 2022).

Yapı enerji tasarrufu sağlayacak bir biçimde tasarlanmıştır. Yapıya gelen yağmur suları taşıyıcı sistem üzerindeki çelik kanallardan zemine iletilir. Daha sonra yağmur suyu yapıda bulunan nervürler boyunca doğal olarak ilerleyerek yapının alt kısmında bulunan depolarda toplanmaktadır. Toplanan su filtrelendikten sonra peyzaj için kullanılmaktadır (Archdaily, "Phoenix International", 2022).

Binanın dış cephesinin çift katmanlı olması işlevsel alanlarda konforu artırarak enerji tüketimini azaltmaktadır. 30 metre yüksekliğindeki koni şeklindeki ortak alan, geçiş mevsimlerinde enerji tasarrufu için doğal havalandırma sağlayan baca etkisi yaratmaktadır. Yapının dış kabuğunu örtmek için her biri farklı boyutta 3.800 adet cam panel kullanılmıştır. Cam paneller, diagridler arasındaki boşluğa yerleştirilmiştir. Cam paneller çift cidarlıdır. Böylece geniş iç mekâna doğal ışığı getiren çift cidarlı cephe, enerji tüketimini azaltmaktadır ve kış ve yaz aylarında bina içinde konforlu sıcaklıklar sağlamaktadır. İç mekanlar, açık renkli döşeme, beyaz duvarlar ve ızgaralı camlarla tamamlanmıştır (Archdaily, "Phoenix International", 2022), (Şekil 4.121).



Şekil 4.121: Yapının İç Görünüşleri (Mairs, 2016)

Yapı oluşturulurken belli yerlerinde zeminden koparılmıştır (Şekil 9). Böylece çevreden yapıya insanların yönlendirilmesi sağlanmıştır. Bu özel noktalar, sanatsal etkinlikler için avlunun davetkâr bir alana dönüşmesini sağlamaktadır (Karabulut, 2020).



Şekil 4.122: Yapının zeminden koparılması (https://www.architectmagazine.com/design/buildings/phoenix-international-media-center-designed-by-biad_o)

Yapı yaklaşık olarak 300 metre uzunluğunda ve 55 metre yüksekliğindedir. Yapı dairesel bir eğime sahip çelik çubuk ağı ile sarılmıştır. Çelik çubuk ağı 100 cm çapındaki çelik bileşenler ile 100*50cm enkesitlerine sahip bileşenlerin kesişmesiyle oluşmuştur (Şekil 4.123). Çelik çubuk ağı arasındaki mesafeler yaklaşık olarak 10 metredir. Yapı 30 metre yüksekliğe ulaşan bir avluya sahiptir. Yapının içinde birisi 10 katlı diğeri ise 5 katlı olacak şekilde betonarme iki kule bulunmaktadır. Kulelerin kabuk içinde ayrı olarak tasarlanması doğrudan güneş ışığından koruma sağlamaktadır (Inhabitat, 2011).



Şekil 4.123: Yapının çubuk ağı inşaatı (Archdaily, "Phoenix International", 2022)

Tablo 4.21: Phoenix Uluslararası Medya Merkezi'nin ölçütleri

Phoenix Uluslararası Medya Merkezi		
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	
	İskelet Sistem	Uzay Kafes kirişlerle destekli Çubuk ağı Sistem
Geçilen Max Açıklık	12 m	100 m
Malzeme	Beton	Çelik-
Formu	Düz	Eğri
Fonksiyon	Ofisler	Sosyal alanlar

4.2.4 Pompidou Merkezi (Centre Pompidou)



Şekil 4.124: Centre Pompidou (Archdaily, Centre Pompidou, 2022)

Tablo 4.22: Centre Pompidou'nun genel bilgileri

Yapı mimarı	Shigeru Ban
Bulunduğu Yer	Metz, Fransa
Yapım Yılı	2006-2010
Alan	11.330 m²
İşlev (Fonksiyonu)	Expo binası-Sanat Müzesi
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Betonarme ve Çelik İskelet Sistem – Çubuk Ağ Kabuk-Membran Sistem
Geçilen Maximum Açıklık	40 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	Betonarme iskelet sistem-Galeriler Çelik İskelet Sistem- Kule (Dört çelik kolon içerir.) Ahşap Çubuk Ağı (Kabuk)- Grande Nef (Büyük Salon)-Forum ve tüm program elemanları Membran Sistem-Çatı
Yapının maximum yüksekliği	77 metre

Centre Pompidou-Metz, Fransa, Metz'de yer almaktadır (Şekil 4.124). Yapı, Shigeru Ban tarafından tasarlanmıştır. Centre Pompidou-Metz, geçici sergilerin ve canlı gösterilerin olduğu modern bir sanat merkezidir. Çok disiplinli olan yapı 2006-

2010 yılları arasında inşa edilmiştir. Toplamda, bina 11.330 m^2'lik bir alanı kaplamaktadır (Metz.fr, 2010).

Metz şehrinde turizmi çekmek için yapı heykelsi bir şekilde tasarlanmıştır. Centre Pompidou'nun tasarımının temel amacı, çok fazla eserin sergilenebileceği bir alan oluşturmaktır ve Paris'teki Centre Pompidou'da sergilenemeyecek kadar büyük eserlerin sergilenmesini sağlamaktır. Müzede sergilenecek sanat eserlerinin sadece %20'si Paris'te sergilenebilmektedir. Bunun nedeni Paris müzesinde kirişlerin altındaki tavan yüksekliğinin 5.5 metre olmasıdır. Yapı, sanatsal ürünlerin sergilenme kolaylığı sağlaması düşünülerek tasarlanmıştır. Centre Pompidou'nun Grand Nef Galerisinde büyük eserlerin sergilenebilmesi için tavan yüksekliği 18 metre olarak tasarlanmıştır (Archdaily, Centre Pompidou, 2022).

Tasarım konseptinin bir diğer önemli yönü de iç ve dış mekânların sürekliliğidir. Bu süreklilik iç mekânların dizilişini etkilemektedir. Çatının tasarımı ile müze oluşturulmuştur. Müze ise çevredeki parkın bir uzantısı olarak geniş bir çatı altında toplanma yeridir (Şekil 4.125). Geniş çatı ile her bir hacim arasındaki ara boşluklar, çeşitli işlevlere sahiptir. İlk olarak, toplanmak için bir forum alanıdır. İkinci olarak ise heykellerin sergilendiği bir sergi alanıdır (Archdaily, Centre Pompidou, 2022), (Şekil 4.126).

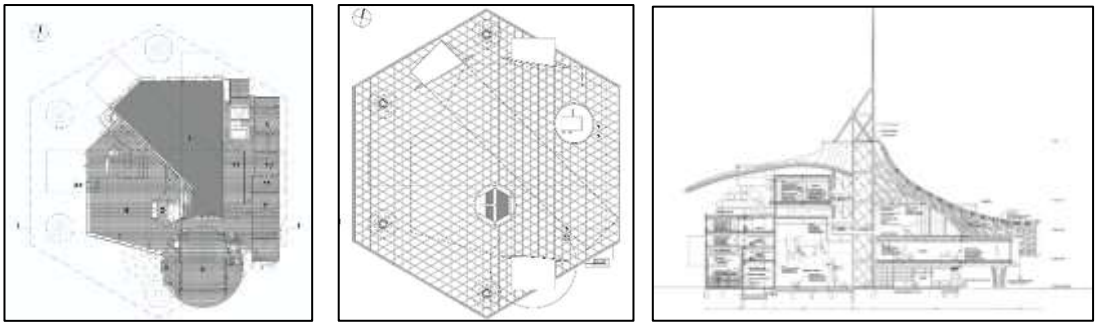


Şekil 4.125: Centre Pompidou -Metz ve çevresi (https://metzprestige.fr/le-centre-pompidou)



Şekil 4.126: Centre Pompidou- Metz'in Galerileri ve iç mekândan görünüşü (https://www.world-architects.com/en/shigeru-ban-architects-tokyo/project/centre-pompidou-metz)

Fonksiyonel alanlar oluşturmak için yapı, basit hacimler halinde tasarlanmıştır. Bu hacimler arasında net bir sirkülasyon oluşturulmuştur. Centre Pompidou, üç galeriyle kesişen altıgen planlı geniş bir yapıdır (Şekil 4.127). Genel galeriler, 90 metre uzunluğunda ve 15 metre genişliğinde, üç basit dikdörtgen modülden oluşmaktadır. Galeriler dikey olarak yerleştirilmiştir ve altıgen kulenin etrafında düzenlenmişlerdir. Galerilere erişim altıgen kulenin içindeki merdiven ve asansör aracılığıyla sağlanmaktadır. Altıgen kule çelik iskelet sistem olarak yapılmıştır ve 77 metre yüksekliğindedir. Yapının dikey sirkülasyonu bu çelik kule içerisinden gerçekleşmektedir (Archdaily, Centre Pompidou, 2022).



Şekil 4.127: Centre-Pompidou'nun zemin ve çatı planı ile kesiti (Archdaily, Centre Pompidou, 2022)

Galeriler iç destek direkleri olmadan beton olarak tasarlanmışlardır. Galerilerin iç destek direklerinin olmaması, sergileme senografisi ve sanatsal çalışmalar açısından büyük özgürlük sağlamaktadır. Çatıdan çıkıntı yapan büyük cumbalı pencereleri olan galerilerin uç kısımları, katedral, tren istasyonu veya Parc de la Seille gibi şehrin farklı kilit noktalarına yönlendirilmiştir (Şekil 4.128). Kaydırılarak yerleştirilmiş olan

galerilerin tabanlarının altında kalan alan, Grand Nef Galeri'yi (Büyük Salonu) oluşturur (Archdaily, Centre Pompidou, 2022), (Şekil 4.129).



Şekil 4.128: Çatıdaki cumbalı pencereleri olan galerilerin uç kısımlarının şehrin odak noktasına göre tasarlanması (Archdaily, Centre Pompidou, 2022)



Şekil 4.129: Centre Pompidou'nun Grand Nef Galerisi (Archdaily, Centre Pompidou, 2022)

Pompidou Merkezinde galerilerin yanı sıra, restoran, stüdyo, oditoryum, ofisler ve diğer program alanlarını içeren mekânlar da vardır. Altıgen şeklinde bir ahşap çatı yapısı tüm mekanları birleştirir. Çatının altıgen şeklinde tasarlanmasının nedeni Fransa'nın coğrafi şeklinin altıgen olmasıdır (Archdaily, Centre Pompidou, 2022).

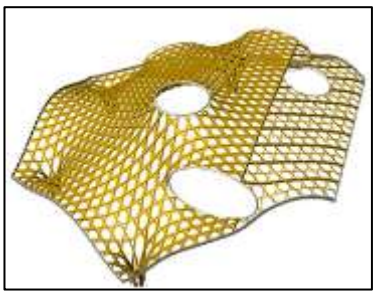
Çatı lamine ahşap bileşenlerden ve çelik çemberlerden oluşan bir çubuk ağ kabuk sistemidir (Şekil 4.130). Bu ağ kabuk sisteminde her bir noktada dört eleman kesişir. Çatı, çelik kule ve betonarme taşıyıcılarla desteklenmektedir. Ağ geometrisi üçgen ve altıgenlerden oluşur. Altıgen modüllerin bir kenarı 3 metredir. Modülleri oluşturan bileşenlerin enkesitleri 30cm*8cm'dir. Her bir bileşenin birleştirilmesiyle elde edilen

ahşap çatının lamine kirişleri farklı uzunluktadır. Kabuğu oluşturan lamine kirişler en çok 14 metre, en az 1 metre uzunlukta olmaktadır ve yaklaşık enkesitleri mesnetlerde 44cm*14cm, kenar kirişlerinde ise 18 cm*100 cm arasında değişmektedir (Centrepompidou-Metz, 2022).

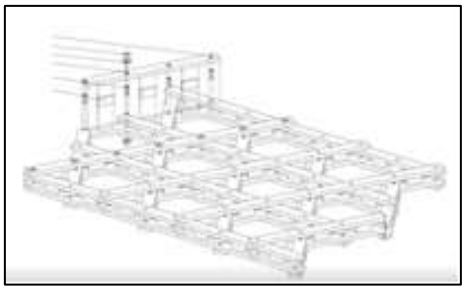


Şekil 4.130: Çatının Oluşumu (https://www.peri.com.eg/projects/cultural-buildings/centre-pompidou.html#&gid=1&pid=1)

Çatı, 90 metre genişliğinde bir altıgen oluşturur ve 8.000 m^2 yüzey alanına sahiptir. Çatının ahşap kabuk ağı tasarımı, yaklaşık 40 metrelik geniş alanları desteksiz geçmeyi sağlamaktadır ve çelik iskelet sistem olan kulenin direkleri üzerinde kendi kendini destekleyen bir yapı elemanı haline gelmesini sağlamaktadır (Şekil 4.131). Çatının taşıyıcı sistemi sergiler için geniş alanların oluşmasını da sağlamaktadır. Çatı, tamamen lamine ahşaptan oluşturulmuştur. Hem gerilmeye hem de basınca karşı dayanıklı bir malzeme olmasından dolayı çatının üretiminde ahşap kullanılmıştır (Centrepompidou-Metz, 2022).



Çatı Örgüsü



Çatı Detayı



Çatının Aksonometrik Perspektifi

Şekil 4.131: Centre Pompidou'nun çatı örgüsü ve detayı (https://arquitecturaviva.com/obras/centro-pompidou-metz)

Çatı çerçevesi binanın duvarlarından 20 metre kadar sarkmaktadır. Çatının metal çerçevesi (Altıgen kulenin tepesindeki metal halka-çekme çemberi) yerden 37 metre yüksekliğindedir. Bu çelik halka, projenin geniş, dalgalı çatısını desteklemektedir (Etherington, 2010).

Ahşap çubuk ağı membran ile örtülmüştür (Şekil 4.132). Membran çatı örtüsü 8500 m2'dir.Çatı örtü malzemesi olarak beyaz renkli, su geçirmez, cam elyaflı teflon (PTFE veya Poly-Tetra-Fluoro-Ethylene) örgü membran kullanılmıştır (Türkçü, Pompidou Center, 2017)



Şekil 4.132: Çatı Membranın Gerilmesi (https://www.designboom.com/architecture/shigeru-ban-centre-pompidou-metz-opens-may-12/)

Yapıda (temel ve yapı) 12.000 m^3 beton kullanılmıştır. Duvarlar ve altıgen kulede 970 ton yapısal çelik kullanılmıştır. Yapının temelinde 405*50cm ile 1 metre çapında ve 11 metre derinliğinde fore kazık kullanılmıştır. Çatının inşaasında 650 ton kereste kullanılmıştır. Çatı yapısını inşa etmek için 16.000 parça bir araya getirilmiştir (Etherington, 2010), (Şekil 4.133).



