

152327

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK YAPILARIN ELEMAN ve BİLEŞEN DÜZEYİNDE  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Mimar Ozan ÖZYİĞİT**  
**502991151**

152327

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Aralık 2003**  
**Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Ocak 2004**

**Tez Danışmanı :**

**Doç.Dr. Bilge IŞIK (İ.T.Ü)**

*Bilge Işık*

**Diğer Jüri Üyeleri**

**Prof.Dr. Hakkı ÖNEL (Y.T.Ü)**

*Hakkı Önel*

**Y.Doç.Dr. Almıla BÜYÜKTAŞKIN (İ.T.Ü)**

*Almıla Büyüktaşkin*

**OCAK 2004**

## ÖNSÖZ

Yoğun bir ofis çalışması, zaman içinde kazanılan mimari tecrübeler doğrultusunda üstüme binen yükler ve oldukça karmaşık bir dönemde başladığım tez çalışmamın ortaya çıkmasında üç yıl bana katlanan Sayın tez danışmanım Doç.Dr. Bilge Işık'a, bu tez çalışmasının konseptinin oluşması ve ne kadar az olsa bile var olan mimari bilgimi sonuna kadar paylaşmamı, yine aynı şekilde paylaşarak bana öğreten mimar büyüklerime, çok sevdiğim dostlarıma ve bana destek olan aileme teşekkür ederim.

Mayıs 2003

Ozan Özyiğit



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b>	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Amaç	3
1.2. Kapsam	3
1.3. Yöntem	3
<b>2. YAPI MALZEMESİ OLARAK ÇELİK</b>	<b>4</b>
2.1. Malzeme Olarak Çeliğin Özellikleri	8
2.1.1. Çeliğin Fiziksel Özellikleri	8
2.1.2. Çeliğin Kimyasal Özellikleri	8
2.1.3. Çeliğin Mekanik Özellikleri	9
2.1.4. Çelik Ürünleri	10
2.2. Çelik Yapı Sistemlerinin Avantajları	12
2.2.1. Mimari Açısından Avantajlar	12
2.2.2. Taşıyıcılık Açısından Avantajlar	14
2.2.3. Uygulamaya Dönük Avantajlar	16
2.3. Çelik Yapı Sistemlerinin Dezavantajları	18
2.3.1. Malzeme Açısından Dezavantajlar	19
2.3.2. Uygulamaya Dönük Dezavantajlar	21
2.4. Türkiye’de Demir-Çelik Üretimi	23
2.5. Bölüm Sonucu	26

<b>3. ÇELİK BİR YAPIYI OLUŞTURAN BİLEŞENLER ve ELEMANLAR</b>	<b>27</b>
3.1. Çelik Yapılarda Taşıyıcı Sistem Elemanları	30
3.1.1. Kolonlar	31
3.1.2. Kirişler	34
3.1.2.1. Kiriş-Kiriş Birleşimlerine Ait Detaylar	36
3.1.2.2. Kolon-Kiriş Birleşim Detayları	40
3.1.2.3. Kiriş Sistemleri	43
3.1.3. Kolon Ayakları, Ankrajlar ve Bunlara Ait Detaylar	46
3.1.4. Döşemeler	49
3.1.4.1. Kompozit Çalışan Döşeme Sistemleri	51
3.1.4.2. Serbest Çalışan Döşeme Sistemleri	53
3.1.5. Denge Elemanları ve Bunlara Ait Detaylar	54
3.1.5.1. Çaprazlama Elemanları	55
3.1.5.2. Betonarme Perde ve Çekirdekler	57
3.1.5.3. Rijit Çerçeveler	57
3.1.6. Bağlantı Elemanları	58
3.1.6.1. Sökülebilen Bağlantı Elemanları	58
3.1.6.2. Sökülemeyen Bağlantı Elemanları	59
3.1.7. Çelik Taşıyıcı Elemanların Dezavantajlarını Giderici Detaylar	60
3.2. Çelik Yapılarda Kabuk Elemanları	63
3.2.1. Çelik Yapılarda Dış Duvar Tipleri ve Bunlara Ait Detaylar	65
3.2.1.1. Yığma Duvarlar	66
3.2.1.2. Panel Duvarlar	67
3.2.1.3. Hafif Panel Duvarlar	68
3.2.1.4. Giydirme Cepheler	69
3.2.2. Çelik Yapılarda Çatılar ve Bunlara Ait Detaylar	70
3.2.2.1. Çelik Yapılarda Çatı Makasları	71
3.2.2.2. Çelik Yapılarda Uzay Kafes Çatılar	75
3.2.2.3. Çelik Yapılarda Asma Çatılar	78
3.2.2.4. Çelik Yapılarda Çatı Kaplama Malzemeleri	80
3.3. Bölüm Sonucu	81

<b>4. ALAN ÇALIŞMASINA YÖNELİK İSKELET YAPININ İNCELENMESİ</b>	<b>82</b>
4.1.Yapının Taşıyıcı Elemanlar Açısından İncelenmesi	84
4.1.1. Kolonlar	84
4.1.2. Kirişler	85
4.1.3. Temeller	86
4.1.4. Döşemeler	88
4.1.5. Denge Elemanları	89
4.2. Yapının Kabuk Elemanları Açısından İncelenmesi	90
4.2.1. Duvarlar	91
4.2.2. Çatılar ve Örtü Elemanları	94
4.3. Yapıya Ait Nokta Detayları	96
4.3.1. Giriş Sistem Detayına Ait Nokta Detayları	97
4.3.2. Yaşama Bölümü Sistem Detayına Ait Nokta Detayları	102
4.3.3. Yatak Bölümü Sistem Detayına Ait Nokta Detayları	106
4.4. Bölüm Sonucu	111
<b>5. SONUÇLAR</b>	<b>112</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>114</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>116</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Font demiri kullanılarak yapılan ilk çelik köprü.....	04
Şekil 2.2 : İlk inşaa edilen çelik iskeletli bina.....	05
Şekil 2.3 : Crystal Palace ve Palasis Des Machines.....	06
Şekil 2.4 : First Lieter ve Home Insurance binaları.....	07
Şekil 2.5 : Seagram Binası.....	07
Şekil 2.6 : Çeliğe ait gerilmeye bağlı şekil değiştirme diyagramı.....	09
Şekil 2.7 : Çeşitli profil tipleri.....	11
Şekil 2.8 : Pompidou Center.....	13
Şekil 2.9 : Hong Kong Havalanı.....	13
Şekil 2.10 : Hollanda’da bir ofis binası.....	14
Şekil 2.11 : 1994 Northridge depremi.....	15
Şekil 2.12 : Fellbach’da ofis binası.....	17
Şekil 2.13 : Çelik yapılarda güçlendirme.....	18
Şekil 2.14 : Çeşitli çelik birleşimlerinde oluşan korozyonlar.....	19
Şekil 2.15 : Dünya Ticaret Merkezinde kulelerin yıkılması.....	20
Şekil 2.16 : Türkiye’nin dünya çelik üretimindeki yeri.....	24
Şekil 3.1 : The Renault Center.....	27
Şekil 3.2 : Yapının amaca yönelik işlevsel ve fiziksel biçimlenmesi.....	28
Şekil 3.3 : Çelik yapının genel şeması.....	30
Şekil 3.4 : Çelik yapılarda kolonlar.....	32
Şekil 3.5 : Çelik yapılarda kullanılan kolon tipleri.....	32
Şekil 3.6 : Kolon-kolona birleşim detayları.....	33
Şekil 3.7 : Çelik yapılarda kirişler.....	34
Şekil 3.8 : Çelik yapılarda kullanılan kiriş sistemleri.....	35
Şekil 3.9 : Çelik kirişlerde açılabilir tesisat boşlukları.....	36
Şekil 3.10 : Aynı doğrultuda giden kirişlerin birleştirilmesi.....	37
Şekil 3.11 : Çelik kirişlerde kesme kuvvetini aktaran birleşimler.....	38
Şekil 3.12 : Çelik kirişlerde kesme kuvveti ve moment aktaran birleşimler...	39
Şekil 3.13 : Kolon-kiriş birleşimlerinde yük etkileri.....	40
Şekil 3.14 : Kesme kuvveti aktaran kolon-kiriş birleşimleri.....	41
Şekil 3.15 : Kesme kuvveti ve moment aktaran kolon-kiriş birleşimleri.....	42
Şekil 3.16 : Kompozit kiriş sistemleri.....	44
Şekil 3.17 : Kafes kirişlerin birleşim detaylarına ait örnekler.....	45
Şekil 3.18 : Kısa kirişli (Stub-girder) sistem.....	46

<b>Şekil 3.19</b>	: Çeşitli petek kiriş düzenlemeleri.....	46
<b>Şekil 3.20</b>	: Çelik yapılarda kolon ayakları ve temeller.....	47
<b>Şekil 3.21</b>	: Temel ayakları, çimento şerbeti ve kamalar.....	47
<b>Şekil 3.22</b>	: Çeşitli temel ayakları ve temel birleşimleri.....	48
<b>Şekil 3.23</b>	: Temel ayağının altına “I” profil uygulaması.....	49
<b>Şekil 3.24</b>	: Çelik yapılarda döşemeler.....	50
<b>Şekil 3.25</b>	: Döşeme tipleri ve açıklığa göre tercihler.....	50
<b>Şekil 3.26</b>	: Tipik kompozit döşeme kesiti.....	51
<b>Şekil 3.27</b>	: Çeşitli tipte çelik saçlarla döşeme betonun ilişkisi.....	52
<b>Şekil 3.28</b>	: Serbest çalışan döşeme sistemi.....	53
<b>Şekil 3.29</b>	: Diğer serbest çalışan döşeme sistemleri.....	54
<b>Şekil 3.30</b>	: Çelik yapılarda denge elemanları.....	54
<b>Şekil 3.31</b>	: Düşey çaprazlama elemanlarına ait birleşim detayları.....	55
<b>Şekil 3.32</b>	: Yatay çaprazlama elemanlarına ait bazı birleşim detayları.....	56
<b>Şekil 3.33</b>	: Betonarme perde veya çekirdeklere birleşim.....	57
<b>Şekil 3.34</b>	: Rijit çerçevelerde çeşitli birleşimler.....	58
<b>Şekil 3.35</b>	: Bulon tipleri ve bulonlu birleşimler.....	59
<b>Şekil 3.36</b>	: Kolonların ve kirişlerin yangına karşı kaplanması.....	61
<b>Şekil 3.37</b>	: Su dolanımı yoluyla yangına karşı korunma.....	62
<b>Şekil 3.38</b>	: Döşeme ve duvarlarda ses ve ısı izolasyonu.....	63
<b>Şekil 3.39</b>	: Çelik yapılarda iç ve dış duvarlar.....	65
<b>Şekil 3.40</b>	: Yığma duvar ile çelik elemanlara ait bazı birleşim detayları.....	66
<b>Şekil 3.41</b>	: Panel duvarların çelik taşıyıcılarla birleşimleri.....	67
<b>Şekil 3.42</b>	: Hafif panel duvar detayları.....	68
<b>Şekil 3.43</b>	: Düşey ve yatay giydirme cephe tipleri.....	70
<b>Şekil 3.44</b>	: Çelik yapılarda çatılar.....	71
<b>Şekil 3.45</b>	: Çatı makasını oluşturan elemanlar.....	72
<b>Şekil 3.46</b>	: Çeşitli çatı makası tipleri.....	72
<b>Şekil 3.47</b>	: Çeşitli çatı makası birleşim detayları.....	73
<b>Şekil 3.48</b>	: Mahya birleşim detayları.....	74
<b>Şekil 3.49</b>	: Uzay kafes çatılarda bazı plan alternatifleri.....	75
<b>Şekil 3.50</b>	: Tipik uzay kafes çatı kesiti.....	76
<b>Şekil 3.51</b>	: Standart uzay kafes düğüm noktaları.....	77
<b>Şekil 3.52</b>	: Unibat sistemi uzay kafes çatı.....	78
<b>Şekil 3.53</b>	: Moduspan sistemi uzay kafes çatı.....	78
<b>Şekil 3.54</b>	: Asma çatılar – Münih Olimpiyat Stadı.....	79
<b>Şekil 4.1</b>	: Sevsu-Hasan Esen evi zemin kat planı.....	82

<b>Şekil 4.2</b>	<b>: Yaşama ve yatak bölümünü gösteren uzun kesit.....</b>	<b>83</b>
<b>Şekil 4.3</b>	<b>: Yapının çelik iskelet görünümü.....</b>	<b>84</b>
<b>Şekil 4.4</b>	<b>: Yapıda kullanılan bazı kolonlara ait detaylar.....</b>	<b>85</b>
<b>Şekil 4.5</b>	<b>: Yapıda kullanılan bazı kirişlere ait detaylar.....</b>	<b>86</b>
<b>Şekil 4.6</b>	<b>: Yapıda kullanılan temel ayakları ve ankraj tipleri.....</b>	<b>87</b>
<b>Şekil 4.7</b>	<b>: Yapıda kullanılan kolon, kiriş ve temel ayaklarına ait birleşimler... 88</b>	
<b>Şekil 4.8</b>	<b>: Yapıda kullanılan döşeme tipleri.....</b>	<b>89</b>
<b>Şekil 4.9</b>	<b>: Yapıda kullanılan denge elemanları.....</b>	<b>90</b>
<b>Şekil 4.10</b>	<b>: Ahşap lambri olacak dış duvar detayı.....</b>	<b>91</b>
<b>Şekil 4.11</b>	<b>: Taş kaplama olacak dış duvar detayı.....</b>	<b>92</b>
<b>Şekil 4.12</b>	<b>: Tesisat duvarları detayı.....</b>	<b>93</b>
<b>Şekil 4.13</b>	<b>: Standart bölme duvar detayı.....</b>	<b>93</b>
<b>Şekil 4.14</b>	<b>: Sürme kapı boşluklu bölme duvar tip detayı.....</b>	<b>94</b>
<b>Şekil 4.15</b>	<b>: Çatı kaplamaları ve örtülerine ait detaylar.....</b>	<b>95</b>
<b>Şekil 4.16</b>	<b>: Çatı kaplamalarına ait yapıdan bir görünüm.....</b>	<b>96</b>
<b>Şekil 4.17</b>	<b>: Sistem detaylarının çizildiği aksları gösteren anahtar plan.....</b>	<b>97</b>
<b>Şekil 4.18</b>	<b>: Giriş sistem detayı kesiti ve nokta detaylarının yerleri.....</b>	<b>97</b>
<b>Şekil 4.19</b>	<b>: Giriş sistem detayının görünüşü.....</b>	<b>98</b>
<b>Şekil 4.20</b>	<b>: Giriş sistem detayına ait 1-1 Nokta Detayı.....</b>	<b>99</b>
<b>Şekil 4.21</b>	<b>: Giriş sistem detayına ait 2-2 Nokta Detayı.....</b>	<b>100</b>
<b>Şekil 4.22</b>	<b>: Giriş sistem detayına ait 3-3 Nokta Detayı.....</b>	<b>101</b>
<b>Şekil 4.23</b>	<b>: Yaş. bölümü sistem detayı kesiti ve nokta detaylarının yerleri... 102</b>	
<b>Şekil 4.24</b>	<b>: Yaşama bölümü sistem detayı görünüşü.....</b>	<b>102</b>
<b>Şekil 4.25</b>	<b>: Yaşama bölümü sistem detayına ait 1-1 Nokta Detayı.....</b>	<b>103</b>
<b>Şekil 4.26</b>	<b>: Yaşama bölümü sistem detayına ait 2-2 Nokta Detayı.....</b>	<b>104</b>
<b>Şekil 4.27</b>	<b>: Yaşama bölümü sistem detayına ait 3-3 Nokta Detayı.....</b>	<b>105</b>
<b>Şekil 4.28</b>	<b>: Yatak bölümü sistem detayı kesiti ve nokta detaylarının yerleri.. 106</b>	
<b>Şekil 4.29</b>	<b>: Yatak bölümü sistem detayının görünüşü.....</b>	<b>106</b>
<b>Şekil 4.30</b>	<b>: Yatak bölümü sistem detayına ait 1-1 Nokta Detayı.....</b>	<b>107</b>
<b>Şekil 4.31</b>	<b>: Yatak bölümü sistem detayına ait 2-2 Nokta Detayı.....</b>	<b>108</b>
<b>Şekil 4.32</b>	<b>: Yatak bölümü sistem detayına ait 3-3 Nokta Detayı.....</b>	<b>109</b>
<b>Şekil 4.33</b>	<b>: Yatak bölümü sistem detayına ait 3-3 Nokta Detayı.....</b>	<b>110</b>

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 2.1</b> : Çelik ile betonun fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması.....	08
<b>Tablo 2.2</b> : Türkiye’de yıllara göre ham çelik üretimi.....	24
<b>Tablo 3.1</b> : Yapı tipleri ve tercihlere ait tablo.....	28
<b>Tablo 3.2</b> : Çelik yapı taşıyıcı elemanlarına ait problemler.....	31



## ÇELİK YAPILARIN ELEMAN ve BİLEŞEN DÜZEYİNDE İNCELENMESİ

### ÖZET

Gelişmiş ülkelerde, yapılarda çelik kullanımının geldiği nokta ve çeliğin mimariye katdığı gözardı edilemeyecek kadar büyük boyutlardadır. Bu gelişmeler ve gelinen nokta itibariyle, çelik yapı tasarlayan mimarlar artık tasarladıkları yapının detayları ile uğraşmak yerine bu işi ilgili yan disiplinlere devrederek yapılarını en iyi nasıl ifade edeceklerine yoğunlaşmaktadırlar.

Mimarın başarılı bir yapı ortaya çıkarması ve yan disiplinlerle organize bir şekilde çalışması için; yapı taşıyıcı sistemleri, yapı malzemeleri, bütünleyici elemanlar ve bunlara ait detaylar hakkında belli bir bilgi seviyesinin üzerinde olması gerekmektedir.

Ülkemizde büyük depremler sonrası, bugüne kadar hakkettiği ilgiyi görmeyen çelik ve çeliğin yapılarda kullanımı, endüstri yapılarından diğer yapı tiplerine doğru kaymaya başlamıştır. Bu olumlu gelişmenin aksine bu konu hakkında mimarların, mühendislerin ve denetleyici kurumların eksikleri ise gelecek için endişe vericidir.

Bu çalışmada yukardaki kriterler de göz önünde tutularak; malzeme olarak çelik, taşıyıcısı çelik olan yapı sistemleri, çelik yapıların eleman ve bileşenleri detay olarak incelenmeye çalışılmış, daha önce uygulaması yapılmış olan bir yapının detayları analiz edilmiştir.

İlk bölümde böyle bir çalışma yapma gereğinin neden duyulduğu, çalışmanın amacı, kapsam ve yöntemi anlatılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde, taşıyıcı sistem malzemesi olarak çeliğin özellikleri ve yapı sistemlerinde kullanılan çeliğin avantaj ve dezavantajları gruplandırılarak anlatılmış, ayrıca yapılarda kullanılan hadde profillerinden ve Türkiye’de çelik üretiminden bahsedilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, çelik yapılar eleman ve bileşen düzeyinde incelenmiş ve bölümde çelik yapılarda elemanlar taşıyıcı sistem elemanları ve kabuk elemanları olarak ayrı ayrı anlatılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarında her bir eleman ayrı ayrı incelendikten sonra bu elemanların birbirleriyle birleşimleri prensip detaylarında ortaya konularak anlatılmıştır. Kabuk elemanları kısmında ise bir kabuk elemanından beklenenlerden bahsedilmiş, ayrıca kabuk elemanları, duvar ve çatı elemanları olarak iki ayrı başlıkta incelenmiştir. Duvar elemanları kısmında çelik yapılarda karşılaşılan duvarlar ve bunlara ait detaylar anlatılmış, çatı elemanlarında ise çelik yapıların üstünü örtmekte kullanılan çatı taşıyıcı sistemleri detayları ile birlikte incelenmiştir ve örtü malzemelerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, Mimar Feyha Çınarlı ile çalıştığım dönemde Kemerburgaz köyünde yapılmış olan taşıyıcı sistemi çelik iskelet olan Sevsu-Hasan Esen evine ait detaylar tıpkı üçüncü bölüme ait bölüm senaryosuna uygun bir şekilde aynı sırada incelenmiş ve ayrıca yapı, çelik yapıların daha iyi anlaşılması için nokta detayları aşamasından da detaylarla anlatılmıştır.

Sonuç bölümünde ise tez çalışmasından genel olarak çıkarılması gereken sonuçlar, amaçlananlar ve tezin kapsamı doğrultusunda anlatılanlardan ortaya çıkanların bir değerlendirilmesi yapılmıştır.



## **THE ANALYSIS OF STEEL CONSTRUCTION AT THE LEVEL OF ELEMENT AND COMPONENT**

### **SUMMARY**

In developed countries, the point reached by the use of steel in constructions and the contribution of steel to architecture are most vital. Considering these developments and the extent it has reached; architects who design steel construction focus on how to express their buildings better rather than dealing with the details and they pass this issue to the other related disciplines.

In order to be able to build a successful construction and work with the related disciplines in an organized way; architects must have some knowledge beyond a certain level about construction bearing systems, construction materials, complementary elements and the details concerned.

In our country after the devastating earthquakes, steel and its use in construction which have been deprived of the appreciation it deserves up until now is shifting from industrial constructions to the other building types. Despite this positive improvement, insufficient of profession architects, engineers and the supervising institutions are alarming for the future.

In this study, taking into consideration the criteria above, steel as a material, construction systems with steel bearings, the elements and components of steel construction with steel frame are pointed out in detail and the details of a previously applied construction are analysed.

In the first section, the reason for making such a research, the aim, the scope and the method of the study are given.

In the second section, the properties of steel as a bearing system material and the advantages and disadvantages of steel used in construction systems are given in sub-groups; and also the rolling mil profiles used in constructions and steel production in Turkey are mentioned.

In the third section of this study, steel construction are studied at the level of element and component and the elements in steel constructions are given separately as bearing system elements and surface covering elements. After analysing each element in bearing system elements, the combination of these elements are given along with the details of principle. In surface covering elements, the expectations from surface element are told and surface covering elements are analysed under two sub-headings as wall and roof elements. In wall elements section, the walls encountered in steel constructions and the related details are mentioned; and in roof elements section, roof bearing systems which are used to cover up the steel constructions are studied in detail and also covering materials are mentioned as well.

In the fourth section, during the period when I worked together with architect Feyha ınarlı, the details and the steel construction systems of Sevsu-Hasan Esen's house built in village Kemberburgaz; are analysed in the same order as the third section for more clear explanation to steel constructions, the construction is studied in the phase of joint details in detail, as well.

In the final section, the conclusions that should be gathered from the overall thesis study, the objectives and an evaluation of the conclusions from what has been mentioned according to the scope of thesis.



## 1. GİRİŞ

Günümüz mimarlığında artık geleneksel tasarım ve yapım yöntemlerini bırakılmış, tamamıyla yan disiplinlerle organize bir şekilde çalışılarak, yapıyı ortaya çıkarma yolunu seçilmiştir. Günümüzde yapım sistemlerinin ve bunları oluşturan malzemelerin çeşitliliği yapı üretim sürecinde, başarılı ürünlerin ortaya çıkması açısından kaçınılmaz bir sonuçtur. Ayrıca bu sayede geçmiş yıllara oranla mimarların üstüne düşen yük azalmıştır. Artık mimarlar tasarladıkları yapıların detayları ile uğraşmak yerine, yan disiplinler tarafından çözüme ulaştıran detayların projelerine uygunlukları ile uğraşp, yapılarını en iyi şekilde nasıl ifade edecekleri üzerine çalışma yolunu seçmişlerdir.

Bugüne kadar yurt dışında veya ülkemizde gördüğümüz, taşıyıcı sistemi ne olursa olsun, başarılı yapıları inceleyecek olursak, bu yapılarda taşıyıcı sistemin ve kullanılan malzemelerin, insani verilerle en doğru şekilde birleştirildiğini görmüş oluruz. Bu sonuç bize, mimarın başarılı bir yapı ortaya çıkarmak için, taşıyıcı sistemler ve kullandığı malzemelerden haberdar ve yan disiplinleri, yapısını en iyi şekilde gösterecek şekilde organize edebilecek güçte olması gerektiğini göstermektedir. Elbette tecrübe ile kazanılan bilgilerinde yadsınamayacağı gerçeğini gözardı etmek her ne kadar hatalı olsa bile, çelik yapılar hakkında var olan sınırlı bilginin de gelecek yıllar düşünülürse eğer, mümkün olduğunca hızla güncellenmesi gerektiği de bir gerçektir.