Şekil 4.133: Yapının şantiye aşamaları (https://www.demathieu-bard.fr/projet/centre-pompidou-de-metz/)

Tablo 4.23: Centre Pompidou'nun ölçütleri

Centre Pompidou Metz			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	İskelet Sistem	Ağ Kabuk Sistem	Membran Sistem
Geçilen Max Açıklık	15 metre	40 metre	40 metre
Malzeme	Çelik-beton	Ahşap	Membran
Formu	Düz	Eğri	Eğri
Fonksiyon	Galeriler	Çatı	Çatı örtüsü

4.2.5 Rhön Klinikum (Ayakta) Tıp Merkezi



Şekil 4.134: Rhön Klinikum Tıp Merkezi (https://www.siemens-healthineers.com/deu/press/releases/referencesitebadneustadt.html)

Tablo 4.24: Rhön Klinikum Tıp Merkezi genel bilgiler

Yapı mimarı	Lamm, Weber, Donath & Partner- DSP Dr. Schmidt
Bulunduğu Yer	Bad Neustadt a. d. Saale /Almanya
Yapım Yılı	2016 – 2018
Alan	12.500 m²
İşlev (Fonksiyonu)	Hastane-Klinik Merkezi
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Betonarme İskelet Sistem- Çubuk Ağı Kubbe-Kablo Sistem
Geçilen Maximum Açıklık	35 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	Betonarme İskelet Sistem- Çubuk Ağı Kubbe-Cam Kubbe Kablo Sistem-

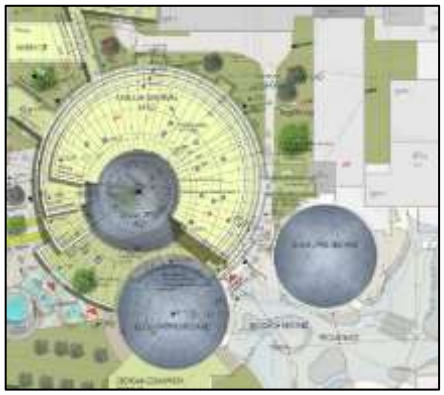
Rhön-Klinikum, Almanya'da, Bad Neustadt an der Saale'de bulunan bir tıp merkezidir (Şekil 4.134). Çeşitli klinik birimlerinden oluşur. Almanya'nın önde gelen tedavi merkezlerinden biridir (Wikipedia, Rhön-Klinikum, 2022).

Rhön Klinik Merkezi, dış mekân tesislerine de yansıtılmış modern bir tasarıma sahiptir. 2017 yılında Almanya'da en iyi rehabilitasyon kliniği olarak seçilmiştir (Osthessen News, 2022).

Rhön Klinik Merkezi hem yapı tasarımında hem de çevresinde çeşitli dairesel kubbelerin olduğu bir klinik merkezidir. Rhön Klinik Merkezi, cam kubbeli, etkileyici ve işlevsel olarak en uygun şekilde tasarlanmış bir yapıdır. Ayakta hastaların tedavi edildiği bir merkezdir. Tıp Merkezi, dairesel cam kubbe etrafında şekillenen bir yapı olarak tasarlanmıştır. Klinik girişinde de çubuk ağı kubbe olarak inşa edilmiş cam bir kubbe yer alır (Şekil 4.135). Ayrıca klinik merkezinin bahçesinde uzay kafes sistem olarak inşa edilmiş cam bir kubbe daha bulunur (Şekil 4.136). Cam kubbeler, gün ışığının iç mekâna girmesini sağlar Açık alanda gerilmiş bir halat ağ konstrüksiyonu, site boyunca dağılmış cam kubbelerin önünde dış bir avlu oluşturur. Cam kubbeler ve kablolarla tasarlanmış açık alanlar projeyi dikkat çekici kılmaktadır (Allgemeine Bauzeitung, 2023).



Şekil 4.135: Rhön Klinik Merkezi cam kubbe etrafında şekillenmesi (Dsp, 2022)



Şekil 4.136: Yapı ve çevresinde bulunan cam kubbelerin vaziyet planındaki konumları (Dsp, 2022)

Rhön-Klinikum Merkezi, cam kubbe ile tasarlanmış merkezi bir alan ve bunun etrafında betonarme bir iskelet konstrüksiyon olarak düzenlenmiş bir kliniktir (Şekil 4.137). Klinik merkezinin yarım küresinin çapı 35 metre ve yüksekliği 17,5 metredir. Poligonal kubbenin taşıyıcı yapısı, keskin kenarlı, kaynaklı çelik dikdörtgen profillerden yapılmış dikey ve yatay çubuklardan oluşur. Bu çubuk ağı kubbe, mekanik

sabitlemeli düz çift katlı cam sistemi ile kaplanmıştır. Çelik cam kubbe konstrüksiyonu üzerindeki gergi çubukları vasıtasıyla beton iskelet sistemin üstünü örter. Cam kubbe, gün ışığının iç mekâna girmesini sağlar (Roschmann Group, 2022).



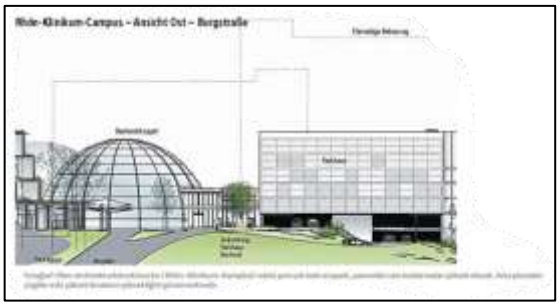
Şekil 4.137: Rhön-Klinikum Tıp Merkezinin cam kubbesi ile betonarme iskelet sistem inşaası (https://www.schick-bau.de/projekte/gesundheitswesen/142-ambulanzzentrum-campusrhoenklinikum-bad-neustadt.html)

35 metre çapındaki kubbenin giriş katında eczane, odyolog, tıbbi malzeme mağazası, kuaför ve küçük dükkanlar bulunur (Şekil 4.138). Diğer katlarda ise muayenehaneler mevcuttur. Bina ise 68 m çapındadır ve beş kata yayılmıştır (Dsp, 2022).



Şekil 4.138: Rhön-Klinikum Tıp Merkezinin cam kubbesinin iç görünüşü (Roschmann Group, 2022)

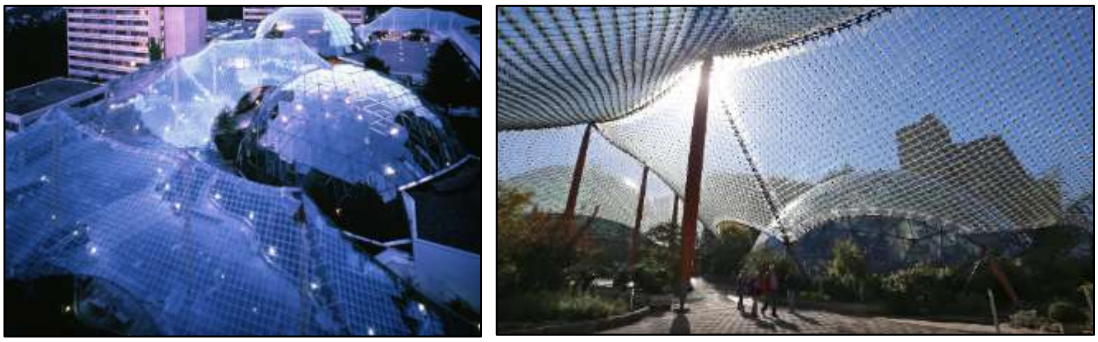
Kliniklere ve muayenehanelere gelen hastalar için çok katlı bir otopark tasarlanmıştır (Şekil 4.139). Çok katlı otopark, yanındaki cam kubbe kadar yüksek olacak biçimde tasarlanmıştır (Herbert, 2021).



Şekil 4.139: Cam kubbe ile çok katlı otoparkın aynı seviyede tasarlanması (https://www.mainpost.de/regional/rhoengrabfeld/757-parkplaetze-fuer-den-rhoen-klinikum-campus-art-9499404)

Rhön Kliniği'nin bahçe kısmına, büyük bir kablo ağı dikilmiştir (Şekil 4.140). Kablo ağ sistemi ahşap desteklerle yükseltilmiştir ve halatlarla gerilmiştir. Çelik kablo ağı iki tabakalı cam panel sistemi ile kaplanmıştır. Cam ile kaplanmış olmasından dolayı kablo ağı yağmurlu hava şartlarında da kullanıcılara hizmet etmektedir (Sobek, 2023).





Şekil 4.140: Rhön-Klinikum Tıp Merkezinin bahçesindeki kablo ağı (Sobek, 2023)

Tablo 4.25: Rhön Klinikum Tıp Merkezi ölçütleri

Rhön Klinikum (Ayakta) Tıp Merkezi			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	Betonarme İskelet Sistem	Çubuk Ağı kubbe	Kablo Ağ sistem
Geçilen Max Açıklık	10 metre	35 metre	20 metre
Malzeme	Beton	Çelik ve cam	Kablo ve cam
Formu	Düz	Eğri	Eğri
Fonksiyon	Tıp birimleri	Yapının iç avlusu	Dış avlu

4.2.6 Westpark Alışveriş Merkezi



Şekil 4.141: Westpark Alışveriş Merkezi (https://tankar.com.tr/tr/westpark-outlet)

Tablo 4.26: Westpark Alışveriş Merkezi'nin genel bilgileri

Yapı mimarı	Dome Mimarlık
Bulunduğu Yer	Bayraklı/ İzmir
Yapım Yılı	2017 – 2018
Alan	160.000 m2-70.000 m2 kapalı alan
İşlev (Fonksiyonu)	Alışveriş Merkezi
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Betonarme İskelet Sistem- Çubuk Ağı Kubbe-Kablo Sistem
Geçilen Maximum Açıklık	50 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	Membran Sistem-Sosyal Alanlar İskelet Sistem-Mağazalar ve yönetim birimleri

West Park alışveriş merkezi, İzmir'in Bayraklı ilçesinde bulunan bir yapıdır. 160.000 m^2 üzerine yayılarak kurulan alışveriş merkezi, 70.000 m2 kapalı alana sahiptir. Tasarımı Dome Mimarlık tarafından yapılmıştır. Westpark alışveriş merkezi asma-germe membran üst örtüler ile alanında Türkiye'nin en büyükleri arasında yer almaktadır (Tankar, 2023).

Westpark Alışveriş Merkezi, membran sistemler ile iskelet sistemin birlikte kullanılarak tasarlanmış bir projedir. Tüm membran üst örtü sisteminde yaklaşık olarak 250 ton çelik kullanılmıştır. Yapıdaki membran sistemler, çelik kafesler ile birlikte 30-50 metre arası açıklıkları geçilebilmiştir. Yapıdaki muz kafeslerin kullanıldığı membran örtüler ise 18 ila 32 metre arası mesafe geçmektedir.

Giriş avlusunda 30 metre çapında koni biçiminde bir membran çatı bulunmaktadır. Giriş avlusundaki membran çatıyı desteklemek için uçan pilon kullanılmıştır. Bu membran çatının merkezinde bulunan uçan pilonun yüksekliği 16 metredir.

Giriş, avlu, ara cadde, ara katlar, büyük galeri, yemek alanı, yaya yolu, büyük ve de küçük kubbe de toplam 11.000 metrekare izdüşüm alanda yaklaşık 16.000 metrekare kumaş kullanılmıştır. Bu projede Mehler (Low And Bonar) firmasının TiO2 katkılı Tip2 ve Tip3 kumaşları tercih edilmiştir. Westpark Alışveriş merkezinin asma-germe membran üst örtü sistemi HTTF Asma Germe Membran Sistemler (High Tech Tensile Fabrics) tarafından yapılmıştır.

Yapının bazı bölümlerinde konik biçiminde membran örtü sistemleri tasarlanmıştır. Isınan havanın yükselerek tepe bacalarından yapıyı terk etmesini ve ortamda doğal bir serinlik oluşturmasını sağlamak için konik biçimi tercih edilmiştir.

Westpark alışveriş merkezi'nin giriş avlusunun membran örtüsünü taşımak için 16 metre boyunda bir uçan pilon kullanılmıştır. Uçan pilon 9 çelik halat ile taşınmaktadır. Giriş avlusunun membranı 1000 m^2 alan kaplamaktadır.

Ara caddenin membran örtüsü, beş modülden oluşmuştur. Bu modüllerin her birinde 4 adet uçan pilon bulunur. Ara caddede toplamda 20 adet uçan pilon kullanılmıştır. Yemek alanının membran örtüsü ise 9 modülden oluşmuştur. Bu modüllerin her birinde 5 adet uçan pilon kullanılmıştır ve toplamda yemek alanında 45 adet uçan pilon kullanılmıştır.

Westpark Alışveriş Merkezi otoyolun karşı tarafında bulunan insanları da yapıya çekmek için üst köprülü bir şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.142). Üst köprü 3 sıra boyunca 2 adet H biçimindeki dolu gövdeli kolonlar tarafından taşınmaktadır. Toplamda 6 adet H biçimindeki kolon tarafından taşınmaktadır. Kolonlar arasında gergi çubukları bulunur. Kolonlar arasındaki mesafe 30 metredir. Üst köprünün döşemesinde ise düzlem kafes kirişler kullanılmıştır. Üst köprü silindirik olarak tasarlanmış membran bir örtü sistemi ile örtülmüştür. 120 m uzunluğa sahip olan ve İzmir Çanakkale otoyolu üzerinde bulunan üst köprüde membran sistemi desteklemek için toplam 20 adet modül kullanılmıştır. Modüller arasındaki mesafe 6 metredir. Membran ile örtülü oval silindirik tünel ile yayaların rüzgârdan etkilenmeden karşıya geçmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.142: Westpark alışveriş merkezi'nin üst köprüsü (Kişisel arşiv)

Büyük galerinin membran örtüsü ise üç büyük modülden oluşmaktadır. Her bir modül 9 metre boyunda dört tane uçan pilon içermektedir. Toplamda büyük galeride 12 adet uçan pilon kullanılmıştır. Modüllerin her biri yaklaşık olarak 650 metrekaredir.

Giriş avlusunun üst örtü sisteminde geçilen açıklık 15 metredir. Üst köprüde geçilen açıklık 40 metredir. Yapıda konik formlu membran sistemi ile geçilen geniş açıklık 18 metredir. Yemek salonunun üst örtüsünde geçilen açıklık 25 metredir. Büyük salonun üst örtüsünde geçilen açıklık ise 50 metredir.

Westpark alışveriş merkezi, mimari tasarım ve uygulaması ile dikkat çeken bir yapıdır. Kullanılan membran sistemler yapının doğal ışıktan faydalanmasını sağlamaktadır. Ayrıca membran örtü yapıya doğal havalandırma imkânı sağlar. Böylelikle sıcak yaz günlerinde serin bir gezinti ve alışveriş alanı oluşturulmuştur.

Yapının cephesinde kahverengi fırınlanmış tuğla kaplama malzemesi kullanılmıştır. Bu malzeme yapıda sıcak bir atmosferin oluşmasını sağlamaktadır (GKS, 2019).

Tablo 4.27: Westpark Alışveriş Merkezi'nin ölçütleri

Westpark Alışveriş Merkezi			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	Betonarme İskelet Sistem	Membran Sistem	Düzlem yüzeyli uzay kafes sistem
Geçilen Max Açıklık	8 m	50 m	30 metre
Malzeme	Beton	Membran	Çelik
Formu	Düz	Eğri	Düz
Fonksiyon	Dükkanlar ve yönetim birimleri	Sosyal alanlar	Köprü tabliyesi

4.2.7 Harbin Opera Binası



Şekil 4.143: Harbin Opera Binası (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023)

Tablo 4.28: Harbin Opera Binası'nın genel bilgileri

Yapı mimarı	MAD mimarlık firması
Bulunduğu Yer	Harbin, ÇİN
Yapım Yılı	2011-2015
Alan	79.000 m^2
İşlev (Fonksiyonu)	Opera Binası
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Betonarme İskelet Sistem – Eğri yüzeyli uzay kafes sistem
Geçilen Maximum Açıklık	60 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	Betonarme İskelet Sistem-Konferans salonları ve işlevsel birimler Eğri yüzeyli uzay kafes sistem- Tüm yapının üst örtüsü
Yapının maximum yüksekliği	55 metre

Harbin Opera Binası, Çin, Harbin'de bulunan çok amaçlı bir gösteri sanat merkezidir (Şekil 4.143). 79.000 m^2 opera binası, MAD mimarlık firması tarafından tasarlanmıştır. Yapı, Harbin kentindeki sulak alanları çevreleyen Harbin Kültür Adası'nın en önemli parçası olarak hizmet vermektedir. Beyaz alüminyum panellerle kaplı opera binası, çevredeki sulak alanların, su yollarının ve karlı arazinin bir uzantısı olarak doğayla uyumlu bir şekilde tasarlanmıştır. Yapı, rüzgâr ile meydana gelmiş doğal bir biçimde oluşmuş gibi bir izlenim vermektedir (Şekil 4.144). Opera binası, modern beyaz duvarlar, çatı pencereleri ve ahşap kaplamaları ile zengin bir iç mekân tasarımına sahiptir (Wikipedia, Harbin Grand Theatre, 2023).