Çeliğin 19. yy'ın ortalarından itibaren ve özellikle endüstri devrimi ile yapılarda kullanılmaya başlanmasından bu yana çelik yapı ve çelik mimarisi, gelişmiş ülkelerde üst seviyeye gelmiş ve her yeni gelişme ile yeni yan disiplinler ve bunlara bağlı olarak büyük iş alanları ortaya çıkmıştır. Maalesef ülkemizde hakkettiği yeri, siyasi ve ekonomik nedenlerle bulamamış olan çelik yapı kavramı, ülkemizin deprem kuşağında olması ve yaşanan büyük depremler sonrası güncellik kazanmış, artık çelik yapı kavramı, sanayi yapılarından diğer yapı tiplerine doğru kaymaya başlamış ve mimarlar da taşıyıcı sistem tercihlerinde çeliği kullanma eğilimine girmişlerdir.

Ülkemizde çelik yapının sanayi yapıları dışında da tercih edilmesi, mimarlık ve ortaya çıkacak ürünlerin çeşitliliği açısından her ne kadar olumlu bir gelişme olsada, yıllardır kullanılan ve en ufak ayrıntısına kadar bilinen betonarme sistemlerin, yine deprem tecrübesi sonucu başarısız uygulamaları ile karşılaşılması, çelik mimarisinin ülkemizdeki geleceği konusunda kuşku uyandırmaktadır. Sonuçta bir yapının taşıyıcı sistem malzemesi ne olursa olsun; tasarımı, hesaplamaları ve uygulaması hatalı yapılırsa eğer sonuçları yine başarısız olacaktır. Bu yaklaşım üzerinden, ülkemizde oldukça yetersiz olan çelik yapılara ait denetimlerin, ilerde ortaya çıkacak büyük problemlerin önlenmesi için ilgili kurumlarca güncellenmesi gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi Profesyonel Mühendislik (PE) gibi bir sistemin geliştirilmesi, tecrübesiz mühendislerin bu çelik yapıların altına imza atmasını da engelleyecektir.

Mimarların ve yan disiplinlerin, özellikle de inşaat mühendislerinin, ortaya sağlam ve kaliteli yapılar ortaya çıkarmaları için çelik konstrüksiyonu ve bütünleyici elemanlarla olan uyumu hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Çünkü çelik yapı sistemleri diğer yapı sistemlerinden farklı olarak, büyük bir kısmı fabrikalarda üretilen birbirinden yer yer hem boyut, hemde malzeme farklılığı olan birçok elemanın birleştirilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden çelik yapıların tasarımında, taşıyıcı sistemin ve bütünleyici elemanların uyumu ve bunların detaylandırılması en büyük problemdir.

Çelik taşıyıcı sistemleri oluşturan elemanlara ve çelik taşıyıcı sistemin yapıya dönüşmesini sağlayan bütünleyici elemanlara ait detaylar ve bunların çözümleri literatürde mevcuttur. Her gün yeni malzemelere bağlı olarak bu detaylara bir yenisi daha eklenmektedir. Bu nedenlerle mimarın bütün detayları ve çözümlerini bilmesi imkansızdır ve bunları zaten bilmesi gereken üretici firmalar ve bunlar üzerinde çalışan yan disiplinler zaten vardır. Bununla beraber biz mimarların, gerek tasarım gerekse de uygulama aşamasında, ortaya başarılı bir çelik yapı çıkarabilmemiz, bunu iş yaptığımız kişilere karşı anlatabilmemiz ve yan disiplinler özellikle inşaat mühendisleri ile iyi çalışabilmemiz açısından, çeliğin kendine has özelliklerine, avantaj ve dezavantajlarına, çelik yapı kavramına ve bunlara ait kavramlara bir mimar olarak hakim olmamız gerekmektedir.

### **1.1. Amaç**

Yukarıda anlatılanlar ve ortaya konan kriterler ışığında bu tez çalışmasının amacı, çelik yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem elemanları ve dış kabuk elemanlarının prensip detayları ile birlikte incelenmesidir.

### **1.2. Kapsam**

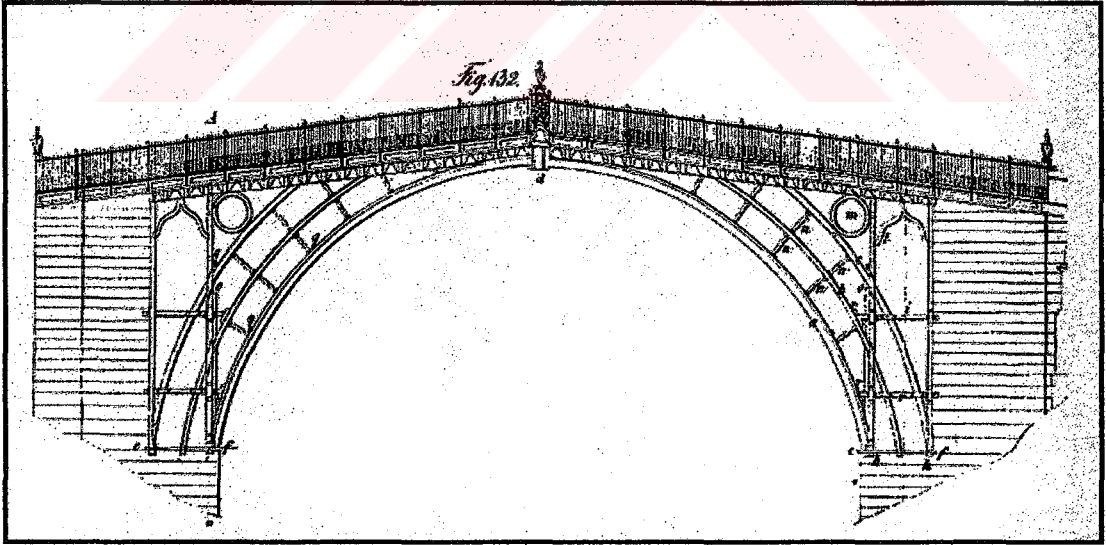
Çalışma genel olarak, taşıyıcı sistem malzemesi olarak çeliğin özellikleri, avantaj ve dezavantajlarının incelenmesi, çelik yapıların taşıyıcı sistem elemanları ve dış kabuk elemanları olarak ayrılarak prensip detaylarının ortaya konması ve bu sistematığe bağlı olarak, daha önce yapılmış az katlı çelik iskelet bir yapının detaylarının incelenmesini kapsamaktadır.

### **1.3. Yöntem**

Çalışmada kullanılan yöntem ise; özellikle son otuz yıla ait çelik konstrüksiyonla ilgili kitap ve dergilerin incelenmesi, bu konuda deneyimli mimar ve inşaat mühendisleri ile görüşülmesi, çelik yapılarda kullanılan detayların prensip detayı şeklinde tekrar çizim yoluyla sadeleştirilip kağıda dökülmesi ve çelik iskelet bir yapının detay ölçeğinde incelenmesidir.

## 2. YAPI MALZEMESİ OLARAK ÇELİK

Demirin ilk kez M.Ö. 1500 yıllarında Kuzey Anadolu ve Kafkasya'da üretildiğinin ve kullanıldığının bilinmesine karşın, ülkemizde yapı malzemesi olarak yeterince bilinmeyen ve ilgi görmeyen çeliğin binlarda kullanılması, dökme demirin 19.yy ortalarında binalarda kullanılmasıyla başlar. Çeliğin tarihte mimari yapılardan önce kullanımı özellikle köprülerde bir tür demir-karbon alaşımı olan font'un taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanımı ile mühendislik yapılarında başlamıştır. Font özelliklerinin bir getirisi olarak basıç mukavemeti yüksek bir malzemedir ama bununla beraber çekme mukavemeti düşüktür. Bu yüzden ilk inşa edilen köprüler dökme çeliğinin mühendislik alanında kullanılmasına kadar kemerli şekilde yapılmıştır. Font kullanılarak yapılan ilk köprü ise, 1778'de İngiltere'de Severn nehri üzerinde inşa edilmiştir. 31 metrelik bir açıklık geçen bu köprü, font kullanımı nedeniyle kemerli bir yapıya sahiptir. [1,2] (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Font demiri kullanılarak yapılan ilk çelik köprü [3]

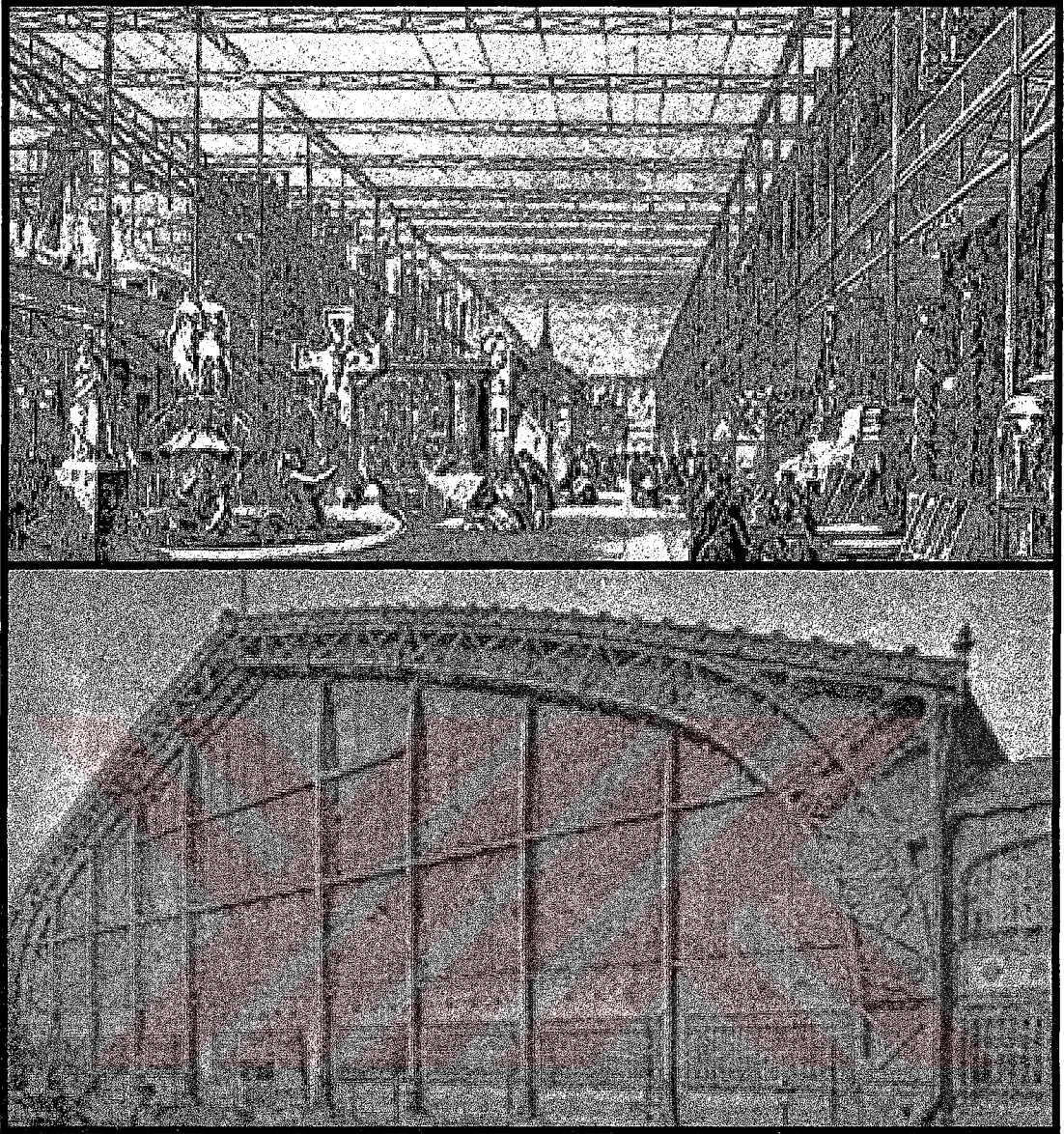
Kaynak ile birleştirme tekniklerinin geliştirilmesi ile beraber, artık yapı elemanları önceden fabrikalarda birleştirilip, sonra şantiyede birleştirilmeye başladı. Bu durumda modern çelik taşıyıcı sistem anlayışının başlangıcı oldu. Mühendislik yapılarında kullanılan, geniş açıklıkların geçilmesini sağlayan ve yüksek

mukavemete sahip bu yeni taşıyıcı sistem malzemesinin binalarda da kullanılması için çalışmalar yapılmaya başlandı. Çeliğin, Bessemer (1855), Martin (1856), Thomas (1878) yöntemleri ile dökme demirin yerini alması ile bu çalışmaların sonucu olarak 1876'da Ditherington Flax Mill'de ilk çelik iskelet yapı inşa edildi. [4] (Şekil 2.2)



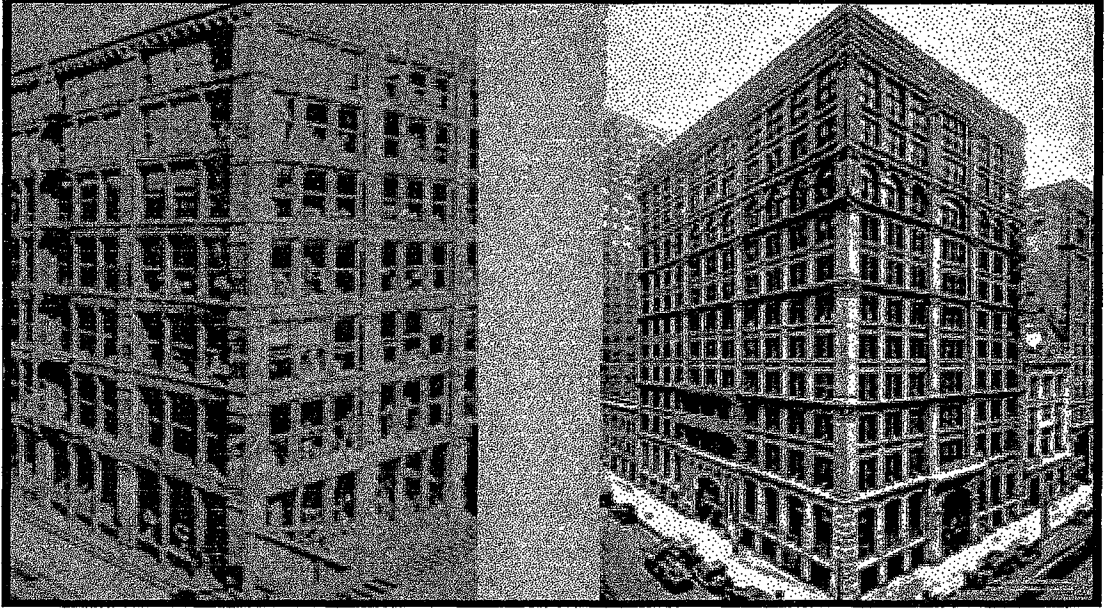
Şekil 2.2. İlk inşa edilen çelik iskeletli bina - Ditherington Flax Mill/İngiltere

Endüstri devriminin bazı tarihçilere göre başlangıcı olarak kabul edilen, 1851 yılında düzenlenen Uluslararası Endüstri Fuarı için yapılmış olan Crystal Palace binası tüm bileşenlerinin fabrikasyona dayalı olması, elemanların sökülüp yapının Hyde Park'tan sonra Sydenham'da kullanılması, çeliğin yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanılması açısından Crystal Palace binasının önemini ortaya koymaktadır. Aynı şekilde malzeme olarak çeliğin üstünlüklerinin kullanıldığı bir başka yapıda Paris Evrensel Sergisi için tasarlanmış olan Palais Des Machines binasıdır. [5] Bu iki yapıyla ulaşılan başarılarla son noktayı da Evrensel Sergisi için 1900'da tasarlanan yapı ortaya koymuştur. (Şekil 2.3)



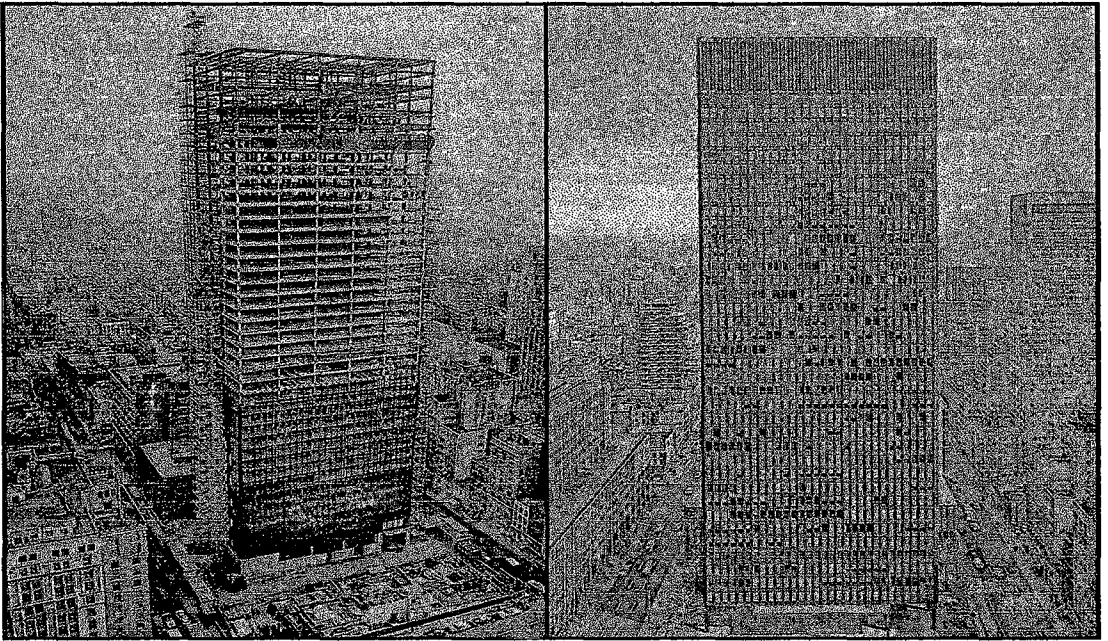
Şekil 2.3. Crystal Palace – İngiltere ve Palais Des Machines – Paris [3]

1885 ve 1895 yılları arasında Chicago’da Sullivan’ın önderi olduğu okul ilk metal iskeletli yapıları yaparken, 20 y.y’ın başlarına kadar Amerika’da çok katlı yapılar, kolon ve kirişler font olarak ve bağlantıları elle bulon kullanılarak yapılmıştır. Le Baron Jenney tarafından, 1879 yılında First Leiter binası ile 1885 yılında Home Insurance binası ile çelik iskeletli yapılar için öncü olmuştur. [6] Her iki yapıda silindirik dökme kolonlardan ve çelik I profillerden oluşan basit taşıyıcı sisteme sahiptir. Home Insurance binası 12 katlı ve 55 metre yüksekliğinde olması nedeniyle tarihte, ilk çelik iskeletli gökdelen olmuştur. (Şekil 2.4)



şekil 2.4. First Lieter ve Home İnsurance binaları – Chicago [5]

20 y.y'ın başları ile beraber yaygınlaşan endüstri devrimi ve modern mimarlığa ek olarak geliştirilen özel çelik profiller ve kaynakla birleştirme teknikleriyle, özellikle cama ağırlık veren bir mimari ortaya çıktı. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak, çeliğin yapılarda kullanımını da yaygınlaşmaya başladı. Mies van der Rohe'nun Barcelona pavyonu veya Seagram binası, Walter Graphius'un Fagus fabrikaları, dönemin en önemli çelik yapıları olarak göze çarpar. O günlerden bugüne çelik, yeni mimarinin geliştirilmesinde önemli rolünü hala sürdürmektedir. (Şekil 2.5)



şekil 2.5. Seagram Binası – New York [3]

## 2.1. Malzeme Olarak Çeliğin Özellikleri

Yapı çeliği yada yapısal çelik olarak adlandırılan taşıyıcı sistemlerde kullanılan çelik, ergitilmiş demir cevherine % 0.2 – 1 oranında karbonun ve diğer katkı malzemelerinin katılmasıyla oluşan, kolay işlenebilen ve dayanım/yoğunluk oranı yüksek bir bileşiktir. Yapı çeliğini, St37 olarak adlandırılan ve akma sınırı 2400 kg/cm<sup>2</sup> olan normal yapı çeliği ve St50 ce St52 olarak adlandırılan ve akma sınırı 3000-3600 kg/cm<sup>2</sup> arası olan yüksek dayanımlı çelikler olarak ikiye ayırabiliriz. Her yapı malzemesi gibi çeliğinde bilinmesi gereken ve belirleyici olan, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri mevcuttur.

### 2.1.1. Çeliğin Fiziksel Özellikleri

Taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanılan çelikler genellikle aynı fiziksel özelliklere sahiptir. Bununla beraber, diğer malzemelere oranla, çelik taşıdığı yükün yoğunluğuna oranı bakımıyla oldukça avantajlı bir yapı malzemesidir. Bu nedenle taşıyıcı sistemde kullanılan elemanlar küçük kesitli olurlar. Isıl genişlemeyle şekil değiştirme oranı ahşaba oranlar çok yüksek olan çeliğin bu oranı betonarme ile nerdeyse aynı düzeydedir. (tablo 2.1)

Tablo 2.1. Çelik ile betonun fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması

fiziksel özellikler/malzeme	çelik	beton
yoğunluk	7.85 gr/cm <sup>3</sup>	2400 kg/m <sup>3</sup>
ısııl genişleme katsayısı	12x10 <sup>-6</sup> /°C	1x10 <sup>-6</sup> /°C
elastisite modülü	2.1x10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>	2.1x10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup>

Elastisite modülleri karşılaştırıldığında betonarmeye oranla 7-8 kat daha sünek bir malzeme olan çelik, bu özelliği sayesinde deprem ve rüzgar gibi yükler karşısında şekil değiştirmesinin yüksek olması nedeniyle dayanıklı bir malzemedir. [7]

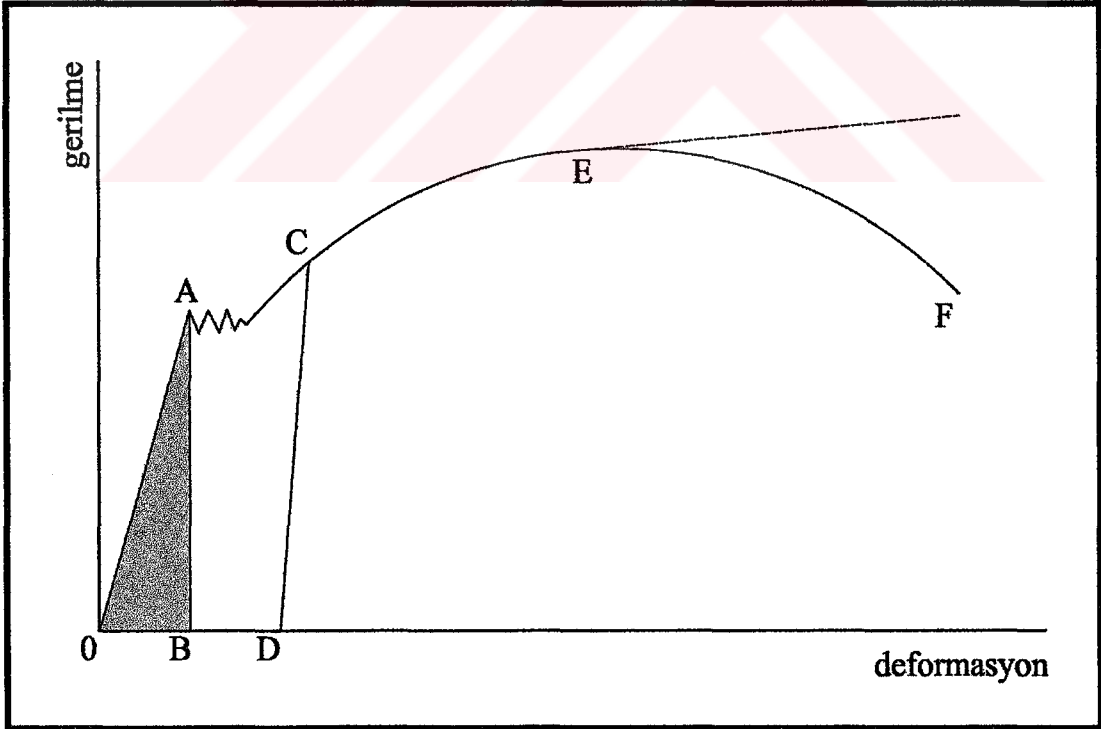
### 2.1.2. Çeliğin Kimyasal Özellikleri

Oluşum aşamasında içinde bulundurdıkları elementler veya bunların kimyasal özelliklerine göre çelik türlerini, karbon çeliği, paslanmaz çelik, özel alaşımli çelikler ve yüksek dayanımlı çelikler olarak dört ayrı grupta incelemek mümkündür. Bu farklı özellikler sayesinde çeliğin yapılarda kullanım alanları değişmektedir.