Şekil 4.144: Harbin Opera Binasının Görünüşü (https://www.archute.com/emerging-landscape-undulating-harbin-opera-house/)

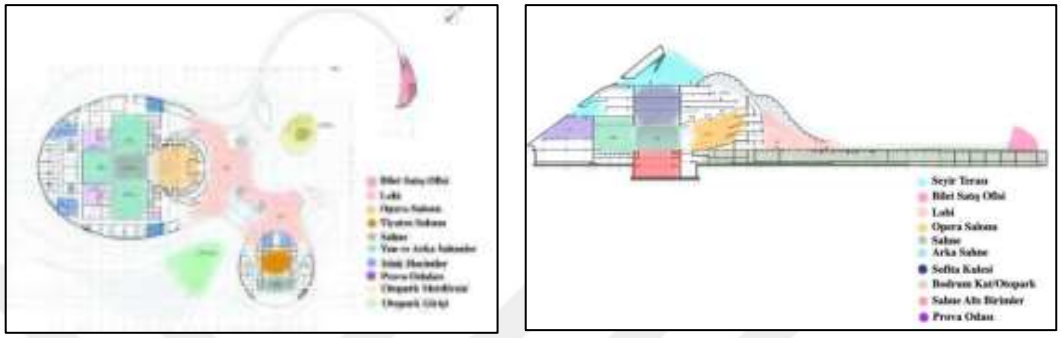
Bina; iki tiyatro merkezi, soyunma ve prova odaları, yeraltı otopark alanları ve dış performans alanlarından oluşmaktadır. Araçlar, meydan girişinden yapının yeraltına yönlendirilir (Şekil 4.145). Yeraltı otoparkında 470 park yeri bulunmaktadır. Opera binasının açık meydanı araç trafiğine kapalı tamamen halka ait bir etkinlik alanı olarak tasarlanmıştır (Nagendran, 2021).



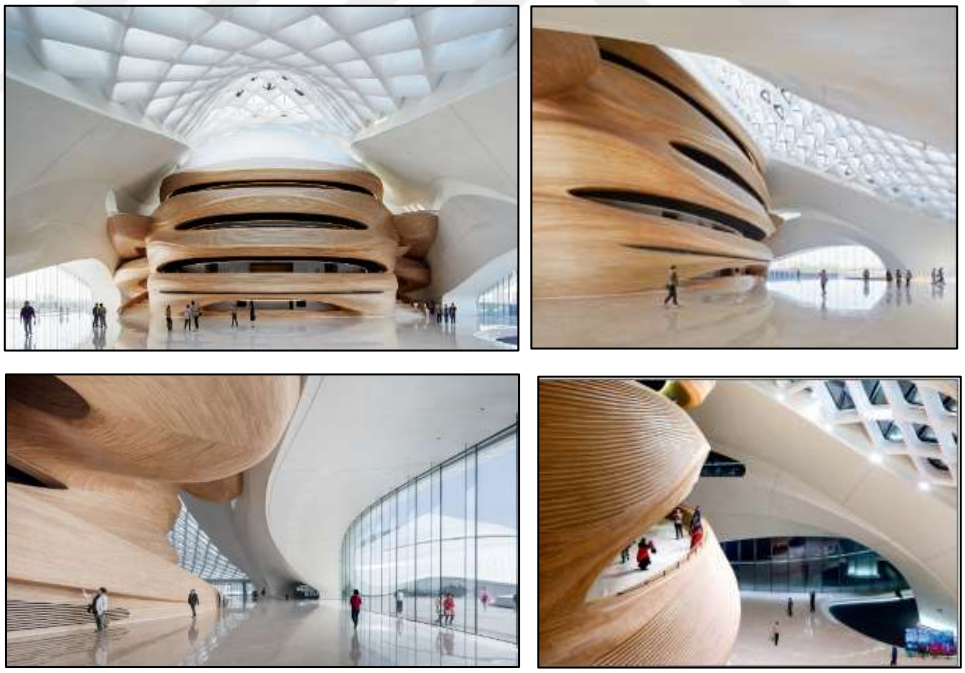
Şekil 4.145: Meydan girişinin altındaki otopark yolu ve girişi (https://www.gzt.com/jurnalist/gelecegin-kultur-merkezi-harbin-opera-evi-3462064)

Kuzey Çin Harbin'de bulunan Opera Binası, dalgalı bir forma sahip iki konser salonu olan bir opera binasıdır. Yapının tasarım konsepti, Çin'deki pek çok kentin gökdelen dokusunun aksine bir kamusal alan yaratma fikrinden türetilmiştir. Kıvrımlı opera binası, 79.000 metrekarelik bir inşaat alanını kaplar. Dış mimari tasarımı, çevredeki topoğrafyanın kıvrımlı yapısına atıfta bulunmaktadır. Yapının dış cephesinde beyaz alüminyum paneller kullanılmıştır. Opera binası, üç yapraklı bir plana sahiptir (Şekil 4.146). Harbin Opera Binasının girişinde büyük bir fuaye bulunur ve bu alan, iki tiyatroya açılan kamusal bir alan olarak faaliyet görür (Şekil 4.147).

Büyük tiyatro salonu 1538 kişiyi ağırlayabilecek kapasitededir. İkinci daha küçük olan tiyatro salonu ise 414 koltuktan oluşmaktadır. Büyük Tiyatro Salonu 56,5 metre yüksekliğe sahiptir. Büyük Opera binası, at nalı şeklinde tasarlanmıştır. Küçük tiyatro salonu ise 25,75 metre yüksekliğindedir. Yapı ayrıca geniş bir dış performans alanına sahiptir (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023).



Şekil 4.146: Harbin Opera Binası'nın plan ve kesiti (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023)



Şekil 4.147: Harbin Opera Binası fuaye alanı ve ahşap merdivenleri (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023)

Yapı, ziyaretçilerine sanatsal bir gezi sunar. Ziyaretçiler, büyük lobiye girdikten sonra, büyük lobiyi kaplayan büyük şeffaf cam duvarlarla karşılaşırlar ve eğrisel iç mekânı, hareketli cepheyi ve dış avluyu aynı anda gözlemlerler. Tavanda yer alan kristal biçimindeki camlar, büyük lobi alanını aydınlatırlar (Şekil 4.148). Kristal cam tavan piramitlerden oluşmaktadır. Şeffaf piramit cam, karları eriten özelleştirilmiş bir sistemle donatılmıştır ve eriyen karlar yapıya entegre edilmiş sistem sayesinde depolara yönlendirilirler (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023).



Şekil 4.148: Fuaye alanının üzerindeki piramidal cam tavan (https://www.designboom.com/architecture/mad-architects-harbin-opera-house-china-iwan-baan-photography-ma-yansong-04-28-2016/)

Büyük tiyatro, ahşapla kaplanmıştır (Şekil 4.149). Sahne önü alanından asma kat balkonuna kadar büyük tiyatro salonu ahşapla kaplıdır. Tiyatro salonunun malzeme kullanımı ve mekânsal konfigürasyonu birinci sınıf akustik sağlar. Büyük tiyatro, salona aydınlatma sağlayan bir tavan penceresine sahiptir. Tavan penceresi, az da olsa seyircilerin dış dünyayla olan bağını koparmamak ve geçen zamanın bilincine vardırmak için tasarlanmıştır (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023).



Şekil 4.149: Büyük Tiyatro Salonunun iç görünüşü (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023)

Küçük tiyatro salonunun arka duvarı ses geçirmez cam ile kaplanmıştır. Böylece camdan gözüken alan salon performansları için doğal bir arka plan (manzara) oluşturur (Şekil 4.150). Ve sahnenin dış ortamın bir uzantısı olarak etkinleşmesini sağlar (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023).



Şekil 4.150: Küçük Tiyatro Salonunun iç görünüşü (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023)

Ahşap kabuk ile birlikte çalışan çok sayıda kavisli beton duvar ve tavan, Harbin Opera Binasının tasarımını tamamlamaktadır (Şekil 4.151). İç sirkülasyon prekast beton formlar ile şekillendirilmiştir. Beyaz duvarlar, binanın karmaşık yapısal sistemi arasında ışığa izin veren açıklıklarla şekillendirilmiştir. Ana tiyatro alanlarının dışındaki lobi ve ortak alanlardaki özel beton duvarlar hem kapalı hem de açık ve ışıkla dolu bir atmosfer yaratmaktadır (Baldwin, 2023).



Şekil 4.151: Fuaye alanındaki ahşap ve betonun birlikte çalıştığını gösteren iç mekân görünüşleri (Baldwin, 2023)

Çatı yapısı, üst üste binen kabuklar gibi görünen beyaz alüminyum plakaların ve düzensiz cam giydirme cephelerin zıtlık oluşturduğu bir dış görünüme sahiptir (Nagendran, 2021), (Şekil 152).



Şekil 4.152: Yapının katmanlı yapısı ve aleminyum plakalar ile cam giydirme cephelerinin görünüşü (Nagendran, 2021)

Yapının önündeki meydan, planın üçüncü yaprağını oluşturur ve açık hava etkinlikleri ve performanslar için kullanılabilecek bir alandır (Şekil 4.153). Binanın tepesinde başka bir açık hava etkinlik alanı daha vardır. Bu etkinlik alanı teras ve gözlem platformu olarak da kullanılabilmektedir. (Frearson, "MAD's sinuous Harbin", 2015), (Şekil 4.154).



Şekil 4.153: Harbin Opera Binasının açık hava performans alanı ve etkinlikler (https://www.nytimes.com/2016/08/10/arts/music/in-china-rejuvenating-a-classical-music-heritage-linked-to-a-jewish-community.html)



Şekil 4.154: Harbin Opera Binasının çatısındaki açık meydan ve gözlem platformu (https://pawelpaniczko.com/works/harbin_opera_house#thumbs)

Harbin Opera Binası, toplumun yapıya etkileşimini ve katılımını artıracak şekilde tasarlanmıştır. Harbin Opera Binası'nın üst üste binen beyaz kabuklardan yapılmış çatısı, sarmal mermer kaplı merdivenli bir niş içerir (Şekil 4.155). Ziyaretçiler, cephe üzerindeki bu merdivenlerle binaya tırmanabilirler ve zirveye ulaştıklarında Harbin şehrinin ve çevredeki doğal alanların manzaralarını seyredebilirler. Ziyaretçiler cephedeki yollardan halka açık meydana geri dönebilirler veya opera binasına girerek yapıyı gezebilirler (Mert, 2021).



Şekil 4.155: Harbin Opera Binasının cephesindeki sirkülasyon alanları ve çatıya giden yol (https://pawelpaniczko.com/works/harbin_opera_house#thumbs)

Yapının zeminleri Fujian Huahui Stone tarafından üretilen mermerlerle kaplanmıştır. Özel olarak üretilen bu mermerler, şehrin aşırı kış sıcaklıklarıyla mücadele etmek ve alanı daha konforlu hale getirmek için radyan ısıtma ile entegre edilmiştir. Bu mermerler, halkın uzun kışlar boyunca kültür merkezinin olanaklarından yararlanabileceği konforlu alanların sunulmasını sağlar. Dayanıklı döşeme, merdivenler ve basamaklarda kırık beyaz olacak şekilde uygulanmıştır (Baldwin, 2023), (Şekil 4.156).



Şekil 4.156: Harbin Opera Evi'nin özel olarak üretilen kırık beyaz şeklindeki mermerleri (https://architecturesstyle.com/harbin-opera-house/)

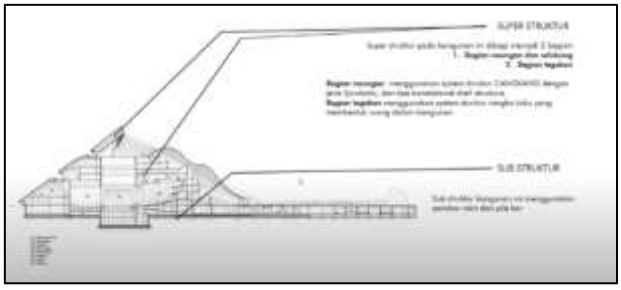
Harbin Opera Binasında yangına karşı koruma sağlamak için cam elyaf takviyeli çimento kullanılmıştır. Büyük salona giden merdivenler ve balkonlar ahşap paneller

ile kaplanmıştır. Fuayeden opera salonuna ulaşmak için kullanılan organik formlu bu ahşap kaplama merdiven rengi ve ahşap malzemenin birleştirilme tekniğinden oluşan dokusuyla dış kabukla uyum sergilemekte ve yapının iç mekândaki akışkanlığının devamı niteliğinde kendini göstermektedir (Garber, 2017). Ahşap merdiven kabuğu, fuayenin odak noktasını oluşturmaktadır ve fuayeye sıcak ve davetkar bir atmosfer kazandırmaktadır (PLD Türkiye, 2017), (Şekil 4.157).

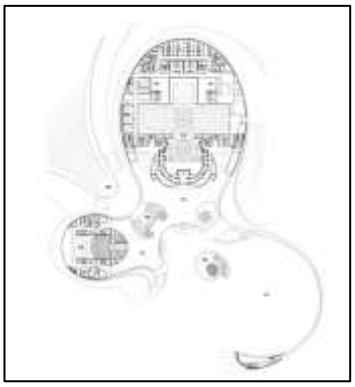


Şekil 4.157: Büyük salona giden ahşap merdivenler (https://www.arkitera.com/proje/harbin-opera-evi/)

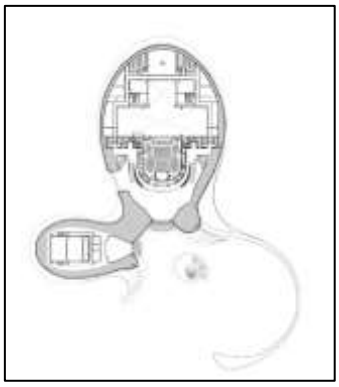
Tiyatronun çelik strüktürü, 7.000 ton ağırlığa sahiptir. Tiyatronun metal çatısı, 50.000 metrekareden fazla bir alana yayılır. Opera binaları, iç mekanları oluşturan temel yapı ile otopark, betonarme sistem ile inşa edilmiştir. Betonarme mekanların üstü uzay kafes sistem ile kaplanmıştır (Şekil 4.158 ve Şekil 4.159). Fuaye alanı ve salonlarda geniş açıklıkların geçilmesine izin veren uzay kafes taşıyıcı sistem, beyaz alüminyum malzeme modülleri ile kaplanmıştır. Hiperbolik şeklinin karmaşıklığı nedeniyle, modüllerin her biri kendi üç boyutlu kalıbında şekillendirilmiş ve ardından parça parça uygulanmıştır, boyut ve formları farklı 30.000'den fazla metal plaka üretilmiştir (Ice Festival Harbin, 2022), (Şekil 4.160).