Genel olarak çelik demir cevherine %0.1 ile %1 oranında karbon katılmasıyla üretilir ama bununla beraber çeliğin bünyesindeki karbon miktarındaki artış çeliğin kırılganlığını artırmaktadır. Bu durumda çeliğin işlenebilmesi açısından sakıncalı bir durum doğurmaktadır. Ayrıca çeliğin oluşturulması sırasında, demirden kırılganlığı artıran fosfor ve kükürt gibi elamanlar uzaklaştırılırken; vanadyum, manezyum, molibden, alüminyum, bakır, krom veya nikel gibi malzemeler katılarak, korozyona karşı direnç artırma, dayanımın ve sertliğin artırılması veya daha büyük kesitli çeliklerin elde edilmesi sağlanabilmektedir. [8]

### 2.1.3. Çeliğin Mekanik Özellikleri

Çelik malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri bilinen ve malzemenin tasarımda kullanılıp, kullanılmayacağını belirleyen özelliklerdir. Bununla beraber, mekanik özellikler, çeliğin kimyasal bileşime ve üretim şekline bağlı olarak malzemenin kullanılması istenen amaç doğrultusunda belirlenebilir. Çeliğin mekanik özellikleri ele alınacak olunursa, akma dayanımı ve kopma dayanımı gibi iki önemli kavramın belirleyici olduğu görülür. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6. Çeliğe ait gerilmeye bağlı şekil değiştirme diyagramı [8]

Şekilde görüldüğü gibi taralı alanda elastik limit olan A noktasında kadar, deformasyon düşüktür ve gerilme ile doğru orantılıdır. A noktasına kadar oluşan şekil değiştirme elastiktir ve kuvvün ortadan kalkması ile çelik başlangıçtaki boyuna döner. Gerilme, elastik limitin üzerine çıkacak olursa, malzemenin davranışında değişiklikler ve kalıcı deformasyonlar oluşur. D noktasına karşılık gelen noktadan itibaren gerilmede artış olmasa bile kalıcı deformasyonda artış olur ve bu nokta çeliğin akma dayanımını gösterir.

E noktasına, ulaşıldığında, gerilme azalmaya başlar ve F noktasındaki kopma gerilmesi, E noktasındaki çekme gerilmesinden düşük olur. F noktasında, şekil değiştirme oranı yüksektir ve bu değer uzama olarak adlandırılır. Yüksek uzama değerine sahip çelikler güvenlidir ve kopma noktasında, kesitte azalma olur ve toplam uzama duktilitenin ölçüsüdür. Akma ve çekme gerilmeleri yükseldikçe duktilite düşer ve duktil özelliğe sahip çelikler hemen kopmaz. [8]

#### 2.1.4. Çelik Ürünleri

Çelik yapılarda kullanılan eleman veya bileşenlerin büyük bir kısmını hadde ürünleri oluşturur. Elemanların profil haline gelmesi için madenlerin sıcak çekme veya soğuk çekme olarak ikiye ayrılan haddeden geçme işlemine tabi tutulmaları gerekir. Sıcak çekme işleminde maden eritildikten sonra haddelenir. Soğuk çekme işleminde ise, çelik eleman sert çelik kalıpların gittikçe küçülen kalıplarından geçirilerek profil haline getirilir. Özellikle çeliğe çekme dayanımı kazandırmak için bu işlem yapılır. Hadde mamüllerini profiller ve dikdörtgen çelikler ve levahalar olarak üç kısımda incelenebilir. [1]

- Profiller:

I profilleri (putreller): Yükseklikleri 8 ile 60 cm arasında değişir.

IP profilleri (geniş başlıklı putreller): Yükseklikleri 10 ile 100 cm arasında değişir ve başlıkları geniş ve paraleldir.

I profilleri: Geniş başlıklı ve başlıklarının iç yüzeyi %9 eğimlidir ve yükseklikleri 10 ile 18 cm arasında değişir.

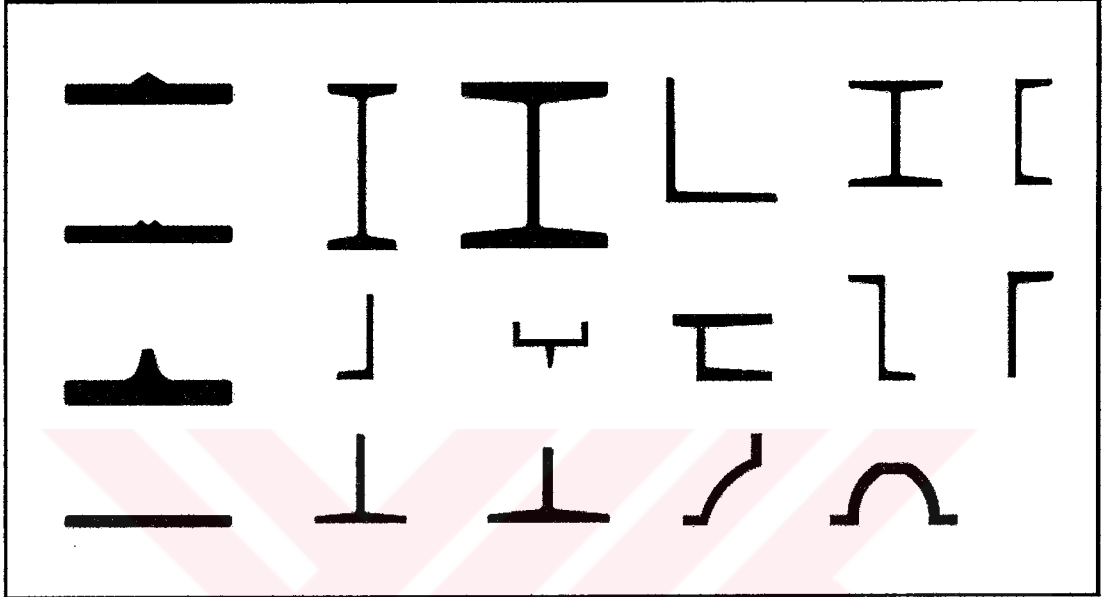
[profilleri: Yükseklikleri 8 ile 40 cm arasında değişir.

L profilleri (köşebentler): Değişken kol boyutlarına sahiptir.

└ profilleri: Yüksek gövdeli olursa yüksekleri 1.5 ile 14 cm arasında, geniş ayaklı olursa 6 ile 20 cm arasında değişir.

Kutu profiller: Büyük uzunluklarda üretilebilir, dikdörtgen kesitli ve içi boştur.

Boru profiller: Büyük uzunluklarda üretilebilir, daire kesitli ve içi boştur. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7. Çeşitli profil tipleri [1]

- Dikdörtgen Çelikler (Lama Çelikleri):

Yassı lama çelikleri: Boyları 8 ile 150 mm arasında kalınlıkları ise 3 ile 100 mm arasında değişir.

Geniş lama çelikleri (üniversal çelikler): boyları 150 ile 1200 mm arasında değişir ve kalınlıkları 5 mm'den fazladır.

İnce lama çelikleri: Boyları 10 ile 500 mm arasında kalınlıkları 0.75 ile 5 mm arasında değişir. [1]

- Levhalar:

Düz levhalar: Üç farklı şekilde olabilir. Kalınlığı 5 mm'den fazla levhalara kaba levhalar, kalınlıkları 3 ile 5 mm arasında olanlara orta levhalar ve kalınlıkları 3 mm'den küçük levhalara ise ince levhalar denir.

Kubbeli levhalar: Her iki doğrultuda kesitleri kemer şeklinde olan, sehimleri 1/8 ile 1/15 arasında değişen ve plandaki şekilleri serbest olan levhalardır.

Silindirik levhalar: Orta kısımları silindir, uç kısımları ise genellikle kubbeli ve sehimleri kubbeli levhalarla aynıdır.

Oluklu levhalar: Yassı oluklu ve giriş oluklu olmak üzere iki tipte üretilirler ve üretici firmaya göre çeşitli şekillerde olabilirler. Ayrıca büyük açıklıklar geçilmek istenirse giriş oluklu levhalar kullanılır. [1]

## **2.2. Çelik Yapı Sistemlerinin Avantajları**

Ülkemizde üniversitelerde bu yönde verilen eğitim yeterli olmasına rağmen, yapı ve taşıyıcı sistem tipi tercihi yapıldıktan sonra seçilen taşıyıcı sistem malzemesinde hala hatalar yapılmakta ve bunların faturası da can ve mal kaybı olarak geri dönmektedir. Bu nedenlerle, taşıyıcı sistemi oluşturması istenen taşıyıcı sistem malzemenin belirleyici özellikleri olan fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri dışında, ayrıca avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi gerekir. Bu sayede yapılması ön görülen yapıya en uygun taşıyıcı sistem malzemesi seçilebilir.

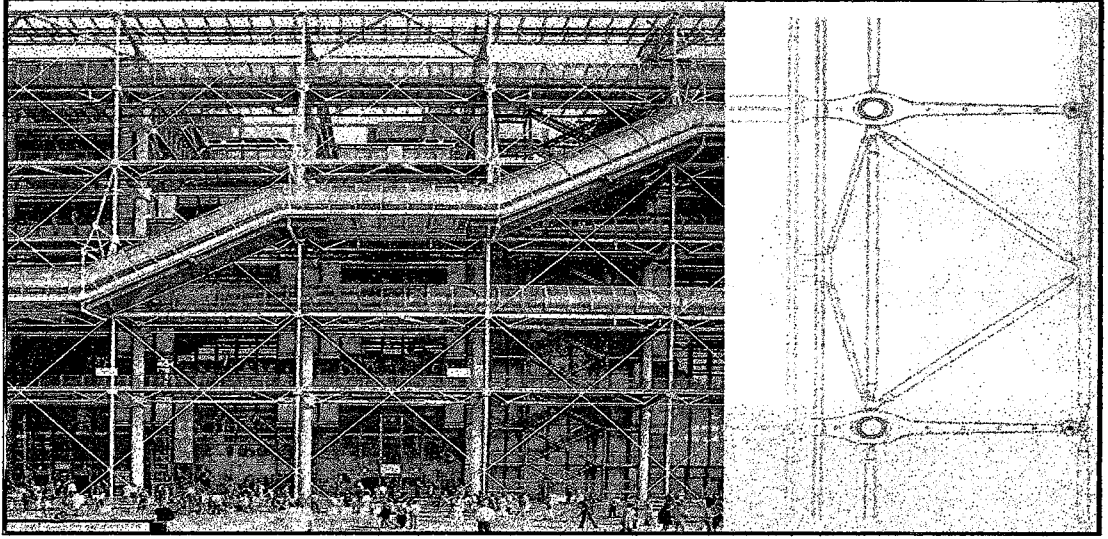
Bu çalışmada, avantajların daha iyi anlaşılması açısından çeliğin ve çelik yapı sistemlerinin avantajları, mimari açıdan avantajlar, taşıyıcılık açısından avantajlar ve uygulamaya dönük avantajlar olarak üç ana başlıkta ortaya konmuştur.

### **2.2.1. Mimari Açısından Avantajlar**

Çeliğin gerek malzeme olarak gerekse de taşıyıcı sistemlerde kullanılması sonucu mimaride oluşturduğu avantajları inceleneceği bu bölümde genel olarak, mimari özgürlük, narinlik ve kullanım esnekliği ve fonksiyonel değişikliklere uyum olmak üzere üç ana başlık ortaya konmuştur.