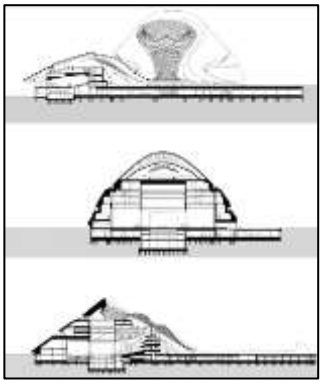
Şekil 4.158: Harbin Opera Binasının Strüktür Analizi (https://www.dezeen.com/2015/12/16/mad-sinuous-harbin-opera-house-completes-north-east-china/)



Zemin kat planı



1. kat planı



Kesitler

Şekil 4.159: Harbin Opera Binasının plan ve kesitleri (Archdaily, "Harbin Opera" , 2023)



Şekil 4.160: Harbin Opera Binasının İnşaat Görüntüleri (https://archello.com/story/22826/attachments/photos-videos)

Tablo 4.29: Harbin Opera Binası'nın ölçütleri

Harbin Opera Binası		
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	
	İskelet Sistem	Uzay Kafes Sistem
Geçilen Max Açıklık	20 metre	60 metre
Malzeme	Beton	Çelik
Formu	Düz	Eğri
Fonksiyon	Konferans salonları-İşlevsel alanlar	Fuaye alanı ve yapının üst örtüsü

4.2.8 Denver Uluslararası Havalimanı



Şekil 4.161: Denver Uluslararası Havalimanı (https://www.internationalairportreview.com/news/6780/denver-international-airport-breaks-record-for-august-passenger-traffic-in-2011/)

Tablo 4.30: Denver Uluslararası Havalimanı'nın genel bilgileri

Yapı mimarı	Fentress mimarlık firması
Bulunduğu Yer	Denver, Kolorado, Amerika Birleşik Devletleri
Yapım Yılı	1994
Alan	Terminal Alanı: 2.000.000 fit kare
İşlev (Fonksiyonu)	Havalimanı
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	Çelik iskelet sistem Membran Sistem
Geçilen Maximum Açıklık	65 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	İskelet Sistem- Havalimanının birimleri Membran Sistem- Büyük Salon – otoparkın rampaları
Yapının maximum yüksekliği	40 metre

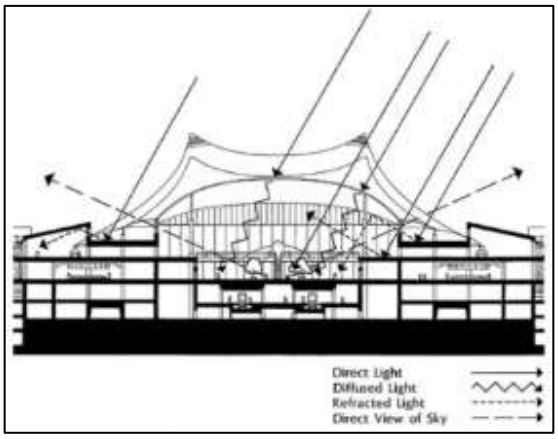
Denver Uluslararası Havalimanı, Amerika'nın Colorado eyaletinin Denver şehrinde hizmet veren uluslararası bir havalimanıdır (Şekil 4.161). Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en büyük uluslararası havalimanıdır. Amerika'nın ve dünyanın en işlek havalimanları arasında yer almaktadır. Havalimanının ana terminali Jeppesen terminalidir (Wikipedia, "Denver", 2023).1994 yılında tamamlanan, Denver Uluslararası Havalimanı'ndaki Jeppesen Terminali'nin ikonik "dağ silsilesi", bugün

dünyanın en tanınmış gerilebilir membran yapılarından biridir. Bu sivri bir koniyi andıran 300 metre uzunluğunda ve 73 metre genişliğindeki membran yapının tasarımı, Fentress mimarlık tarafından yapılmıştır ve membran yapının tasarımında Rocky Dağları'ndan ilham alınmıştır (NDN Software, 2021), (Şekil 4.162).



Şekil 4.162: Rocky Dağları'ndan ilham alınarak tasarlanmış Denver Uluslararası Havalimanı'nın membran yapısı (Fentress, 2021)

Denver Uluslararası Havalimanı, çevreye duyarlı bir havalimanı tasarımına sahiptir. Doğal gün ışığı terminalin içine yarı saydam membran çatı aracılığıyla girmektedir. Membran çatı malzemesi, gün boyunca doğal ışığın yüzde 10'unun kumaştan yapının içine geçmesine izin verirken, güneş radyasyonunun ise yüzde 90'ını yansıtarak güneş ısısının iç mekâna girmesini önler (Şekil 4.163). Böylelikle sıcak aylarda klima ihtiyacını azaltır. Membran çatı, havalimanının güneş ışığından yararlanarak, gündüz saatlerinde iç aydınlatma ihtiyacını büyük ölçüde azaltır. Daha sonra havalimanına, 3,5 milyon kilovat elektrik üreten 9.000 adat güneş paneli yerleştirilmiştir. Böylece Denver Uluslararası Havalimanı, sürdürülebilirlik alanında ülke çapındaki havalimanlarına öncülük etmektedir (Architonic, 2021).



Şekil 4.163: Membran örtüden mekâna doğal ışığın alınmasını gösteren kesit (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020)

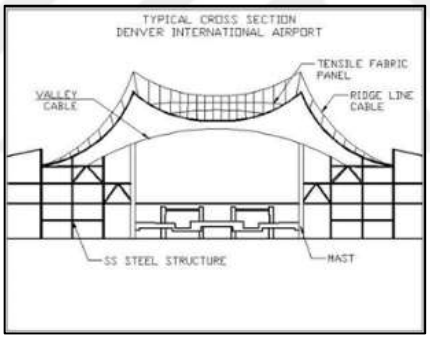
Yapıda membran sistemin kullanılması 200 ton çeliğin kullanımını azaltmıştır (Fentress, 2021), (Şekil 4.164).



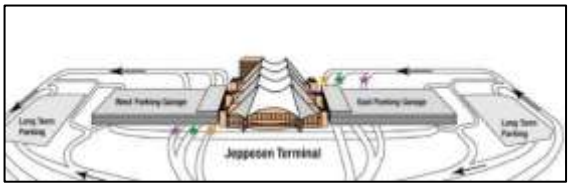
Şekil 4.164: Yapının membran çatı örtüsü (NDN Software, 2021; Architonic, 2021)

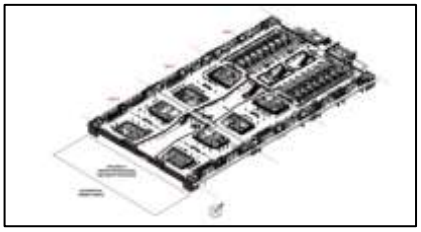
Denver Uluslararası Havaalanının ana taşıyıcı sistemi çelik iskelet sistemdir. Havaalanının büyük salonunun çatı yapısı ise asma-germe membran sistem olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.165). Germe taşıyıcı sisteme sahip bu büyük salon, 40 metre

yüksekliğe çıkan ve ziyaretçileri yarı saydam membran sayesinde doğal ışıkla karşılayan büyük bir alandır. Membran çatı, planda yaklaşık olarak 73x300 metre ölçülerindedir (Şekil 4.166). Kullanılan membran yaklaşık olarak 375.000 fit karelik bir yüzey alanına sahiptir ve kilometrelerce yapısal çelik kablo kullanılmıştır. Membran örtü, 300 metre uzunluğunda 34 direk tarafından desteklenmektedir. İç destek direkleri 46 metre aralıklarla iki sıra kolon dizisi oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir. Her bir kolon sıra çifti arasında ise 18 metre vardır (Şekil 4.167). Kablo destekli üçgen asma pencereler ve büyük cam duvarlarda yapı alanını çevrelemektedir. Membran, dış ankrajlara bağlanmak, binayı gölgelemek ve korumak için cam muhafazaların üzerinden geçer. Membran çatı örtüsünün yalıtım, ses ve yoğuşmaya karşı koruma sağlayabilmesi için iç yapısı astar kumaş ile kaplanmıştır. Ek olarak, ana bina boyunca uzanan iki ayrı dış membran örtüler, terminalin görkemli tasarımını tamamlarken gelen ve giden yolcu trafiği için gerekli olan araç rampalarına hizmet eder (Birdair, 2022), (Şekil 4.168).

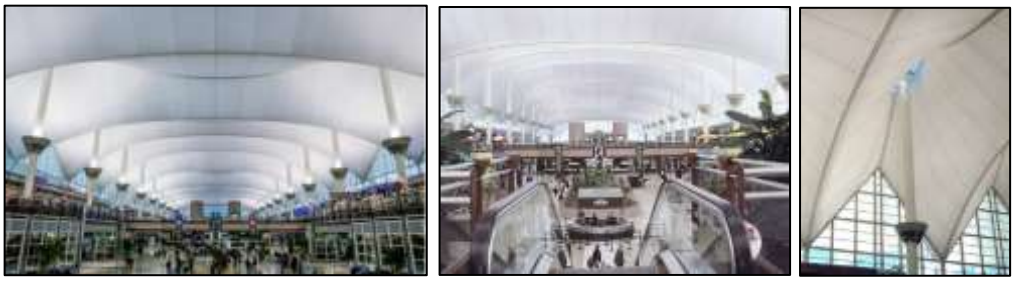


Şekil 4.165: Denver Uluslararası Havaalanı'nın kesiti (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020)





Şekil 4.166: Denver Uluslararası Havaalanı'nın plan ve görünüşü (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020)



Şekil 4.167: Denver Uluslararası Havalimanı'nın membran çatı örtüsünün iç mekân görünümü (Architonic, 2021)



Şekil 4.168: Dış membran yapısının terminalin araç rampalarını örtmesi (https://structurae.net/de/bauwerke/passagierterminal-des-denver-international-airport)

Ana çatı ve kablo destekli cam duvarlarla birlikte bu yapı, asma-germe mimarisinin en kapsamlı uygulamasını göstermektedir (Şekil 4.169). Germe taşıyıcı sistemin maliyeti 35 milyon dolardır (De Nardis, 2023).

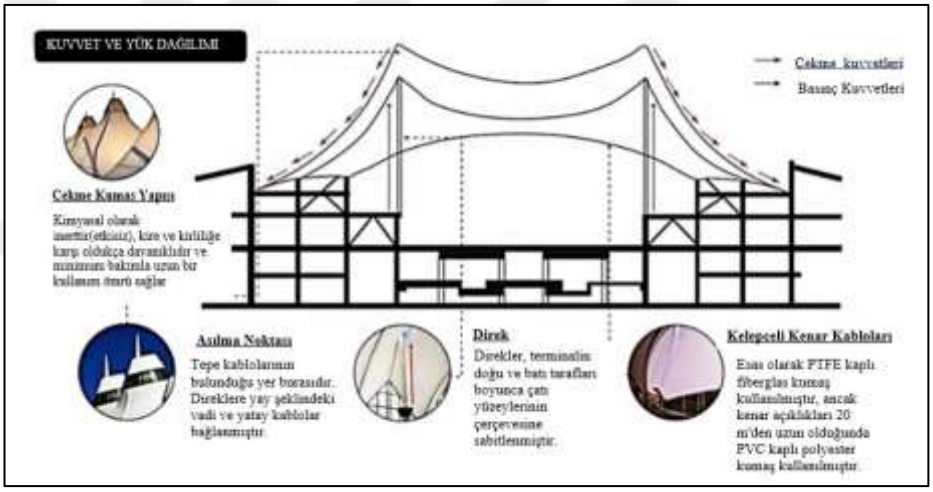


Şekil 4.169: Ana çatı ve asma destekli cam duvarlar (Fentress Architects, 2020)

Dünyanın en büyük asma-germe sistemli membran çatısına sahip olan yapı, büyük bir alanı ucuz ve kolay bir şekilde örtmenin yolunu göstermektedir (Brown, 1994).

Membran çatı yapısının imalat ve inşaatı Birdair inşaat firması tarafından yapılmıştır. Membran örtü, teflon ile kaplanmış dokuma cam elyafından (teflon kaplı fiberglass) üretilmiştir. Örtü sabun ve su ile periyodik olarak temizlenmektedir. Böylelikle örtü uzun bir kullanım ömrüne sahip olmaktadır (Sophernsparn, 2021).

Çatı, katlanmış bir levha tasarımına andırmaktadır. Çatı yüksekliği 32 metre ila 40 metre arasında değişmektedir. Çelik direkler, kabloların asıldığı yerlerdir (Şekil 4.170). Kablo askı tasarımı, bir asma köprününkine benzemektedir. Yukarı doğru olabilecek hava akımlarından kaynaklanan hasarı önlemek için tavanı aşağıda tutan ek kablolar dış tarafa yerleştirilmiştir (Terrell, Bradley, Ewing, & Davis, 2020).



Şekil 4.170: Membran çatı örtüsünün yapısal elemanlarını ve yük dağılımını gösteren kesit (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020)

Membran Çatı Örtüsünün Yapısal Elemanları

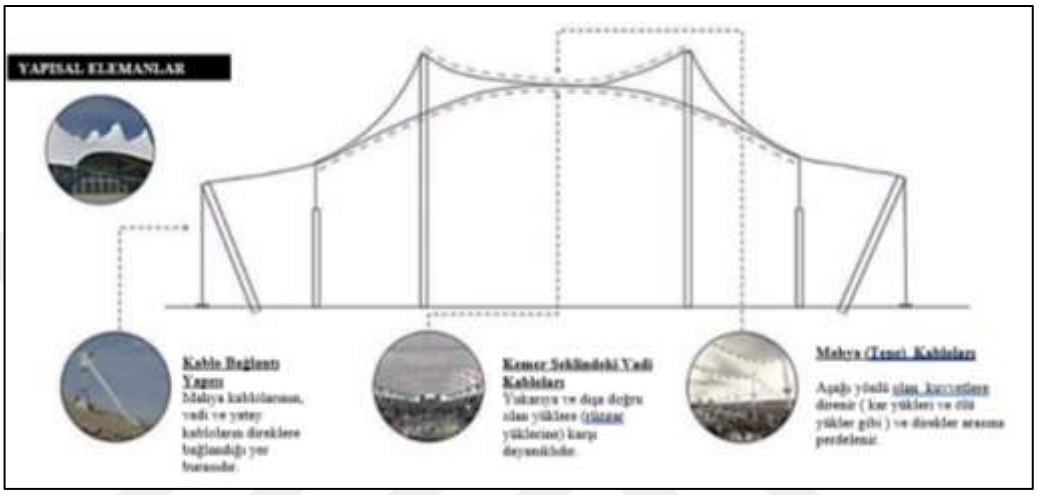
Asılma Noktası: Tepe kablolarının bulunduğu yer burasıdır. Bu direklere yay şeklindeki kablolar ile yatay kablolar bağlanmıştır

Direk: Direkler, terminalin doğu ve batı tarafları boyunca çatı yüzeylerinin çerçevesine sabitlenmiştir.

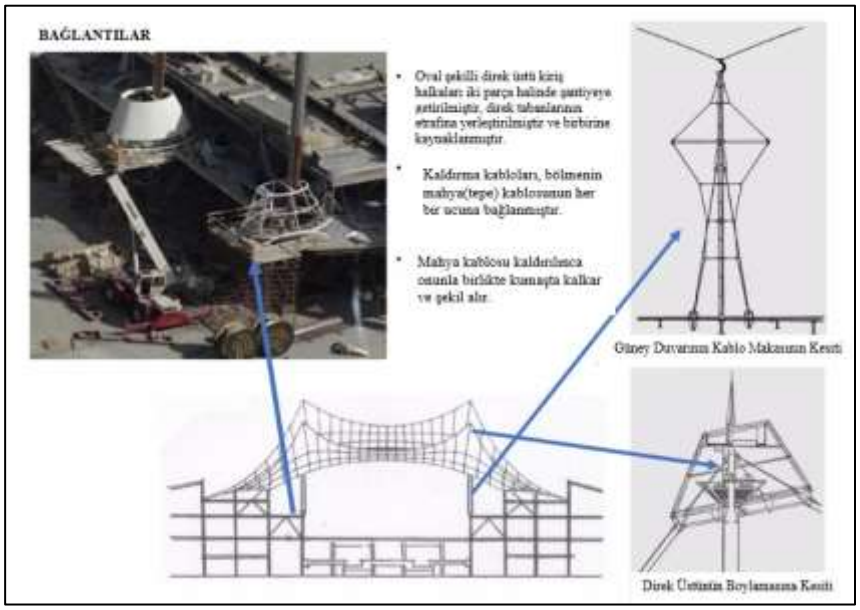
Membran: Esas olarak PTFE kaplı fiberglas kumaş kullanılmıştır, ancak kenar açıklıkları 20 metreden uzun olduğunda PVC kaplı polyester kumaş kullanılmıştır.

Konik formdaki membran yapılarının her biri çeşitli yüksekliklerde olacak şekilde tasarlanmıştır. Membranların tepe noktalarının yüksekliği minimum 32, maximum ise 40 metre olmaktadır (Şekil 4.171 ve Şekil 4.172).

Yapısal çelik direkler, kablolar ve çift katmanlı kumaş çatı dahil olmak üzere Terminal'in tüm çatı yapısı, ortalama 50 kişilik bir kurulum ekibi kullanılarak yaklaşık dokuz ayda inşa edilmiştir (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020), (Şekil 4.173).



Şekil 4.171: Membran çatı örtüsünün yapısal elemanlarını gösteren kesit (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020)



Şekil 4.172: Yapının bağlantıları (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020)



Şekil 4.173: Yapının İnşaat Görüntüleri (Gujadiya, Sutariya, Borad, & Yadav, 2020)

Tablo 4.31: Denver Uluslararası Havaalanı'nın ölçütleri

Denver Uluslararası Havaalanı'nın		
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	
	İskelet Sistem	Membran Sistem
Geçilen Max Açıklık	8 metre	65 metre
Malzeme	Beton	Membran
Formu	Düz	Eğri
Fonksiyon	İşlevsel alanlar	Terminal koridoru ve araç rampaları

4.2.9 Dadong Sanat Merkezi



Şekil 4.174: Dadong Sanat Merkezi (Archello,"Dadong Art", 2021)

Tablo 4.32: Dadong Sanat Merkezi'nin genel bilgileri

Yapı mimarı	Cie + MAYU mimarlık firması
Bulunduğu Yer	Kaohsiung, TAYVAN
Yapım Yılı	2008-2012
Alan	36.470 m2
İşlev (Fonksiyonu)	Sanat Merkezi
Kullanılan Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	İskelet Sistem-Membran Sistem
Geçilen Maximum Açıklık	36 metre
Taşıyıcı sistemlerin karşıladığı işlevler	İskelet Sistem- tiyatro, sergi merkezi, kütüphane ve eğitim merkezi Membran Sistem-İç ve dış avlu-bahçe

Dadong Sanat Merkezi, Tayvan'ın Kaohsiung şehrindeki bir sanat merkezidir (Şekil 4.174). Yapının inşaatına 2008'de başlanmıştır ve 2012'de ise inşaat tamamlanmıştır. Yapı, MAYU ve Cie mimarları tarafından tasarlanmıştır ve Arup ve Tien-Hun mühendislik firması tarafından inşa edilmiştir. Yapı, tiyatro salonu, sergi merkezi, kütüphane ve eğitim merkezinden oluşmaktadır (De Architekten Cie, 2021).

Tayvan, şehir yapısında yeterli kamusal alanları olmadan endüstriyel anlamda gelişmiştir. Şehirlerde ise kentsel alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, Dadong Sanat Merkezi, yeni bir kamu alanı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır (Archello,"Dadong Art", 2021).

Sanat merkezi, açık alanı ile çevreyle güçlü bir bağ oluşturur. Yapı, tiyatro, sergi salonu, sanat kütüphanesi ve eğitim merkezi olmak üzere dört ana hacim arasında membran ile örtülü açık alanı ile bir dizi kamusal alan oluşturmaktadır (Şekil 4.175). Dadong Sanat Merkezi, geleneksel Tayvan avlulu evlere benzer bir şekilde tasarlanmıştır (Archdaily, "Dadong Art", 2021).



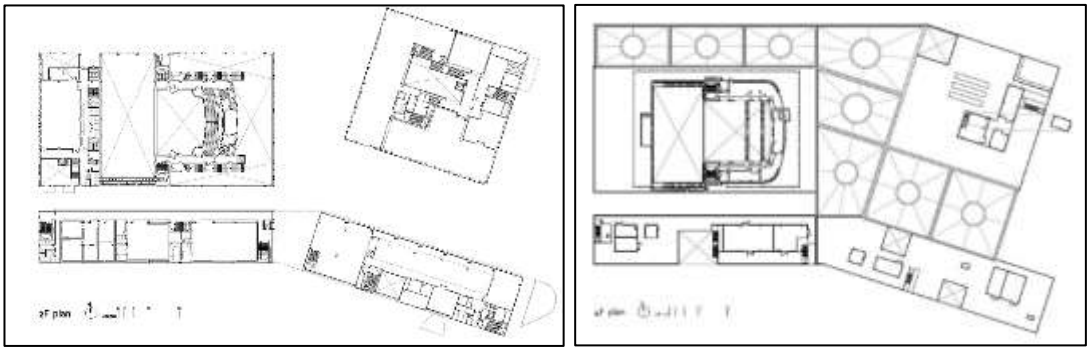
Şekil 4.175: Dadong Sanat Merkezi'nin membran ile örtülü açık alanı (Archdaily, "Dadong Art", 2021)

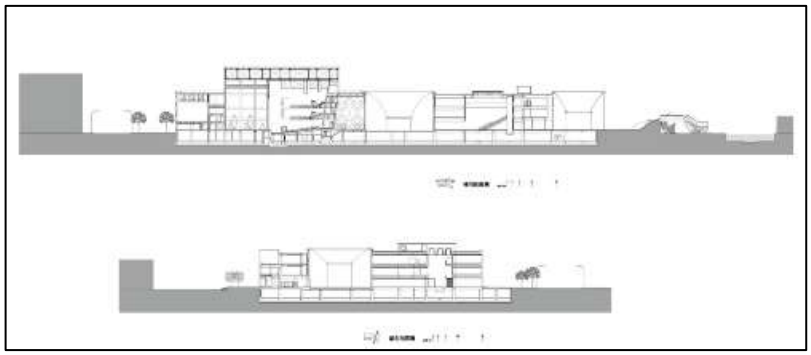
Sanat Merkezi'nin membran alanı, ziyaretçileri kötü hava koşullarından korumaktadır. Ayrıca çeşitli faaliyetler için gölgeli bir ortam oluşturmaktadır. Membran on bir büyük huni biçiminde tasarlanmıştır (Şekil 4.176). Huninin uç kısımları kaldırıma bakacak şekilde düzenlenmiştir. Membran çatının biçimi, tayfun, şiddetli yağmur ve yüksek yaz sıcaklığı gibi aşırı iklim koşullarına karşı koruma sağlamaktadır. Membran çatıdaki geniş delikler, suyun iç kaynaklara yönlendirilmesini sağlar. Sıcak hava ise üst çatı açıklıklarına yükselir ve taze bir iç hava akımı oluşturur (Frearson, 2012).



Şekil 4.176: Sanat Merkezi'nin huni biçimindeki membran çatısı (Archdaily, "Dadong Art", 2021)

Sanat Merkezi, dört ana hacim içerir (Şekil 4.177). Bunlar tiyatro, sergi salonu, sanat kütüphanesi ve eğitim merkezidir. Tiyatro binası, dört binanın en büyüğüdür ve ahşap kaplı bir oditoryum ve bir prova salonu içerir (Şekil 4.178). "X" şeklindeki beton cephenin içinde yer alan tiyatro salonu 900 kişiliktir. Tiyatro salonunun müzik kullanımında da uygun akustiğinin elde edilebilmesi için tavanı müzik ve tiyatro modlarına göre ayarlanabilmektedir. Ahşap lamelin arkasındaki ses emici malzemeler geri çekilebilir.



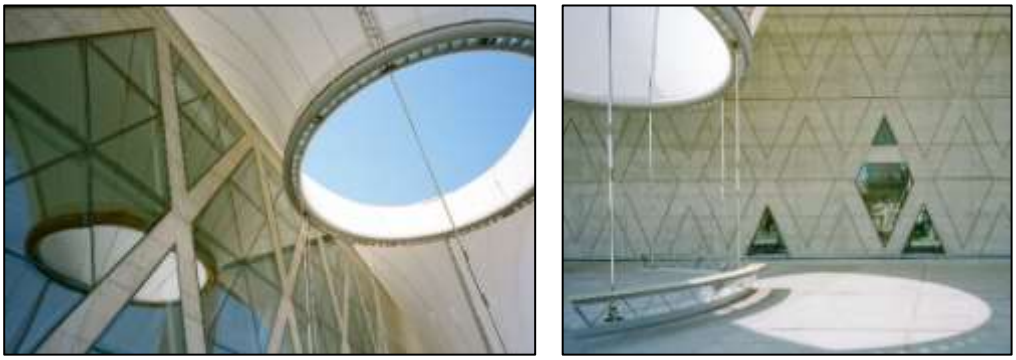


Şekil 4.177: Dadong Sanat Merkezi'nin plan ve kesitleri (Archdaily, "Dadong Art", 2021)



Şekil 4.178: Tiyatro Salonunun Dış ve İç Görünüşleri (Archdaily, "Dadong Art", 2021)

Sanat Merkezi, betonarme sistem olarak inşa edilmiştir. Oditoryumun üstü ise çelik sistem ile geçilmiştir. Sanat Merkezi'nin cepheleri X şeklinde betonarme olarak tasarlanmıştır. X şeklindeki camlar, beton dış duvarlarda çapraz geçişli desenler oluşturur (Şekil 4.179). Tüm projenin cephesi homojendir, ancak yapıdaki ince değişiklikler içerideki programların dışarıdan okunabilmesini sağlamaktadır (Archdaily, "Dadong Art", 2021).



Şekil 4.179: X şeklindeki cam ve betonarme cephe tasarımı (Archdaily, "Dadong Art", 2021)

Tablo 4.33: Dadong Sanat Merkezi'nin ölçütleri

Dadong Sanat Merkezi			
Seçilen Ölçütler	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler		
	İskelet Sistem	Membran Sistem	Uzay Kafes sistem
Geçilen Max Açıklık	13 metre	36 metre	25 metre
Malzeme	Beton	Membran	Çelik
Formu	Düz	Eğri	Düz
Fonksiyon	Tiyatro, sergi salonu, kütüphane ve eğitim merkezi	Dış avlu	Konferans salonunun üst örtüsü

4.3 Karma Taşıyıcı Sisteme Sahip Yapı Örneklerinin Karşılaştırılması

Çeşitli taşıyıcı sistemler yapılarda çeşitli sebeplerle bir araya gelebilmektedir. Tarihi yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemler, yapıların devamlılığını sağlamak veya yenilenmeleri sürecinde günümüz koşullarına uygun yeni işlevleri gerçekleştirebilmek için getirilecek yeni eklerde kullanılmaktadır. Yeni mimari uygulamalarda ise kompleks yapılarda işlevleri karşılayabilmek için çeşitli taşıyıcı sistemler bir arada kullanılmaktadır. Çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanımı etkin, estetik ve özgün tasarımların ortaya çıkmasını sağlayabilmektedir.

4.3.1 Örneklerin Karşılaştırılması

Bölüm 4.1 ve 4.2'de incelenen karma taşıyıcı sistemlere sahip yapıların tasarımında tercih edilen taşıyıcı sistemler ve bu taşıyıcı sistemlerin geçtikleri maksimum geniş açıklıkları, biçimleri ve malzemeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.34 Seçilen yapı örneklerinin ölçütlerinin karşılaştırılması

		Seçilen Ölçütler				
	Yapı Örnekleri	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	Geçilen max. açıklık	Malzeme	Form	Fonksiyon
Eski Yapı Yeni Ek Uygulamaları	Serpentine Sackler Galerisi	Yığma Sistem	5 m	Taş	Düz	Galeriler
		Membran Sistem	9.5 m	Membran	Eğri	Sosyal alan ve restoran
		İskelet Sistem	7 m	Çelik	Düz	Galeri,dükkan-ofis

Tablo 4.34 Seçilen yapı örneklerinin ölçütlerinin karşılaştırılmasının devamı

		Seçilen Ölçütler				
	Yapı Örnekleri	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	Geçilen max. açıklık	Malzeme	Form	Fonksiyon
Eski Yapı Yeni Ek Uygulamaları	Carré Des Arts	Yığma Sistem	12 m	Taş	Düz	Sanat okulu
		Açık Membran Sistem	25 m	Membran	Eğri	Avlu-Sosyal Etkinlikler
	Alman Tarih Müzesi	Yığma Sistem	5.5 m	Taş	Düz	Müze
		Uzay Kafes Sistem	40 m	Çelik	Eğri	Avlu üst örtüsü
		İskelet Sistem	20 m	Çelik-Beton	Düz	Yeni ek bina-geçici galeriler ve sergiler
	Dresden Askeri Tarih Müzesi	Yığma Sistem	-	Taş	Düz	Kronolojik sergiler
		İskelet sistem	5 m	Çelik	Düz	İşlevsel mekânlar
		Kafes sistem	37 m	Çelik	Eğri	Tematik sergiler
	Elbphilharmonie Hamburg Binası	Yığma Sistem	-	Taş	Düz	Duvarlar
		İskelet Sistem	-	Beton-Çelik	Düz-Eğri	Otel-konut-plaza-fuaye-yürüyen merdiven-restoran
		Kafes Sistem	50 m	Çelik	Eğri	Büyük ve küçük salon
	Smithsonian Enstitü Binası	Yığma Sistem	20 m	Taş	Düz	Müze
		Çubuk Ağı	39 m	Çelik	Eğri	Avlu örtüsü
	Bombay Sapphire İçki Fabrikası	Yığma Sistem	7.5 m	Taş	Düz	İçki Fabrikası
		Eğri İskelet Sistem	11 m	Çelik	Eğri	Sera
Yeni Yapı Uygulamaları	DZ Bank Binası	Kabuk Sistem	12 m	Beton	Eğri	Konferans Salonu
		Uzay Kafes Sistem	30 m	Çelik	Eğri	Avlu
		İskelet Sistem	5 m	Beton	Düz	Konut-Ofis
	Vakko Moda merkezi ve Power Medya Merkezi	İskelet Sistem	9 m	Beton	Düz	Ofisler ve medya merkezi
		Uzay Kafes Sistem	9 m	Çelik	Düz	Showrom-Kütüphane-oditoryum-galeri-müze

Tablo 4.34 Seçilen yapı örneklerinin ölçütlerinin karşılaştırılmasının devamı

		Seçilen Ölçütler				
	Yapı Örnekleri	Kullanılan Taşıyıcı Sistemler	Geçilen max. açıklık	Malzeme	Form	Fonksiyon
Yeni Yapı Uygulamaları	Phoenix Uluslararası Medya Merkezi	İskelet Sistem	12 m	Beton	Düz	Ofisler
		Çubuk Ağı	100 m	Çelik	Eğri	Sosyal Alan
	Centre Pompidou	Ağ Kabuk Sistem	40 m	Ahşap	Eğri	Çatı
		Membran Sistem	40 m	Membran	Eğri	Çatı örtüsü
		İskelet Sistem	15 m	Çelik	Düz	Galeriler
	Rhön Klinikum Tıp Merkezi	Kablo Sistem	20 m	Kablo	Eğri	Dış avlu
		Çubuk Ağı Kubbe	35 m	Çelik	Eğri	Yapının iç avlusu
		İskelet Sistem	10 metre	Beton	Düz	Tıp birimleri
	Westpark Alışveriş Merkezi	Membran Sistem	50 m	Membran	Eğri	Sosyal alanlar
		Uzay Kafes Sistem	30 m	Çelik	Düz	Köprü
		İskelet sistem	8 m	Beton	Düz	Dükkanlar ve yönetim
	Harbin Opera Binası	İskelet Sistem	20 m	Beton	Düz	Konferans ve işlevsel alanlar
		Uzay Kafes Sistem	60 m	Çelik	Eğri	Fuaye alanı ve yapının üst örtüsü
	Denver Uluslararası Havalimanı	İskelet Sistem	8 m	Beton	Düz	İşlevsel alanlar
		Membran Sistem	65 m	Membran	Eğri	Terminal
	Dadong Sanat Merkezi	İskelet Sistem	13 m	Beton	Düz	Tiyatro,sergi,
		Membran Sistem	36 m	Membran	Eğri	Dış avlu
		Uzay Kafes Sistem	25 m	Çelik	Düz	Konferans salonun üstü

İşlev ve yapı arasında doğrudan bir bağlantı vardır. Yapılarda taşıyıcı sistemler genel olarak fonksiyonun hizmetinde olmuş ve taşıyıcı sistemle işlevsel gereksinimlere uygun çözümler bulmak için çaba gösterilmiştir. Bazı durumlarda ise mekânın işlevsel gereksinimleri, taşıyıcı sistemin sağladığı imkânlarla sınırlı kalmıştır.