#### **• Mimari Özgürlük:**

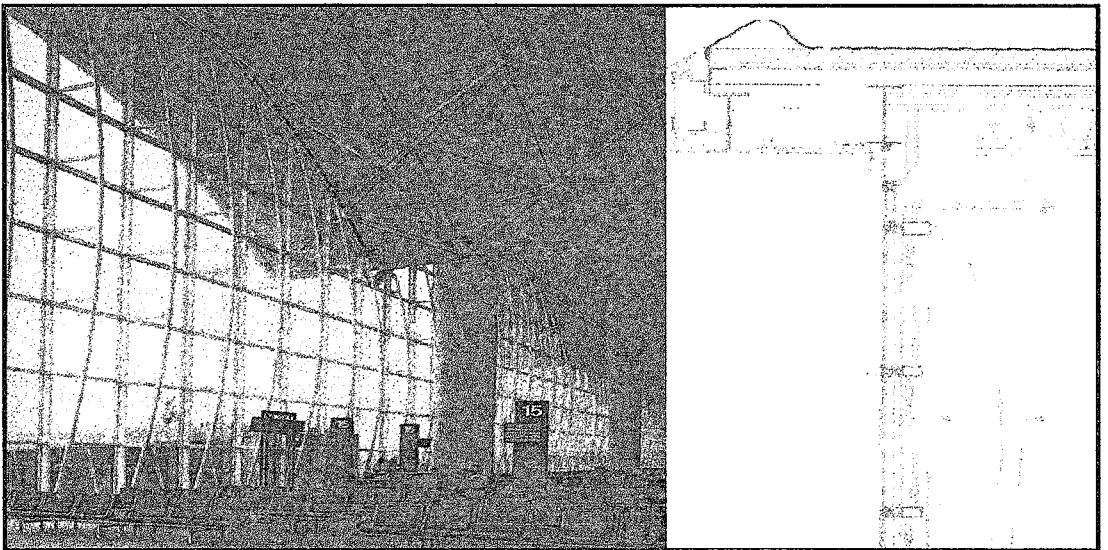
Çeliğin yapılarda kullanılması ile beraber, geçmişte olanaksız olarak düşünülen işlemler ve istenen yükün en az malzeme ile taşınmasını sağlayan elemanlarla, alışılmışın dışında taşıyıcı sistem kullanma olanağı ile mimarların artistik özgürlükleri genişlemiştir. Özellikle günümüzün gelişmiş bütünleyici elemanları ile bütünleşebilme olanağı sayesinde çelik yapılar tasarımcıya geniş olanaklar sağlarlar. CAD programlarının ilerlemesi, bilgisayar kontrollü üretim imkanları ve gelişmiş birleşim teknikleri sayesinde, çelik ile zengin formlar elde edilebilmektedir. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8. Mimaride özgürlük Pompidou Center (1977) - Renzo Piano [3]

- Narinlik:

Yapısal çeliğin yüksek dayanımı nedeniyle, öz ağırlığının taşıdığı yararlı yüke oranı oldukça küçüktür. Bundan dolayı kolon ve kiriş boyutları diğer taşıyıcı sistemlere oranla küçüktür. Bu sayede, yüksek yapılarda veya büyük açıklıklı yapılarda, betonarme yapılarda olduğu gibi geniş ve yüksek kirişlere gerek duyulmadan daha az kolon ile sistem oluşturulabilmektedir. Sayıları azalan kolonların boyutları da küçük olduğundan aynı inşaat alanına yapılan çelik çerçeveli binanın kullanım alanı betonarme çerçeveli binaya göre büyük olmaktadır. Kiriş gövdelerinden tesisat elemanlarının çok büyük bir kesimi geçirildiğinden kat yüksekliği düşük tutularak, saçak kotu düşük yerlerde daha fazla kat elde edilebilir. [3,7] (Şekil 2.9)



Şekil 2.9. Mimaride narinlik Hong Kong Havalalanı (1997) – Foster&Partners [5]

- **Kullanım Esnekliği ve Fonksiyonel Değişikliklere Uyum:**

Günümüzde, mimarlardan bir yapıyı tasarlarken beklenen önemli kriterlerden birisi yapının ilerde yapılabilecek çeşitli değişiklikler karşısında esnek olmasıdır. Bu sayede, gereksinimler doğrultusunda, özellikle fonksiyonelliğin önemli olduğu yapılarda mekansal değişiklikler yapılabilmektedir. Çelik yapıların betonarmeden yapılardan farklı olarak ekler yapılarak güçlendirilmesi veya gereken yerlerin güçlendirilmesi ile tamamı ile yapı tipi değiştirilebilir. (Şekil 2.10)



Şekil 2.10. Fonksiyonel değişikliklere uyum – Hollanda’da bir ofis binası [9]

### 2.2.2. Taşıyıcılık Açısından Avantajlar

Gerek malzeme olarak çelik, gerekse de çelik yapı sistemlerinin en önemli ve belirleyici avantajlarından olan taşıyıcılık açısından avantajları, bu bölümde üç ana başlıkta incelenecektir.

- **Hafiflik:**

Yapısal çeliğin kolon ve kiriş boyutlarının küçük olması nedeniyle, yapı ağırlığı da küçüktür. Bu özellik çelik yapıların betonarme yapılara oranla %50 daha hafif olmasını sağlar. Bu durumun doğal sonucu olarak, temel boyutları küçülür ve buna bağlı olarak, kazı miktarı azalır. Çok kötü zeminlerde bile yapı yapılabilir. Deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde dayanıklı bina yapma imkanı sağlar.

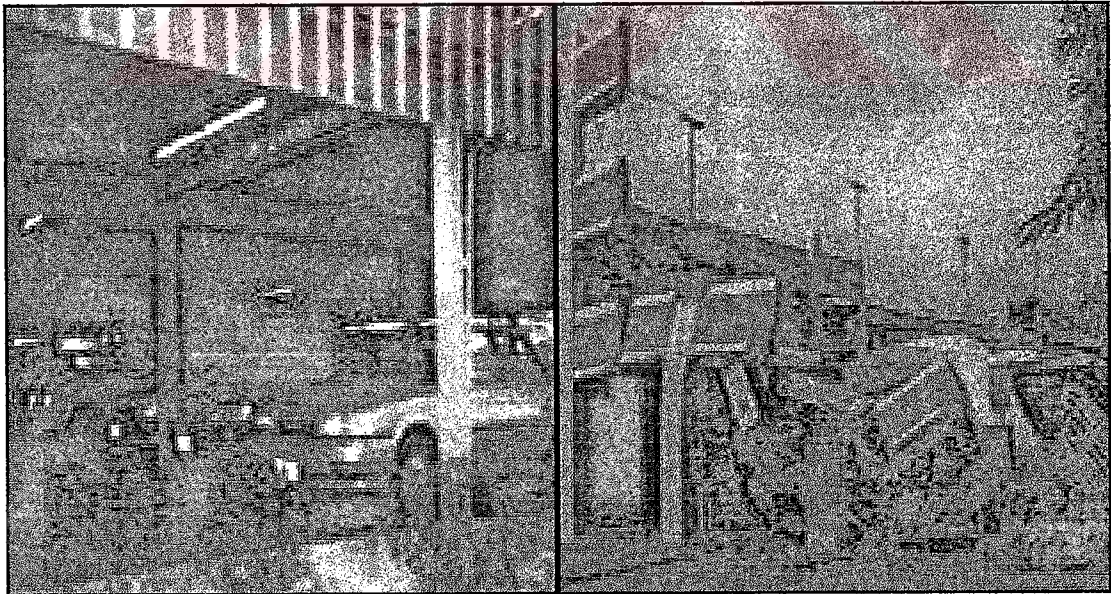
- **Sağlamlık ve Güvenilirlik:**

Homojen ve izotrop bir malzeme olan çelik standartize edilebilir. Bu sayede istenen özellikte çelik, kontrol altındaki üretim aşamasında mekanik özelliklerine müdahale edilerek elde edilebilir. Malzemenin sünek bir özelliğine sahip olması, dinamik yüklerin

bir kısmını yutmasını, bu sayede yapının taşıyıcılık fonksiyonunu sürdürmesini sağlar. Diğer malzemeler gibi zamana bağlı olarak dayanımında bir azalma görülmez. Burulma ve eğilme momentlerine karşı dayanımlı bir malzeme olan çelik, ayrıca birbirine yakın çekme ve basınç dayanımına sahiptir.

- Deprem Dayanımı:

Bilinen bir gerçek olarak, tasarım ve üretim süreci doğru yapılmış ve denetlenmiş her sistemle, taşıyıcı malzemesi ne olursa olsun deprem dayanıklı yapı yapılabilir. Bununla beraber, büyük depremlerin bize gösterdiği bir gerçek daha, çelik yapılar diğerlerine oranla can ve mal kayıplarının önlenmesinde üstünlüğünü göstermiştir. Yapısal çeliğin mühendislik açısından tüm özelliklerinin belli ve tutarlı olması daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Yapısal çelik, elastik olmayan sınıra kadar tekrarlayan yüklere karşı değişmeyen bir davranış gösterir. Bu tekrarlayan yüklere karşı kırılmama özelliği, yatay ve düşey yüklere karşı büyük deformasyonla dayanımı sağlar. Beton gibi kırılğan özellik taşıyan bir malzemeye oranla daha hassas olan çeliğin üretimi, fabrikalarda hassas bir şekilde yapılır ve basit montaj özelliği sayesinde risk diğer sistemlere oranla çok daha düşüktür. [10] (Şekil 2.11)



Şekil 2.11. Çelik ve betonarme iki yapının 1994 Northridge depreminden sonraki durumları

### 2.2.3. Uygulamaya Dönük Avantajlar

Çeliğin ve çelik yapı sistemlerinin, uygulama açısından avantajları, malzemenin doğasından gelen özelliklerin ve çelik yapılarda kullanılacak olan bileşen ve elemanların, inşaat yöntemlerine etkisine göre dört ana başlıkta incelenebilir.

- **Ekonomi:**

Çelik ve çelik yapı sistemleri, narin eleman boyutları ile daha geniş kullanım olanakları ve sıradışı taşıyıcı sistemlere uygunluk sağlarlar. Hafifliğin bir etkisi olarak, kazı ve temel boyutları küçülür ve kötü zeminlerde bile alınacak basit önlemlerle yapı üretilebilir. Prefabrik elemanlar olmasının avantajları ile, kalıp ve iskele gereksinimi duymazlar ve her türlü hava koşulunda montajları yapılabilir. Yapım ve kullanım sırasında kolaylıkla denetlenebilirler ve kısa yapım süreleri ile vasıfsız işçiler tarafından bile yapılabilirler. [9]

Bu özellikleri ile diğer yapı malzemeleri ile oluşturulan yapı sistemlerine göre oldukça üstün olan çelik yapı sistemleri, mimari tasarımlarının modüler olması, elemanlarının kolay taşınabilir olması, özel işlem gerektirecek elemanlardan kaçınılması ve elemanlar ve birleşimlerde tipleşme sağlanarak, üretim ve montajın hızlanması ile daha ekonomik hale gelebilir.

- **Kolay Denetim:**

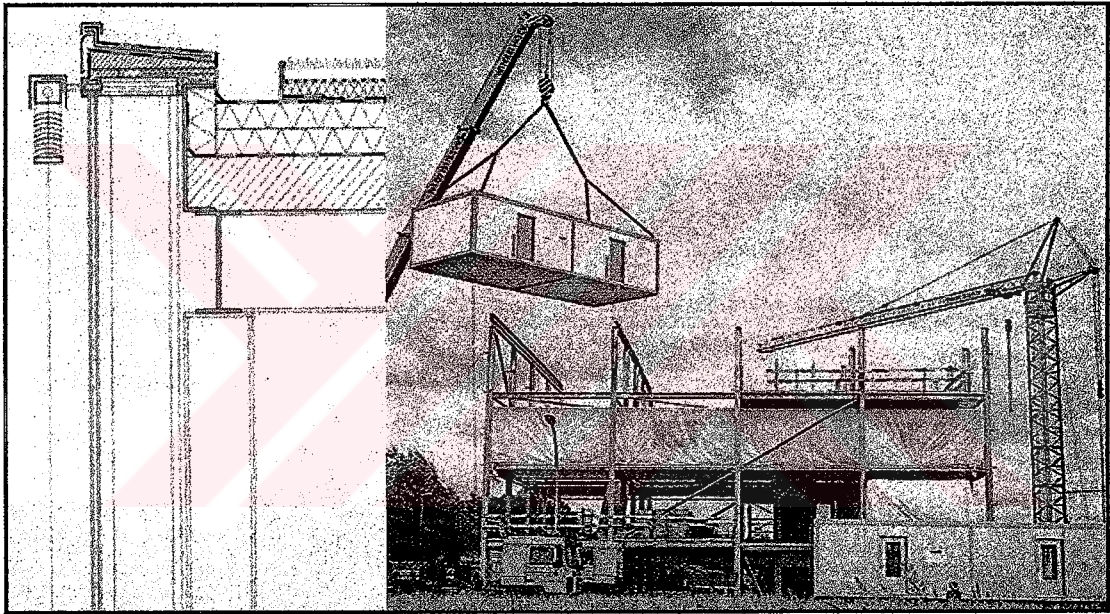
Çelik, üretimi sırasında sürekli denetlendiği gibi, bilgisayar kontrollü makineler ile prefabrik yapı elemanı haline getirildiği fabrikalarda da sürekli denetlenerek üretilir. Çelik yapıların, proje ve yönetmeliklere uygunluğu, beton içinde kalmadığı sürece, üretimin her aşamasında ve kullanım sırasında denetlenebilir bir özelliktedir. Bu özellikleri ile çelik yapı sistemlerinde yapılabilecek hatalar ve bunların doğuracağı kötü sonuçlar engellenebilir ve müdahale edilebilir hale gelir.