Çok amaçlı mekânlardan oluşan yapıların işlevlerini karşılayabilmek için çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelebilmektedir. Çeşitli taşıyıcı sistemler yapılarda estetik, işlevsel ve strüktürel olarak bir araya gelmektedir. Çeşitli taşıyıcı sistemler yapılarda birlikte kullanıldığında yapıların geniş açıklıklarında kullanılan sistemler, yapıların verimliliğini, estetikliğini ve etkinliğini artırabilmektedir. Ayrıca bu yapıların geniş açıklıklarında kullanılan sistemlerin geometrik biçim özellikleri sayesinde özgün ve dikkat çekici yapılar ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca, tarihi yapıların devamlı olarak kullanılabilecek bir mekâna dönüştürülebilmesi ve günümüz ihtiyaçlarına cevap verebilecek mekân ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için tarihi yapılara çağdaş ekler getirilmektedir. Günümüz mimari üslubunun okutulması yaklaşımını ortaya koyan çağdaş eklerin tasarımında da çeşitli günümüz taşıyıcı sistemleri arasından seçimler yapılmaktadır. Böylelikle yığma sistemler ile çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelebilmektedir.

Yukarıdaki tabloda, karma taşıyıcı sistemlere sahip yapılar ile ilgili örnekler bulunmaktadır. Bu tablodaki örnekler; tarihi yapılara getirilen çağdaş eklere sahip yapılar ile yeni yapı uygulamaları çerçevesinde incelenmiştir. Yapı örnekleri; kullanılan taşıyıcı sistem çeşitleri ile bu sistemlerde kullanılan malzemeler, sistemlerin geçtikleri maksimum geniş açıklık, formu ve fonksiyonu bakımından incelenmiştir.

Eski Yapıda Yeni Ek Uygulamaları;Serpentine Sackler Galerisi, barut deposu olarak tasarlanmış tarihi bir yapının işlevini yitirmesinin sonucunda müzeye dönüştürülmüş bir yapıdır. Yapıya membran olarak tasarlanmış çağdaş bir ek getirilmiştir. Yığma sistem olarak yapılmış müze, iki adet tuğla beşik tonozlu alandan ve ön sütunlu, kare şeklinde daha alçak bir mekândan oluşmuştur. Yapı toplam 1556 metrekaredir. Yapıda eski avluların üstü çelik kirişlerle düz bir örtü oluşturacak bir biçimde kapatılmıştır. Çağdaş ek membran sistem ile tasarlanmıştır. Membran sistem olarak tasarlanmış ek

eğri bir forma sahiptir. Yeni ekin en yüksek noktası 8.95 metredir ve 900 metrekaredir. Membran sistem ile geçilen maximum açıklık 9.5 metredir.

Tarihi Carré Des Arts yapısı, askeri bir kışla olarak yığma sistemle tasarlanmış bir yapıdır. İşlevini yitiren tarihi askeri kışla günümüzde sanat okulu,ofis ve konservatuar olarak kullanılmaktadır. Yapı toplam 3570 metrekaredir. Yapı 60 m*25 m boyutlarında bir iç avluya sahiptir. Avluya yeni işlevle birlikte açık membran sistem ile yapılmış yeni bir örtü eklenmiştir. Membran örtü, yığma yapının kemer ritmine uygun olarak beş büyük kubbe biçiminde tasarlanmıştır. Membran örtü alanı 1600 metrekaredir. Açık membran sistem ile geçilmiş en geniş açıklık 25 metredir.

Alman Tarih Müzesi, tarihi bir cephaneliğin dönüştürülmesiyle oluşan bir müzedir. Müzeye dönüştürülen yapıya iki adet yeni ek yapılmıştır. Birincisi, tarihi yapının 40 m*40 m olan iç avlusunun üstü örtülmüştür. Avlu uzay kafes sistemle yapılmış eğri yüzeyli bir örtü sistemine sahiptir. Uzay kafes sistem olarak tasarlanmış üst örtüde geçilen maximum açıklık 40 metredir. Uzay kafes sistemde kaplama malzemesi olarak cam kullanılmıştır. Üst örtüde kullanılan sistem ve malzeme sayesinde avlu bol miktarda ışık alırken çeşitli mevsim şartlarında da korunaklı bir ortamın oluşmasını sağlamaktadır. İkinci olarak ise; müzenin arkasına yer altından bir geçit ile bağlı yeni bir ek bina yapılmıştır. Ek bina 4700 metrekaredir. Ek bina betonarme olarak tasarlanmıştır. Ancak ek binanın ön cephesi cam merdiven ve cepheden oluşmaktadır. Ek binada çelik iskelet sistem ile geçilen maximum açıklık 20 metredir.

Dresden Askeri Tarih Müzesi, eski bir askeri cephanelikten müzeye dönüştürülmüştür. Eski yapı neo-klasik bir tarzda yığma sistem ile inşa yapılmıştır. Yapı müzeye dönüştürülünce dekonstrüktivist tarzda yeni bir ek almıştır. Yeni ek ile eski yapı içten ve dıştan çapraz olarak bölünmüştür. Ek beş katlı, 30 metre yükseklikte cam, çelik ve betonun kullanılması ile şeffaf bir ok ucu biçiminde tasarlanmıştır. Yapı yeni ek ile birlikte toplamda 21.000 metrekarelik bir sergi alanına sahiptir. Yeni ekin iç mekânları çelik iskelet sistem olarak tasarlanmıştır. Kama formlu yapı ise farklı açılarda ve boyutlardaki düz çelik çubukların birleşiminden oluşmaktadır. Kama formlu yapı ile geçilen maximum açıklık 37 metredir.

Elbphilharmonie Hamburg Binası, tarihi bir depo binasından karma fonksiyonlu bir kullanıma dönüştürülmüştür. Yapı, iki adet konser salonu, otel ve konutları içerir. Yeni ek eski depo yapısının üzerine yerleştirilmiştir. Yapı yeni ek ile birlikte 108 metrelik bir yüksekliğe ulaşmaktadır. Eski yapının yığma duvarları yeni ek yapının ağırlığının kaldırılmasını ve desteklenmesini sağlamaktadır. Yeni ek betonarme ve çelik iskelet sistem olarak tasarlanmıştır. Cephelerinde ise cam paneller kullanılmıştır. Yeni binada yer alan büyük salon, çelik kafes sistem olarak inşa edilmiştir. Bu çelik sistem, betonarme perde duvarların üzerine kurulmuştur. Büyük salonun üstü, her biri 25 metre uzunluğa ve 40 tona kadar ağırlığa sahip çelik düzlem kafes kirişlerin birleşimi ile geçilmiştir. Bu kirişlerin iç ve dış kısmı prekast betonarme elemanlar ile örtülmüştür. Büyük salonun tamamında 342 adet çelik kafes kiriş kullanılmıştır. Böylece salonun taşıyıcı sisteminin yapıdan ayrılması sağlanmıştır. Büyük salonda geçilen maximum geniş açıklık 50 metredir. Küçük salonun taşıyıcı sisteminde ise 56 adet çelik kafes kiriş kullanılmıştır.

Smithsonian Enstitü Binası, eski devlet patent binasından müzeye dönüştürülmüştür. Yenileme sırasında avluya bir üst örtü eklenmiştir. Avluya üst örtü eklenmesiyle çeşitli mevsim şartlarından korunabilen sosyal bir alanın oluşturulması sağlanmıştır. Üst örtü eğri yüzeyli çubuk ağı olarak tasarlanmıştır. Çubuk ağı ile geçilen maximum açıklık 39 metredir.Dalgalı çelik çatı, 2600 metrekarelik avlunun ışık alabilmesi için cam ile kaplanmıştır. Toplam 864 adet cam panel kullanılmıştır. Cam, çelik çerçevelere ayrı olarak monte edilmiştir.Yeni ek, çelik elemanlar, kolonlar ve cam ile tüm çatı strüktürünü içerir. Kaynaklı ve burkulmalı çelik elemanlardan oluşan çatı, akışkan üç tonoz biçimine sahiptir. Eğri yüzeyli bu sistem 39 m*84 m boyutlarındadır. Toplam 3437 metrekaredir. Çatının taşınabilmesi için 850 mm çapında toplam 8 adet çelik kolon kullanılmıştır.

Bombay Sapphire İçki Fabrikası, tarihi bir değirmen yapısından dönüştürülmüş bir yapıdır. Yapı alanı toplam 20.235 metrekaredir. Dönüştürülme sırasında yığma yapının yanına iki adet yeni ek getirilmiştir. Yeni ekler; eğri çelik iskelet sistem olarak tasarlanmıştır ve 4500 metrekaredir. Eklerden biri 15 metre yüksekliğinde ve 11 metre çapında tasarlanmıştır. Diğeri ise 10 metre yüksekliğinde ve 9 metre çapında tasarlanmıştır. Ekin taşıyıcı sisteminde L-şekilli çelik profiller kullanılmıştır. Çelik

profiller, kavisli camın desteklenmesini sağlar. Yeni ekte geçilen en geniş açıklık 11 metredir.

Yeni Yapı Uygulamaları; DZ Bank Binası, karma kullanımlı bir fonksiyona sahiptir. Ofis, konferans ve konut binalarından oluşur. Yapı planı 120 m*50 m'den oluşan bir dikdörtgendir. Yapı toplam 20.000 metrekaredir. Yapı iç avlulu bir şekilde tasarlanmıştır. İç avlu 30 m*70 m'dir. Avlunun üstü cam ile kaplı eğri yüzeyli uzay kafes sisteme sahip bir örtü ile örtülmüştür. Avlunun bu cam örtüsü 1200 metrekaredir. Avluda geçilen maximum açıklık ise 30 metredir. Avluda betonarme kabuk olarak tasarlanmış bir konferans salonu bulunmaktadır. Bu kabuk sistem 29 metre uzunluğunda, 12 metre derinliğinde ve 10 metre yüksekliğindedir. Konferans salonunun fuaye alanının üstüde eğri yüzeyli uzay kafes sistem olarak tasarlanmıştır. Konut ve ofis birimleri ise betonarme iskelet sistem olarak tasarlanmıştır. Konut ve ofis birimlerinde ise kolon aralıkları yaklaşık olarak 5 metredir.

Vakko Moda Merkezi ve Power Medya Merkezi, betonarme iskelet sistem ve düzlem yüzeyli uzay kafes sistemin birleşimi ile oluşan bir yapıdır. Betonarme olan kısımlar ofisleri oluştururken düzlem yüzeyli uzay kafes sistem ise iç çekirdeği oluşturmaktadır. Yapıda geçilen maximum açıklık 9 metredir.

Centre Pompidou, expo yapısı olarak tasarlanmış bir yapıdır. Yapı toplam 11.330 metrekaredir. Yapıda taşıyıcı sistem olarak betonarme ve çelik iskelet sistem, çubuk ağ kabuk ve membran sistemleri kullanılmıştır. Dikey olarak üst üste konumlandırılmış olan galeriler betonarme iskelet sistem olarak yapılmıştır. Bu galeriler 90 metre uzunluğunda ve 15 metre genişliğindedir. Çatı lamine ahşap bileşenlerden ve çelik çemberlerden oluşan bir çubuk ağ kabuk sistem olarak tasarlanmıştır. Çatı 90 metre genişliğinde bir altıgen oluşturur ve 40 metrelik bir açıklığın geçilmesini sağlar. Çatı, çelik kule ve betonarme taşıyıcılarla desteklenmektedir. Çelik kule 77 metre yüksekliğe sahiptir. Ahşap çubuk ağı membran ile örtülmüştür. Membran çatı örtüsü 8500 metrekaredir.

Rhön Klinikum Tıp Merkezi, çubuk ağı kubbe olarak tasarlanmış merkezi bir alan ve bunun etrafında betonarme iskelet sistem olarak tasarlanmış birimlerden oluşan bir kliniktir. Yarım kubbenin çapı 35 metre ve yüksekliği 17,5 metredir. Kliniğin önü

kablo ağ sistem olarak tasarlanmış bir alana sahiptir. Bu kablo ağı dış avlu için tasarlanmıştır. Kablo ağ sistemi ile geçilen maximum açıklık 20 metredir.

Westpark Alışveriş Merkezi, betonarme iskelet sistem ve membrane sistemin birlikte kullanılması ile tasarlanmış bir yapıdır. Çeşitli açıklıklar membrane sistem ile geçilmiştir. Membran ile geçilen maximum açıklık 50 metredir. Betonarme iskelet sistemle ise geçilen maximum açıklık 8 metredir. Düzlem yüzeyli uzay kafes sistem ile köprü inşa edilmiştir. Köprü 120 metre uzunluğundadır. Üst köprü 3 sıra boyunca 2 adet H biçimindeki dolu gövdeli kolonlar tarafından taşınmaktadır. Kolonlar arasında gergi çubukları bulunur. Kolonlar arasındaki mesafe 30 metredir.

Harbin Opera Binası, betonarme iskelet sistem ve eğri yüzeyli uzay kafes sistemlerin kullanılması ile tasarlanmış bir binadır. Eğri yüzeyli uzay kafes sistem ile geçilen maximum açıklık 60 metredir. Betonarme iskelet sistemle ise geçilen maximum açıklık 20 metredir.

Denver Uluslararası Havalimanı,betonarme iskelet sistem ve membran sistem ile tasarlanmış bir yapıdır. Membran sistem ile geçilmiş maximum açıklık 65 metredir. İskelet sistem ile geçilmiş maximum açıklık ise 8 metredir.

Dadong Sanat Merkezi, betonarme iskelet sistem ve açık membran sistem olarak tasarlanmış bir yapıdır. Betonarme iskelet sistem ile geçilmiş maximum açıklık 13 metredir. Membran sistem ile geçilmiş maximum açıklık ise 36 metredir. Konferans salonunun üstü ise düzlem yüzeyli uzay kafes sistem ile geçilmiştir. Uzay kafes sistem ile geçilen açıklık ise 25 metredir.

Phoenix Uluslararası Medya Merkezi, betonarme iskelet sistem ile uzay kafes kirişlerle desteklenmiş çubuk ağı sisteminden oluşan bir yapıdır. Betonarme iskelet sistem ile geçilen maximum açıklık 12 metredir. Çubuk ağı sistem ile geçilen maximum açıklık ise 100 metredir.

Sonuç olarak çok amaçlı mekânları içeren yapıların tasarımında ya da eski yapılara çağdaş ekler tasarlanırken çeşitli taşıyıcı sistem türleri bir araya gelebilmektedir. Bu örnekler çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılmasının uygunluğunu

göstermektedir. Taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması istenilen işlevleri karşılarken yapıya etkinlik ve özgünlük de katmaktadır.

BÖLÜM BEŞ
SONUÇ

Taşıyıcı sistem, taşıyıcı elemanlardan oluşan ve onlardan gelen yüklerin, statik bir denge içerisinde aktarılmasını sağlayan bir kurgu bütünüdür. Taşıyıcı sistemin amacı, yapıda yük altında dayanıklılık, sağlamlık ve kararlılık ilkelerinin gerçekleşmesini sağlamaktır. Taşıyıcı sistemler, yapıda daima bir amaç ve işlev için var olmaktadır. Yapı alanında taşıyıcı sistemler, belli bir hacmi veya alanı, örtmek ve sınırlamak için inşa edilirler.

Bu çalışmada taşıyıcı sistemler; yığma sistemler, çubuk sistemler, yüzeysel taşıyıcı sistemler ve kablo sistemler olarak sınıflandırılmıştır. En eski taşıyıcı sistem olan ve taşın üst üste yığılması sonucunda elde edilen yığma sistemlerde taşıyıcı elemanlar ile örtücü elemanlar aynıdır yani birbiri ile örtüşmektedir. Bu sistemde geniş açıklıklıklar kemer, tonoz ve kubbe ile geçilmiştir. Çubuk sistemler; kolon-kiriş sistemler, çerçeveler, kemerler, kafes-kiriş sistemler, uzay kafes sistemler başlıkları altında incelenmiştir. Uzay kafes sistemler düzlem yüzeyli ve eğri yüzeyli sistemler olarak iki grupta incelenmiştir. Yüzeysel taşıyıcı sistemler ise plaklar, kabuklar ve pnömatik sistemler olarak incelenmiştir. Dördüncü grup olarak kablo sistemler; tek kablo sistemler, çift kablo sistemler ve kablo ağ sistemleri olarak incelenmiştir. Açık kablo sistemlerde bu grubun başlığı altında açıklanmıştır.

Mimari tasarım sürecinde yapının işlevini yerine getirebilmesi birinci önceliktir. Yapıdaki taşıyıcı sistemler, yapının işleyişini ve düzenini doğrudan etkiler. Taşıyıcı sistemler, mekân işlevlerinin gerçekleşmesini sağlar. Çok amaçlı yapıların mekân işlevlerinin gerçekleşebilmesi için ya da tarihi yapılara yeni ekler tasarlanırken çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelebilmektedir. Yapılarda işlevlerin gerçekleşebilmesi için seçilen taşıyıcı sistemler yapının biçimini(formunu) doğrudan etkiler. Yapılar tasarlanırken seçilen taşıyıcı sistem türlerinin geometrik biçimleri binaların görünümünü büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle taşıyıcı sistemler sadece yapının ayakta durabilmesi için değil aynı zamanda mimari tasarımda yapı biçimlerinin belirlenmesinde de önemli bir yere sahiptir. Taşıyıcı sistem türlerinin birlikte kullanılması yapıda farklı malzemelerin kullanımını da beraberinde getirmektedir. Bu durum da yapılara estetiksel olarak bir katkı sağlamaktadır.

Çeşitli taşıyıcı sistemler yapılarda bir araya geldiğinde yapısal olarak da birbirlerine katkı sağlamaktadırlar. Her taşıyıcı sistemde farklı gerilmeler ve kuvvetler meydana gelmektedir. Çeşitli taşıyıcı sistemler uygun bir biçimde yapılarda birlikte kullanıldıklarında birbirlerinin etkin olduğu taşıma özelliğinden faydalanmış olurlar. Bu nedenle binaların fonksiyonel alanlarına ve tasarımına göre uygun taşıyıcı sistemler seçildiğinde, bu taşıyıcı sistemlerin birlikte çalışması yapılara strüktürel olarak olumlu katkı sağlayabilmektedir. Ayrıca geniş açıklıkları geçme, yapım maliyeti, üretim hızı dış şartlara dayanıklılık, deprem güvenliği, yangına dayanım gibi birbirlerinin avantajlarından da yararlanırlar. Ancak yapılarda çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya geldiğinde birleşim noktalarına ve bitiş detaylarına dikkat edilmelidir.

İnsanların çeşitli ihtiyaç ve eylemlerine cevap verecek şekilde farklı işlevlere sahip mekanların bir arada tasarlanmasında ya da tarihi yapıların devamlılıklarının sağlanması veya günümüz koşullarına uyarlanması sürecinde yeni eklemelerin yapılmasında çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelmektedirler. Çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya geldiğinde birbirlerinin avantajlarından faydalanmış olurlar. Çeşitli taşıyıcı sistemler yapılarda bir araya geldiğinde sunduğu avantajlar; geniş açıklıkların geçişini sağlamak, yeni tasarımlara kimlik kazandırmak, farklı işlevlere hizmet eden mekanların bir arada çalışmasını sağlamak ya da tarihi yapılara çağdaş yeni eklentilerin tasarlanmasını sağlamaktır. Ayrıca mimari özgünlük, özgürlük, etkinlik, dönüşüm ve güçlendirme de sağlar.

Tarihi yapıların devamlılıklarının sağlanması veya günümüz koşullarına uyarlanması sürecinde yeni eklemelerin yapılmasında yığma sistemler ile çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya gelmektedir. Korumacılık çerçevesinde, tarihi yapıya en az biçimde müdahale edilmesi istenmektedir. Yapılacak eklerin dışarıdan okunabilir nitelikte olması ve gerektiğinde ise sökülebilir özellikte olması beklenmektedir. Bu nedenle tarihi yapıların günümüz ihtiyaçlarına cevap verecek forma dönüştürülmesinde yığma sistemlerle günümüz taşıyıcı sistemleri birlikte kullanılmaktadır. Bu eklerin günümüz taşıyıcı sistemleri ile tasarlanması tarihi yapıya görsel ve fiziki açıdan yapılmış müdahalenin okunmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, taşıyıcı sistemlerin yapılarda bir araya gelişlerinin sebepleri ve yapıların mimarisine, biçimine ve yapısal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu

özelliklere sahip yapılar yeni uygulamalar ve eski yapılara getirilen ekler çerçevesinde incelenmiştir. İncelenen örnekler tabloda analiz edilmiştir. Tablonun sonucunda tarihi yapılara yeni ekler getirildiğinde veya yeni yapı uygulamalarında çeşitli taşıyıcı sistemlerin fonksiyonel, estetiksel ve yapısal olarak birlikte kullanılabildiği görülmüştür.

Sonuç olarak çeşitli taşıyıcı sistemler; yeni yapı tasarımlarında ya da eski yapılara ek yapıldığında bir araya gelebilmektedirler. Yeni yapı tasarımlarında çeşitli taşıyıcı sistemler yapıların işlevlerini karşılayabilmek, biçimsel ve strüktürel olarak katkı sağlayabilmek için bir araya gelirler. Yeni yapı tasarımlarında çeşitli taşıyıcı sistemlerin bir arada kullanılması yapılara verimlilik, estetiklik, özgünlük ve ekonomiklik sağlamaktadır. Çeşitli taşıyıcı sistemler bir araya geldiğinde sembolik tasarımlar ortaya çıkabilmektedir. Seçilen yük taşıyıcı sistemler tasarımın bir parçası olabilmektedir. Ayrıca çeşitli işlevlere hizmet eden mekânlar için etkin taşıyıcı sistemler birlikte çalıştığında iyi bir tasarım da elde edilmiş olur.

Ayrıca eski yapılarda tarihi yapıya kontrast oluşturmak, tarihi yapının kimliğini ön plana çıkarmak ya da tarihi yapının kimliğini zedelememek amacıyla çağdaş ekler yapılmaktadır. Bu çağdaş ekler yapılırken günümüz taşıyıcı sistemleri kullanılır. Böylelikle birbirine zıt malzeme özelliklerine sahip farklı taşıyıcı sistemler bir arada kullanılmış olurlar. Bu durum eski yapıya saygılı bir tutumun sergilenmesini ve tarihi yapının döneminin kimliğini yansıtmasını sağlar.

Bu çalışmanın sonucunda, yeni yapı uygulamalarında veya tarihi yapılara yeni ekler yapıldığında çeşitli taşıyıcı sistemler işlevsel,biçimsel ve strüktürel olarak bir araya gelmektedir. Bu şekilde taşıyıcı sistemlerin bir araya gelmesi yapılara ekonomiklik, etkinlik, estetiklik ve özgünlük sağlamaktadır. Tüm bu sonuçlar tasarımcılara çeşitli taşıyıcı sistemlerin birlikte kullanılması ile ilgili yol göstermektedir.

KAYNAKLAR

Ahunbay, Z. (2014). *Tarihi çevre koruma ve restorasyon (7.Baskı).* İstanbul: YEM yayınları.

Aka, İ., Keskinel F. , & Arda, T. S. (1992). *Betonarme yapı elemanları.* İstanbul: Birsen Yayınevi.

Allgemeine Bauzeitung. (2023, 11 10). *Tageslicht vom Flachdach elegant in jeden Winkel der Gebäude leiten*. Allgemeine Bauzeitung: https://allgemeinebauzeitung.de/abz/indoor-versionen-von-oberlichtern-tageslicht-vom-flachdach-elegant-in-jeden-winkel-der-gebaeude-leiten-53044

Altınoluk, Ü. (1998). *Binaların Yeniden Kullanımı.* İstanbul: YEM yayınları.

Altınöz, B. (2010). Tarihi Dokuda 'Yeni'nin İnşası. *Ege Mimarlık, IV,75*, s. 18-26.

Anonim. (2019). *Yapılarda Taşıyıcı Sistemler*. aof.sorular.net: https://aof.sorular.net/ozet/bina-ve-yapim-bilgisi-8W-unite-6-yapilarda-tasiyici-sistemler#

Archdaily. (2021). *The Serpentine Sackler Gallery* . Archdaily: https://www.archdaily.com/433507/the-serpentine-sackler-gallery-zaha-hadid-architects

Archdaily, "Dadong Art". (2021). *Dadong Art Center / Cie + MAYU architects*. Archdaily: https://www.archdaily.com/286718/dadong-art-center-cie-mayu-architects

Archdaily, "Harbin Opera" . (2023). *Harbin Opera House / MAD Architects*. Archdaily: https://www.archdaily.com/778933/harbin-opera-house-mad-architects

Archdaily, "Phoenix International". (2022). *In Progress: Phoenix International Media Center / BIAD UFo*. Archdaily: https://www.archdaily.com/165746/in-progress-phoenix-international-media-center-biad-ufo

Archdaily, Centre Pompidou. (2022). *Centre Pompidou-Metz / Shigeru Ban Architects*. Archdaily: https://www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects

Archdaily, DZ Bank. (2022). *DZ Bank Building / Gehry Partners*. Archdaily: https://www.archdaily.com/883729/dz-bank-building-gehry-partners

Archdaily, Elbphilharmonie Hamburg. (2023). *Elbphilharmonie Hamburg / Herzog & de Meuron*. Archdaily: https://www.archdaily.com/802093/elbphilharmonie-hamburg-herzog-and-de-meuron

Archdaily,"Bombay Sapphire". (2022). *Bombay Sapphire Distillery*. Archdaily: https://www.archdaily.com/554750/bombay-sapphire-distillery-heatherwick-studio

Archdaily,"Vakko headquarters". (2022). *Vakko Headquarters and Power Media Center / REX*. Archdaily: https://www.archdaily.com/56149/vakko-headquarters-and-power-media-center-rex-2

Archello. (2021). *Serpentine Sackler Gallery*. Archello: https://archello.com/es/project/serpentine-sackler-gallery

Archello,"A New Place". (2023). *A New Place in the City - The City in a New Place*. Archello: https://archello.com/project/elbphilharmonie-hamburg

Archello,"Dadong Art". (2021). *Dadong Art Center*. Archello: https://archello.com/project/dadong-art-center

Archello,"Vakko headquarters". (2022). *Vakko headquarters and power media center*. Archello: https://archello.com/project/vakko-headquarters-and-power-media-center

Architectuul. (2018, May 19). *Bundeswehr Military History Museum*. Architectuul: https://architectuul.com/architecture/bundeswehr-military-history-museum

Architizer. (2021). *Carré des Arts*. Architizer: https://architizer.com/projects/carre-des-arts/

Architonic. (2021). *Denver İnternational Airport*. Architonic: https://www.architonic.com/en/project/fentress-architects-denver-international-airport/5100647

Arkitektuel. (2023, Şubat 11). *DZ Bank*. Arkitektuel: https://www.arkitektuel.com/dz-bank-binasi/

Arkitektuel,"Bombay Sapphire". (2023). *Bombay Sapphire Damıtma Merkezi*. Arkitektuel: https://www.arkitektuel.com/bombay-sapphire-damitma-merkezi/

Arkitektuel,"Elbphilharmonie Hamburg". (2023). *Elbphilharmonie Hamburg*. Arkitektuel: https://www.arkitektuel.com/elbphilharmonie-hamburg/

Arkitektüel,"Vakko Moda". (2022, Temmuz 1). *Vakko Moda ve Power Medya Merkezi*. Arkitektüel: https://www.arkitektuel.com/vakko-moda-merkezi/

Arquitecturaviva. (2023). *Elbphilharmonie Hamburg, Hamburg*. Arquitecturaviva: https://arquitecturaviva.com/works/elbphilharmonie-hamburg-6

Atalay, T. (2002). *Geniş açıklıklı mekânların üstünü örten taşıyıcı sistem incelemesi.* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ayaydın, Y. (1989). *Büyük açıklıklı prefabrike betonarme yapılar.* İstanbul: Birsen Yayınevi.

Bahadır, S. (1997). *Büyük açıklıklı yapılarda taşıyıcı sistemler (Yüksek Lisans Tezi).* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Baird, K. (2016). A Cast of Thousands: Stela at Militärhistorisches Museum Der Bundeswehr, Dresden. *The Cultures of Memory*, s. 43-66.

Baldwin, E. (2023). *Behind the Building: Harbin Opera House by MAD Architects*. Architizer: https://architizer.com/blog/inspiration/collections/harbin-opera-house/

Barnstone, D. A. (2020). Paradoxes of War Critique on Display: The Dresden Bundeswehr Museum of Military History. *Australian and New Zeland Journal of Art*, s. 90-106.

Bayramı, S. (2014, Temmuz 28). *Slideshare*. Uzay kafes yapı sistemleri: https://www.slideshare.net/sajjadbayrami/uzay-kafes-yap-sistemleri

Bayülgen, C. (1988). *Çağdaş strüktür sistemleri.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın.

Beton. (2021). *Elbphilharmonie in Hamburg*. Beton: https://www.beton.org/betonbau/architektur/objektdatenbank/objekt-details/elbphilharmonie-in-hamburg/

Bilmez, E. Ü. (2021). *Yeniden işlevlendirilen yapılarda çağdaş eklerin incelenmesi: Dresden Askeri Tarih Müzesi örneği (Yüksek Lisans Tezi).* Ankara: Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Birdair. (2022). *Denver Int'l Airport*. Birdair: https://www.birdair.com/birdair-portfolio/denver-international-airport/

Brown, M. L. (1994). Denver International Airport Tensile Roof Case Study. *IABSE reports, 71* , s. 196-206.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. (2023). *Deutsches Historisches Museum*. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: https://www.bbr.bund.de/BBR/DE/Bauprojekte/Berlin/Kultur/DHM/Pei-Bau/peibau.html

Busby, K., Muller , A., & Woolford, A. (2015). *The Idea of a Human Rights Museum.* Winnipeg: University of Manitoba.

Centrepompidou-Metz. (2022). *L'architecture Dans Mon Grand Chapeau*. Centrepompidou-Metz: https://www.centrepompidou-metz.fr/fr/autre-chose/architecture-62f359c2e3377

Cercel, C. (2018). The Military History Museum in Dresden: Between Forum and Temple. *Indiana University Press*, s. 3-39.

Çatı ve cephe. (2010, Temmuz 16). *Vakko Moda Merkezi*. Çatı ve cephe: https://www.cativecephe.com/yayin/653/vakko-moda-merkezi_19344.html

Dağılgan, S., Güven, S., & Arun, G. (2020). Geniş açıklık geçen taşıyıcı sistem seçiminde etken ölçütlerin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt:39-4*, s. 78-90.

De Architekten Cie. (2021). *Dadong Arts Center*. Architizer: https://architizer.com/projects/dadong-arts-center/

De Nardis. (2023). *Denver International Airport Fabric Roof*. De Nardis: http://www.denardis.com/specialty-structures/denver-international-airport-fabric-roof-co.html

Demiri, K. (2013). New Architecture as Infill in Historical Context. *Architecture and urban planning,7*, s. 44-50.

Dent, R. (1971). *Principles of Pneumatic Architecture.* London: The Architectural Press.