- **Hızlı Yapı Üretimi ve Prefabrikasyon:**

Günümüzde yapıların, en kısa sürede bitirilmesi ve mümkün olan en kısa sürede işletmeye açılıp, gelir getirmesi istenmektedir. Çelik yapı sistemlerini oluşturan elemanların, dış hava koşullarından bağımsız bir şekilde, fabrikalarda her türlü işleminden geçirilerek kısa sürede üretilmesi ve her türlü hava koşulunda, basit montaj teknikleri ile en kısa sürede yapılması, diğer malzemesi farklı yapı sistemlerine karşı

büyük bir üstünlük sağlanmasını sağlarlar. Yapısal çeliğin montajının tamamlandığı an tam yükte çalışmaya başlaması, diğer yapı elemanlarının montajına da hemen başlanmasına ile yapı üretim süreci kısalmıştır. [9]

Prefabrik bir sistemden beklenen, modüler tasarıma uygunluk, elemanların kolay taşınabilir olması, kolayca sökülebilmeye, taşıyıcı sistemden bağımsız bir şekilde tesisat döşenebilmesi, merdiven konumunun sınırlanmaması gibi özellikleri çelik yapı sistemleri tamamiyle karşılar. Ayrıca bu prefabrik yapıların montajında, en kötü hava koşullarında, büyük inşaat makinesi gerektirmeden, vasıfsız işçilerle, kısa sürede yapılabilme özellikleri açısından çelik yapılar diğer tüm yapı malzemesi ile oluşturulacak yapı sistemlere göre daha üstündür. (Şekil 2.12)



Şekil 2.12. Çelik yapılarda prefabrikasyon – Fellbach’da ofis binası – Dollmann&Partners [11]

- Geri Dönüşüm ve Güçlendirme:

Çeşitli nedenlerle kullanılmayacak duruma gelen betonarme yapıların taşıyıcı elemanlarının büyük oranda fire verilerek söküldüğü yada tamamen yıkıldığı düşünürsek, çok az fire ile sökülebilen çelik yapı elemanlarının, yeniden kullanılabilmesi, çelik yapıların en tartışılmaz özelliğidir. Başka bir yapıda değerlendiremeyen çelik yapı elemanları ise eritilerek ekonomiye tekrar kazandırılmaktadır. Birçok atık madde yeniden kullanımda, yine aynı alanda kullanılırken, çelik yapı elemanları ise, taşıtlardan, konserve kutusuna kadar birçok alanda kullanılabilir.

Bir yapının kullanım amacının değişmesi, hasar gören yapı elemanlarının güçlendirilmesi, merdiven ve asansör gibi ekler yapılması, geniş açıklıklar için kolon eksilmesi veya değişen deprem yönetmeliklerine göre yeniden uyarlama gereken durumlarda, yetersiz kalan betonarme yapı sistemleri için güçlendirme işlemi, çelik yapı elemanları, kısa sürede ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. (Şekil 2.13)



Şekil 2.13. Çelik yapılarda güçlendirme [9]

### 2.3. Çelik Yapı Sistemlerinin Dezavantajları

Çelik malzeme ile oluşturulan yapı sistemlerinin, diğer malzemelerle oluşturulan yapı sistemlerine göre avantajlarının çok fazla olmasına rağmen, çeliğinde bazı dezavantajları vardır. Bu dezavantajlar bazı durumlarda, yapı tipine bağlı olarak, yapı taşıyıcı sisteminde çeliğin kullanılmasını zorlaştırabilir ve bazı durumlarda genel konsept olarak çelik yapı mantığına ters düştüğü için yapı sisteminin başka malzemelerle oluşturulmasına bile neden olabilir.

Çelik yapı sistemlerinin dezavantajlarının daha iyi anlaşılabilmesi için, bu bölümde dezavantajlar, malzeme açısından ve uygulamaya dönük dezavantajlar olarak iki ana başlık ve bunlara bağlı alt başlıklarla incelenmiştir.

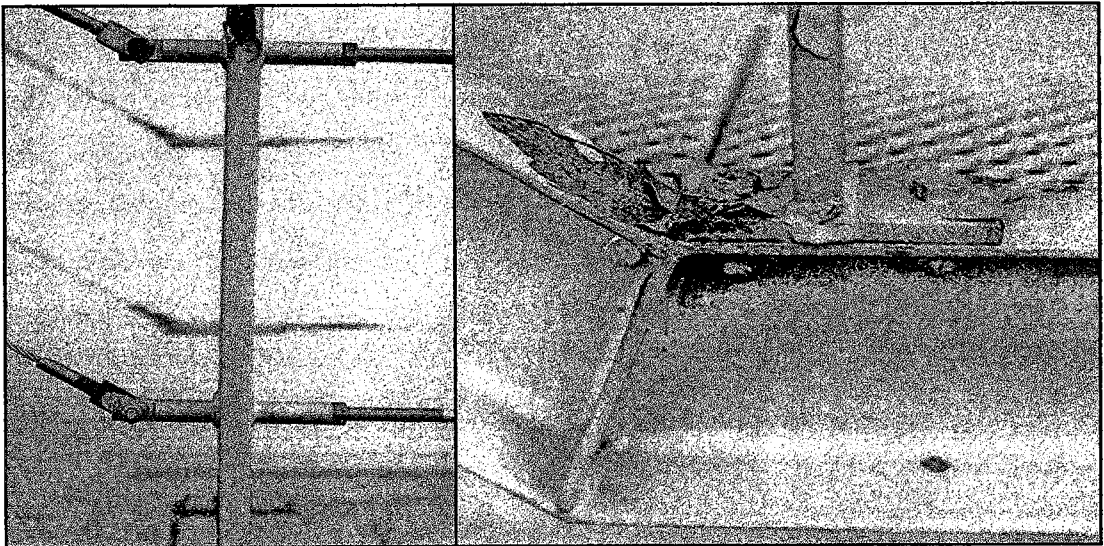
### 2.3.1. Malzeme Açısından Dezavantajlar

Malzeme olarak avantajlar bölümünde diğer malzemelere oranla çok büyük üstünlüklerini ortaya koyduğumuz çeliğin, doğasından gelen ve bazı durumlarda yapı tipine, yapının kullanım amacına göre ortaya çıkan dezavantajlarını üç başlıkta inceleyebiliriz.

- Korozyon:

Yapıda çeliği seçmiş olan işverenlerin, dış hava koşulları karşısında, çeliğin kısa sürede paslanacağı ve taşıyıcılığını yitireceği korkusu yanlış bir inanış olarak hala sürmektedir. Halbuki, korozyona karşı boya, galvaniz veya katodik kaplama ile bu sorun ortadan kaldırılabilmektedir.

Çelik, oksitlenme ve asit gibi kimyasal maddelerin neden olduğu, doğrudan korozyon ve dış ortamın etkisinde oluşan elektrokimyasal korozyon olmak üzere iki tip korozyona maruz kalmaktadır. Genel olarak, özel çelik kullanılmadığı durumlarda, astar ve üst kaplama olmak üzere korozyona karşı iki işlemden geçirilir. Bu işlemlerin sağlıklı, etkili ve ekonomik olması açısından, yapının kullanım amacı, maruz kalabileceği kimyasal maddelerin niteliği, yapının bulunduğu konum, ortam koşulları ve mekanik yüklerin büyüklükleri ve türlerinin bilinmesi gerekir. Boyama işlemi dışında, paslanmayı azaltıcı önlem olarak, daldırma ve elektrolit olmak üzere iki farklı tipte yapılan galvanizleme işlemi de çelik yapı elemanlarını uzun süreler boyunca korozyona karşı korur. Ayrıca, sadece çeliğin yangına karşı korunması için alınan önlemler bile korozyona karşı yüksek bir korunum sağlarlar. [3] (Şekil 2.14)



Şekil 2.14. Çeşitli çelik birleşimlerinde oluşan korozyonlar [8]

- **Yangın Dayanımı:**

Çeliğin, diğer yapı sistemlerini oluşturan malzemelere oranla yangından daha çok etkilendiği bilinmektedir. 400 C° yi aşan ısı etkisinde, taşıyıcı özelliğini yitiren çelik, daha yüksek ısılarda tüm mekanik özelliklerini de yitirir. Bu önemli dezavantajına rağmen, yangına karşı alınacak standart önlemler bile, çıkabilecek bir yangında kullanıcıların yapıyı terketmelerini sağlayacak kadar zaman kazandırır. (Şekil 2.15)



Şekil 2.15. Dünya Ticaret Merkezinde çıkan yangın sonucu kulelerin yıkılması

Yangına karşı alınacak standart önlemlerin dışında, yangın senaryolarının ve yönetmeliklerin ortaya koyduğu üzere çelik yapılar yangına karşı şu şekile korunabilir:

- 1.Özel alaşımli çelik veya içi su dolu kutu en kesit kullanılarak
- 2.Alüminyum-silikat, çimento vb karışımli maddeler püskürtülerek
- 3.Alçı, perlit vb palakalar veya tuğla ile kapatılarak
- 4.Bileşik kesitli olarak da tasarlanabilecek olan çelik yapı elemanlarının bir bölümünün yada tamamının betona içine alınarak
- 5.Yangına karşı 70 mm kalınlığa kadar hızla genişen özel ince boya ile boyanarak

Çelik elemanların yangına karşı korunması ile ilgili geliştirilmiş olan bu yöntemlerden bazılarına ait detayların gösterimi bu tez çalışmasının ilerki bölümlerinde işlenecektir. [4,8]

- Isı ve Ses İletkenliği:

Çelik, ısı ve ses iletkenliği açısından oldukça iletken bir malzemedir. Özellikle ısı iletkenliği nedeniyle, konforsuzluğa, enerji kaybına neden olabilecek olan ısı köprülerinin özel yalıtım malzemeleri ile ortadan kaldırılması gerekir. Betonarmeden çok farklı olmayan ses iletkenliği için, fonksiyon olarak özel önem taşıyan yapılarda, hem duvarlarda, hem de döşemelerde özel önlem alınması gerekir.

### 2.3.2. Uygulamaya Dönük Dezavantajlar

Uygulamaya dönük oldukça önemli avantajları olan çeliğin, birçoğu ülkemize özgü, özellikle projelendirme aşamasında ve üretiminde ortaya çıkan bazı avantajları vardır. Ülkemizde çok fazla önem verilmeyen veya göz ardı edilen bu dezavantajlar yapıların kullanım aşamalarında ve özellikle deprem karşısında kendini göstermektedir. Bu bölümde, çeliğin uygulamaya dönük dezavantajları, eleman azlığı, projelendirme süreci ve malzemenin üretimine dönük dezavantajlar olmak üzere üç başlıkta ortaya konmuştur.

- Projelendirme ve Uygulama Süreci:

Çelik yapılarda, uygulama sürecine ait her aşamanın titizlikle yapılması, ileride telafisi oldukça yüksek maliyet getiren sorunlarla karşılaşılmasını için oldukça önemlidir. Betonarme yapılardan farklı olarak, statik çözümlenmesi yapılmış olan çelik yapılarda, eleman boyutları belirlendikten sonra, birleşim noktalarına ait hesaplamalar ve bunların çizimleri uzun zaman almaktadır. Yurtdışında bu süreyi minimuma indirmek için kullanılan gelişmiş programların olmasına rağmen, maalesef ülkemizde bu konuda deneyimli elemanların çok az olması ve yönetmeliklerdeki farklılıklar nedeniyle bu programlar yaygınlaşmamaktadır.

Çelik yapı uygulamalarında öne çıkan sorunlardan bir başkası da, çelik yapı projelerini yapan elemanların, çelik yapı tasarımı ile ilgili olarak uzmanlaşmamış olduğu gerçeğidir. Bu durum, aynı şekilde şantiye sürecinde de devam etmektedir. Halbuki, bu konuda deneyimli mühendislerin elinden çıkan projelerin, yine aynı mühendislerin kontrolü altında yapının uygulama safhasında kontrolü ile bu sorun ortadan kaldırılabilir. Aktif deprem bölgesinde olan ülkemizde, oldukça önemli olan çelik yapıların yaygınlaşmasının önüne geçebilecek bu tehlikeli durum ancak bu şekilde ortadan kaldırılabilir. [9]

- Eleman Azlığı:

Çelik yapı tasarımı ve uygulamasının her aşamasında, aks aralıklarından, çaprazların konumuna ve hatta bağlantı detaylarına kadar, mimarlar ve mühendisler sağlıklı bir yapının ortaya çıkması açısından, beraber çalışmak zorundadırlar. Ülkemizde, çelik yapıların uygulama alanları, endüstri yapıları ile sınırlı kaldığından, deneyimli statik bürolarında sayısı çok azdır. Aynı zamanda, deneyimli olarak göze çarpan bu büroların, elinde bulunan yetmişmiş elemanlarının endüstri yapılarında elde etmiş oldukları deneyim, özel nitelikli veya çok katlı yapı tasarım ve uygulamalarında yeterli olmamaktadır.