Deutsches Historisches Museum. (2023). *Deutsches Historisches Museum*. Deutsches Historisches Museum: https://www.dhm.de/en/

Dodd, G. (2022). *Bombay Sapphire Distillery*. Arup: https://www.arup.com/projects/bombay-sapphire-distillery

Doğan Hasol. (2011, Kasım 24). Mimarlık ve strüktür: http://www.doganhasol.net/mimarlik-ve-struktur.html

Dsp. (2022). *Rhön Klinikum-Campus Bad Neustadt-Aubenanlagen*. dsp: https://www.dsp-architekten.com/projekte/rhoen-klinikum_campus-bad-neustadt_freianlagen/

Duralı, İ. (2007). *Tarihi çevrede yeni yapılaşma uygulamalarının irdelenmesi (Yüksek Lisans Tezi).* İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

e-architect. (2020, Mayıs 27). *Phoenix International Media Center, China : PHTV Beijing*. e-architect: https://www.e-architect.com/beijing/phoenix-international-media-center

Ekoyapı. (2022, Mayıs 5). *Phoenix Uluslararası Medya Merkezi*. Ekoyapı: https://www.ekoyapidergisi.org/phoenix-uluslararasi-medya-merkezi

Eren, Ö. (2014). *Büyük Açıklıklı Çelik Yapılar.* İstanbul: Arı Sanat Yayınevi.

Etherington, R. (2010, Şubat 17). *Centre Pompidou-Metz by Shigeru Ban*. Dezeen: https://www.dezeen.com/2010/02/17/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban/

Fentress. (2021). *Passenger Terminal Complex at DEN*. Fentress Architects: https://fentressarchitects.com/project/denver-international-airport/

Fentress Architects. (2020, Eylül 1). *Fentress Architects' Denver In ternatıonal Airport Passenger Terminal Lands AIA Colorado's 25-Year Award*. Fentress Architects: https://fentressarchitects.com/fentress-architects-den-passenger-terminal-lands-aia-colorados-twenty-five-year-award/

Foster, N. (2021). *Smithsonian Institution Courtyard*. Foster and Partners: https://www.fosterandpartners.com/projects/smithsonian-institution-courtyard/

Frearson. (2012, Ekim 26). *Dadong Art Centre by MAYU Architects and de Architekten Cie*. Dezeen: https://www.dezeen.com/2012/10/26/dadong-art-centre-by-mayu-architects/

Frearson, "MAD's sinuous Harbin". (2015, Aralık 16). *MAD's sinuous Harbin Opera House completes in north-east China*. Dezeen: https://www.dezeen.com/2015/12/16/mad-sinuous-harbin-opera-house-completes-north-east-china/

Frearson, A. (2014, Ekim 9). *Thomas Heatherwick's Bombay Sapphire distillery photographed by Hufton + Crow*. Dezeen: https://www.dezeen.com/2014/10/09/thomas-heatherwick-bombay-sapphire-gin-distillery-hufton-crow/

Frearson,"Dresden Museum". (2011, Eylül 29). *Dresden Museum of Military History by Daniel Libeskind*. Dezeen: https://www.dezeen.com/2011/09/29/dresden-museum-of-military-history-by-daniel-libeskind/

Garber, R. (2017, Nisan 7). *Sinuous Workflows: MAD Architects, The Harbin Opera House*. Wiley online library: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ad.2183

Gartner, J. (2021). *Steel glass roof: Robert and Arlene Kogod Courtyard*. Archiexpo: https://www.archiexpo.com/prod/josef-gartner/product-58213-387759.html

Gfr.de. (2022). *Elbphilharmonie Hamburg*. Gfr.de: https://www.gfr.de/fileadmin/media/PDF/Presse/2017_03_HLK_317_Bericht_Elbphilharmonie.pdf

GKS. (2019, Haziran 18). *Mimari Uygulamalar: Westpark Avm "Ege'nin en büyüğü"*. GKS Sun Protection-Gate/Door Systems-Magazine: https://gksdergisi.com/mimari-uygulamalar-westpark-avm-egenin-en-buyugu/

Gujadiya, S., Sutariya, P., Borad, V., & Yadav, R. (2020, Şubat 26). *Tensile Structure: Denver İnternational Airport-Jeppesen Terminal*. Slideshare: https://www.slideshare.net/ShreyankGajjar/tensile-structure-229235483

Hamburg Marketing. (2021). *Elbphilharmonie –kennzahlen und projektgeschichte*. Hamburg Marketing: https://marketing.hamburg.de/elbphilharmonie-en.html?file=files/public/de/Presse Service/Dateien/PDFs/Pressemappe%20Elbphilharmonie%20Update%2004-2019/02_Elbphilharmonie_Key_Figures_and_Project_History_EN.pdf&cid=7955

Heatherwick, T. (2022). *Bombay Sapphire Distillery – Hampshire, United Kingdom*. Heatherwick studio: https://www.heatherwick.com/projects/buildings/bombay-sapphire-distillery/

Herbert, v. H. (2021, Aralık 16). *757 Parkplätze für den Rhön-Klinikum-Campus*. Main Post : https://www.mainpost.de/regional/rhoengrabfeld/757-parkplaetze-fuer-den-rhoen-klinikum-campus-art-9499404

Herzog & de Meuron. (2023). *Elbphilharmonie Hamburg*. Herzog & de Meuron: https://www.herzogdemeuron.com/projects/230-elbphilharmonie-hamburg/

Ice Festival Harbin. (2022). *Harbin Grand Theater*. Ice Festival Harbin: https://www.icefestivalharbin.com/attraction-p49-harbin-grand-theater.html

Inhabitat. (2011, Eylül 13). *Sprialing Phoenix International Media Center Rises in Beijing*. Inhabitat: https://inhabitat.com/biad-ufos-phoenix-international-media-center-swirls-around-the-competition-in-beijing/

Jaeger, S. (2020). *The Second World War in the Twenty First Century Museum. Berlin.* Berlin: Walter de Gruyter GmbH.

Kaçar, A., & Semerci, F. (2022). Tarihi Yapılara Eklemlenen Yeni Ek Yapının Uyumluluğu: Elbphılharmonie Kültür Merkezi. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 12 (2),* s. 240-257.

Karabulut, B. (2020, Ekim 8). *Tremendous Diagrids Shaping the Canopy Layer of Phoenix International Media Center*. Parametric Architecture: https://parametric-architecture.com/tremendous-diagrids-shaping-the-canopy-layer-of-phoenix-media-center/

Karasoy, M. (1999). *Endüstriyel Çelik Yapıların Ekonomik Çözümleri (Yüksek Lisans Tezi).* Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kaya, E. (2021). *Yüksek binaların taşıyıcı sistemlerinin mimari form ve yapısal davranış açısından incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi).* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kayalar, R. (2010). *Geniş açıklıklı binalarda belirli kimi taşıyıcı sistemlerin malzeme ve formlarının açıklık geçme açısından incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi).* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kemp, D. (2013, Temmuz 17). *Meller builds Bombay Sapphire distillery out of historic paper mill*. Construction News: https://www.constructionnews.co.uk/project-reports/meller-builds-bombay-sapphire-distillery-out-of-historic-paper-mill-17-07-2013/

Kiray, M. T., & Karaman, Ö. (2006, Kasım). Tarihi Yapılarda Çağdaş Ekler. *Çatı ve Cephe Dergisi Sayı: 5*, s. 44.

Kuban, D. (2000). *Tarihi çevre korumanın mimarlık boyutu kuram ve uygulama.* İstanbul: YEM yayınları.

Lehmann, J. (2019, April 12). *German Historical Museum Berlin by I. M. Pei*. J.K.Lehmann Photography: http://jklehmann.com/blog/german-historical-museum-berlin-by-i-m-pei/

Mairs, J. (2016, Ekim 11). *Doughnut-shaped television studio in Beijing is enclosed in a latticed shell*. dezeen: https://www.dezeen.com/2016/10/11/phoenix-television-headquarters-glass-lattice-steel-structure-doughnut-biad-ufo-architecture-beijing-china/

Meistermann, A. (2022). *Adım adım taşıyıcı sistemler (4.Baskı).* İstanbul: Yem yayın.

Mero. (2023). *German Historical Museum*. MERO: https://mero-tsk.de/en/construction-systems-hidden/32-references/36-space-structures/100-german-historical-museum.html

Mert, T. (2021, Aralık 28). *Heykelsi ve Cesur: Harbin Opera House*. Studio Mercado: https://www.studiomercado.com/post/heykelsi-cesur-harbin-opera-house-mad

Metz.fr. (2010). *Le Centre Pompidou-Metz*. Metz.fr: https://metz.fr/projets/centre-pompidou-metz.php

Mimdap. (2022). *Phoenix Uluslararası Medya Merkezi Pekin Çin / BIAD UFo*. Mimdap: http://mimdap.org/2013/10/phoenix-uluslararasy-medya-merkezi-pekin-cin-biad-ufo/

Nagendran, N. K. (2021, Nisan 2). *Harbin Opera House by MAD Architects: Design inspired by the surroundings*. Rethinking the future: https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a4415-harbin-opera-house-by-mad-architects-design-inspired-by-the-surroundings/

NDN Software. (2021). *Denver İnternational Airport*. NDN Software: https://www.ndnsoftware.com/denver-international-airport.html

Ney & Partners+Agwa. (2023). *Covering of the courtyard of the Carré des Arts in Mons / Ney & Partners + AgwA*. Archdaily: https://www.archdaily.com/555329/covering-of-the-courtyard-of-the-carre-des-arts-in-mons-agwa-ney-and-partners?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

Osthessen News. (2022). *RHÖN-KLINIKUM Campus unter Deutschlands besten Rehakliniken*. Osthessen News: https://osthessen-news.de/n11549651/rhoen-klinikum-campus-unter-deutschlands-besten-rehakliniken.html

ÖZAT, S. (2014). *Geniş açıklıkların geçilmesinde membran sistemlerin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi).* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özsen, G. v. (1991). *Taşıyıcı sistem tasarımı.* İstanbul: Birsen yayınevi.

Pallasmaa, J. (2018). *Tenin Gözleri: Mimarlık ve Duyular, s. 63.* İstanbul: Yem yayın.

Parlak, N. (1998). *Uzay Kafes Sistem Ve Örtü Elemanları (Yüksek Lisans Tezi).* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Pieken, G. (2012, Aralık 5). Contents and Space: New Concept and New Building of the Militärhistorisches Museum of the Bundeswehr. *Museum & Society, 10(3),* s. 163-173.

PLD Türkiye. (2017, Haziran 19). *Harbin Opera Binası Projesi*. PLD Türkiye: https://pldturkiye.com/harbin-opera-binasi-projesi/

Rex. (2022). *Rex*. Vakko Moda Merkezi ve Power Medya Merkezi: https://rex-ny.com/project/vakko-fashion-center/

Roschmann Group. (2022). *Glass Dome RHÖN-KLINIKUM*. Roschmann Group: https://roschmann.group/en/projects/glass-dome-rhoen-klinikum/

SAAM. (2021). *The Kogod Courtyard*. SAAM: https://americanart.si.edu/visit/saam/kogod-courtyard

Salvadori, M., & Heller, R. (1975). *Structure in Architecture (2. Baskı).* New Jersey: Prentice-Hall-Inc.

Sbp. (2022). *Buildings: Glass roof for DZ-Bank*. Schlaich bergermann partner: https://www.sbp.de/en/project/glass-roof-for-dz-bank/

Sen, N. (1990). *Mimarlıkta Strüktür ve Strüktürel Kavramlar.* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No:199.

Sobek, W. (2023). *Rhön Clinicum-Successful combination of glazing with steel cable netting*. Werner Sobek: https://www.wernersobek.com/projects/rhoen-clinicum/

Sophernsparn. (2021). Sophernsparn Architects Llc: https://www.sophersparn.com/blog-ssa/dia-tents

Sönmez, A. (2023). *Tarihi Yapı ve Ek Yapı İlişkisinde Çağdaş Yaklaşımlar Alman Tarih Müzesi ve Çağdaş Ek Yapısı*. Yapı Mimarlık Tasarım Kültür Sanat Dergisi: https://yapidergisi.com/tarihi-yapi-ve-ek-yapi-iliskisinde-cagdas-yaklasimlar-alman-tarih-muzesi-ve-cagdas-ek-yapisi/

Studio Libeskind. (2023). *Military History Museum*. Studio Libeskind: https://libeskind.com/work/military-history-museum/

Şen, N. (1990). *Mimarlıkta Strüktür ve Strüktürel Kavramlar.* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:199.

Tankar. (2023). *Westpark Outlet*. Tankar: https://tankar.com.tr/tr/westpark-outlet

Terrell, A., Bradley, K., Ewing, T., & Davis, K. (2020, Nisan 22). *Denver Airport Main Terminal*. Boise State University: https://www.boisestate.edu/undergraduate-research/2020/04/22/220-denver-airport-main-terminal/

Türkçü, H. Ç. (2017). *Çağdaş Taşıyıcı Sistemler.* İstanbul: Birsen Yayınevi.

Türkçü, Pompidou Center. (2017). Pompidou Center, Metz, Fransa. H. Ç. Türkçü içinde, *Çağdaş Taşıyıcı Sistemler* (s. 176-177). İstanbul: Birsen yayınevi.

Visitmons.be. (2021). *Caserne Major Sabbe, devenue Carré des Arts - Mons*. Visitmons.be: https://www.visitmons.be/a-voir-a-faire/sites-et-musees/caserne-major-sabbe-devenue-carre-des-arts-1099047

Warmann, C. (2010, Nisan 23). *Vakko Fashion Center & Power Media Centre by REX*. dezeen: https://www.dezeen.com/2010/04/23/vakko-fashion-center-power-media-centre-by-rex-architecture/

Wbarchitectures.be. (2021). *Carre des Arts*. Wbarchitectures.be: https://wbarchitectures.be/en/expositions/AgwA/Carre-des-Arts/256/

Wikiarquitectura. (2022). *DZ Bank*. Wikiarquitectura: https://en.wikiarquitectura.com/building/dz-bank/

Wikipedia, "Denver". (2023). *Denver Uluslararası Havalimanı*. Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Denver_Uluslararas%C4%B1_Havaliman%C4%B1

Wikipedia, "Serpentine". (2023). *Serpentine North Gallery*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Serpentine_North

Wikipedia, "Smithsonian". (2022). *Smithsonian Enstitüsü*. Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Smithsonian_Enstit%C3%BCs%C3%BC

Wikipedia, Harbin Grand Theatre. (2023, Eylül 10). *Harbin Grand Theatre*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Harbin_Grand_Theatre

Wikipedia, Laverstoke Mill. (2022). *Laverstoke Mill*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Laverstoke_Mill

Wikipedia, Phoenix Center. (2022). *Phoenix Center*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Phoenix_Center

Wikipedia, Rhön-Klinikum. (2022). *Rhön-Klinikum*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Rh%C3%B6n-Klinikum

Wikipedia,"Militärhistorisches Museum Dresden". (2011, Ekim 16). *Militärhistorisches Museum Dresden*. Wikipedia: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Milit%C3%A4rhistorisches_Museum_Dresden_05.JPG

"Yapıların Öteki Yüzü". (2022). *Yapıların Öteki Yüzü: Strüktür*. Yapı Kataloğu: https://www.yapikatalogu.com/blog/yapilarin-oteki-yuzu-struktur_243

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

Yücel, E. (2012). *Uzay kafes sistemleri analizi.* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.

Zaha-Hadid. (2013). *Serpantin Galerisi*. Zaha Hadid Architects: https://www.zaha-hadid.com/interior_design/serpentine-sackler-gallery-2/

Zakar, L., & Eren, Ö. (2019). *Tarihi Binalara Ek Yapımında Birleşim Tipolojisi*. Yapı Mimarlık Tasarım Kültür Sanat Dergisi: https://yapidergisi.com/tarihi-binalara-ek-yapiminda-birlesim-tipolojisi/

Zeren, M. T. (2010). *Tarihi Çevrede Yeni Ek Ve Yeni Yapı Olgusu.* İstanbul: Yalın Yayıncılık.