Çelik yapı uygulamalarında da, inşaatları yönetecek ve yapıyı ortaya çıkaracak nitelikte, teknik eleman ve yüklenici sayısında çok azdır. Çelik yapıların uygulamasında uygulanan koordinasyon sistematığı, betonarme yapılardan farklı olmasına rağmen, ülkemizde aynı şekilde yapılmaktadır. Bu yanlış yaklaşım, yer yer milimetrik düzeyde hassas bir alt yapıya ihtiyaç olan çelik yapılarda büyük bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. [9]

- Malzemenin Üretimi:

Çelik yapılarda, çok fazla kullanılan I ve U gibi hadde profillerinin, kesitlerinin istenilen boyutlarda üretilmemesi veya gereken miktarlarda olmaması sık karşılaşılan bir problemdir. Bu probleme çözüm olarak üretilen en basit yöntem olan gereken kesite en yakın boyuttaki kesitin kullanılması durumu ise, %15 ve %20 gibi malzeme kaybına neden olmaktadır. Çeliğin malzeme olarak avantajları kullanılarak, istenilen kesiti elde etmek için güçlendirilmiş profil kullanımı ve yapma kesit kullanımı gibi bazı çözüm yolları ortaya konmuştur. [9]

1. Güçlendirilmiş profil kullanımı ile, bazı durumlarda yeterli olmayan profilin veya daha küçüğünün, başlıklarına veya gövdesine saç yada profil kaynatılmasıyla istenilen kesit elde edilebilir.

2. Yapma kesit kullanımı ile, büyük profillerin bulunamaması durumunda, levhalardan oluşturulan, dolu gövdeli I kesitler elde edilebilir. Ayrıca, I ve U kesitlerin çeşitli biçimlerde birleştirilmesi ile oluşturulan yapma kesitler de kolon ve kiril olarak kullanılabilir.

## 2.4. Türkiye’de Demir-Çelik Üretimi

Altyapısı 1930’lu yıllarda kurulan Türk demir çelik sektörü, 1980 yılında, yıllık 4.2 milyon ton ham çelik üretim kapasitesine ulaşmıştır. Türkiye’de demir-çelik üretimi, özellikle 1980 sonrası başlayan ihracat atağıyla belli bir ivme kazanmıştır. Aynı dönemlerde devam etmekte olan İran-İrak savaşı, bu ülkelerden büyük taleplerin gelmesine neden olmuş, ülkeler arasında yapılan takas antlaşmaları ile dış ticaretin yapılması kolaylaşmış ve bu konuda girişimciler teşvik edilmiştir. Bu sayede demir-çelik firmalarının dışa açılması kolaylaşmıştır. Bununla beraber bölgedeki politik durumlar nedeniyle firmalar ortadoğudaki bölgesel pazarlarını terkedip denizaşırı ülkelere yönelmişlerdir. Bu dönemde özellikle özel sektör ağırlıklı, uzun hadde mamülü üreten ark ocaklı çelik tesisi yatırımlarında yaşanan patlama ile yılda 5-6 milyon ton civarına çıkan üretim fazlalığının ihraç edilmesi zorunluluğu ve hızla değişen rekabet ortamının oluşmasını da yanında getirmiştir.

1980’lerin rekabet ortamına kadar, sıradan bir malzeme olarak beton çelikleri, teknolojik evrim ile birlikte inşaat ve demir-çelik sektörlerinde artan teknik gereksinimler, beton çeliklerinde yüksek dayanım, kaynaklanabilirlik, üstün süneklik gibi özelliklerin ortaya çıkmasına neden olmuş, standart ve kalite faktörleri önem kazanmıştır. Aynı dönemlerde Batı Avrupa ülkelerinde de, bu gelişmelere paralel olarak kaliteyi ön plana çıkaran yeni nesil standartlar hazırlanmış ve uygulamaya konmuştur. Ülkemizde de temeli rekabete dayalı serbest piyasa ekonomisinin şartlarının yaygınlaşması ile bu yönde çalışmalar hız kazanmıştır.

Mevcut durum itibariyle, Türk demir çelik sektörü, 14.3 milyon ton yıllık üretimi ve 7 milyon ton toplam ihracatı ile, gelişmekte olan ülkeler arasında, öncü role sahip bulunmaktadır. Türkiye’de her birinin yıllık kapasitesi 1.000.000 ton ile 3.000.000 ton arasında değişen üç adet entegre tesis ve kapasiteleri 400.000 ton ile 2.000.000 ton arasında değişen 15 adet elektrik ark ocaklı tesis bulunmaktadır.

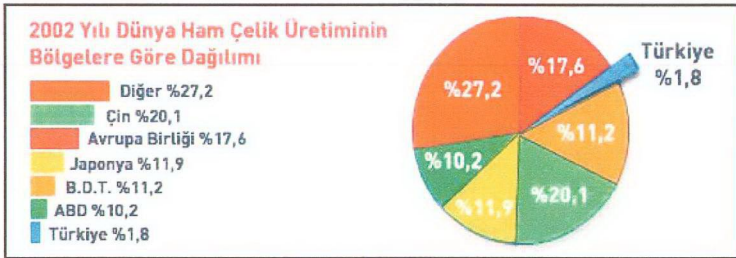
19.3 milyon tonluk ülke ham çelik kapasitesinin %33’üne tekabül eden 6.3 milyon tonu entegre tesislere, % 67’ye tekabül eden 12.9 milyon tonu ise 15 adet elektrik ark ocaklı tesislere aittir. Ülke ham çelik kapasitesinin, 3 milyon tonluk bölümü yassı ürünlere, 15.8 milyon tonu uzun ürünlere ve geriye kalan 440.000 tonu ise vasıflı çelik üretimine yöneliktir. Sektörün, yassı, uzun ve vasıflı çelik de dahil olmak üzere, 2000 yılı toplam ham çelik üretimi 14.3 milyon tondur. (Tablo 2.2)

Tablo 2.2. Türkiye’de yıllara göre ham çelik üretimi (Bin Ton)

	1997	1998	1999	2000	2001
Uzun Ürün	11.164	11.226	11.455	11.597	11.719
Yassı Ürün	2.711	2.545	2.611	2.388	2.963
Vasıflı Çelik	400	377	243	339	300
TOPLAM	14.275	14.148	14.309	14.324	14.982

2000 yılı toplam ham çelik kapasitesinin % 82'sini uzun ürün, % 16'sını yassı ürün ve % 2'sini vasıflı çelik oluşturmaktadır. Üretim yöntemi açısından, toplam üretimin % 37'si entegre tesisler ve % 63'ü ise, ark ocaklı tesisler tarafından gerçekleştirilmiştir. Çelik ürünlerinin toplam ülke ihracatındaki payı, 1981 yılında % 1.9 iken, 1999 yılında % 7.9'a çıkmış ve Türkiye çelik ithalatçısı ülke konumundan çelik ihracatçısı ülke konumuna yükselmiştir. Aynı zamanda, Türkiye'nin 1980 yılında % 0.6 olan Dünya çelik üretimi içindeki payı, 1999 yılında %1.7'ye ulaşmıştır. Ne var ki, 1999 yılında meydana gelen deprem ve Gayri Safi Milli Hasıladaki görülen % 6 oranındaki küçülmeden dolayı, kişi başına düşen tüketim, 200 kg. civarında kalmıştır. Buna karşılık, gelişmiş ülkelerde tüketim 400-500 kg. civarındadır. Türkiye'deki, uzun ürün üretim fazlasının ihraç edilmesi gereğinden kaynaklanan baskının ortadan kaldırılması için, kişi başına tüketim oranlarının artırılması gerekli görülmektedir.

Uluslararası Demir ve Çelik Enstitüsü (IISI) kaynaklarına göre, 2002 yılında dünya ham çelik üretimi 2001 yılına göre % 6,2 artarak 902,8 milyon tona yükselmiştir. Üretimde en fazla artış % 20,3 ile Çin'de kaydedilmiş; Türkiye ise % 10 artış ve 16,5 milyon ton ham çelik üretimi ile dünya sıralamasında 13.sraya yükselmiştir. (Şekil 2.16)



Şekil 2.16. Türkiye'nin dünya çelik üretimindeki yeri

Türk Demir-Çelik sektörünün, planlı dönemde ekonomik büyümenin beklenen seviyede gerçekleşmemesinden kaynaklanan, yapısal sorunları mevcuttur. Bunların başında, yassı ve uzun ürün dengesizliği gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde, toplam üretimin % 60'ı yassı ürünlere, % 40'ı ise uzun ürünlere yönelik iken, bu oran Türkiye'de % 80 uzun ürün, % 20 yassı ürün şeklindedir. Üretimdeki bu dengesiz yapılanmadan dolayı, Türkiye iç pazar talebine ek olarak, yaklaşık 5 milyon ton civarında uzun ürünü ihraç etmek, 4 milyon ton civarında yassı ürünü ise ithal etmek mecburiyetinde kalmaktadır.

Yassı ürün aleyhine olan bu durumun ortadan kaldırılabilmesi için, Demir-çelik sektöründeki uzun ve yassı ürün dengesizliğini ve yassı mamul arzındaki eksikliği giderebilmek amacıyla İsdemir 31 Ocak 2002'de Erdemir'e devredilmiştir. İsdemir'deki yassı mamül üretimi için gerekli olan yatırımların yaklaşık tutarının 700 milyon doları bulacağı ve sözkonusu yatırımlara, devir sözleşmesinden itibaren en geç 18 ay içinde başlanması ve 5 yıl sonra da bitirilmesi planlanmaktadır.

Demir-çelik sektöründeki bu gelişmeler ve çözüm arayışlarının bir yansıması da, çelik yapı tasarımlarında aranan ilk koşul olan, her şekil ve her boyutta profil kesiti bulunması şansını da ortaya çıkarmıştır. Genel olarak aranan bu kesitlerin büyük bir kısmı sıcak haddelenmiş "I" ve "H" profillerdir. Bugün bu tür profiller için 80 mm'den 1100 mm yüksekliğe kadar 500'den fazla standart kesit vardır. Uygulamada tasarımcılar 1200 kadar profil içinden seçim yapabilir hale gelmişlerdir. Bunlara köşebent, boru, soğuk şekillendirilmiş profil ve saçları da eklersek tasarımının önündeki seçim olanaklarının zenginliğini de görmüş oluruz.

Çelik profiller üretim sırasında 8 ile 24 metre arasında istenen her boyutta kesilebilir hale gelmiştir bu durumda malzemenin kaybı minimuma indirmektedir. Ayrıca özel uygulamalar için 45 metre boyuna kadar eksiksiz profil sağlamak mümkündür. Üretimler artık tamamen bilgisayar destekli yapıldığı için, boy kesiminin yanı sıra hadde hatlarının arkasına eklenen birimlerle sayısal kontrollü hatlarda delik delme, bükme, ters sehim verme gibi işlemlerde otomatik olarak yapılmaktadır. Aynı şekilde saçma püskürtülerek yüzey temizleme, astar koruyucu boya uygulamaları da çelik üreticilerinin profile yönelik olarak verebilecekleri servisler arasına girmiştir.

Çelik üreticilerinin tasarımcılara uygun kesit ve kalitelerin seçimi, tasarım yöntem ve ayrıntıları konusunda yardımcı olacak, bilgilendirecek, destekleyecek ve eksikleri tamamlayıcı görevler üstlenecek teknik destek bölümleri de vardır. Çelik üretimindeki gelişmelere koşut olarak çelik işletme teknikleri de daha hassas, hızlı ve kolay hale gelmiştir. Bu çelik kalitelerinin işlenebilirlik özelliklerindeki iyileşmelerin katkısı büyüktür. Ülkemizde de bu tür tesis ve makineler eksiksiz olarak mevcuttur.

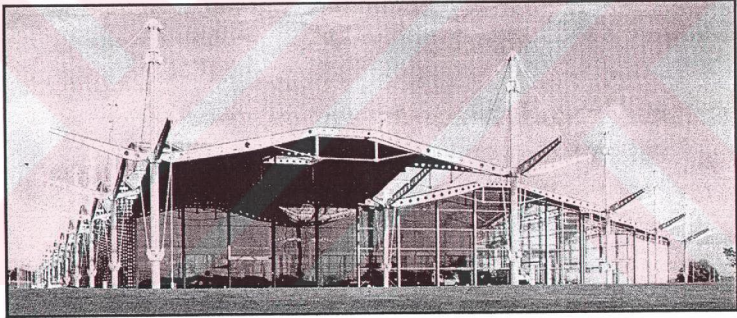
Günümüz tasarımlarında yaygın olarak kullanılan normal ( $240 \text{ N/mm}^2$ ) ve yüksek ( $355 \text{ N/mm}^2$ ) akma dayanımında olan çeliklerin yerini önümüzdeki beş yılda  $355-990 \text{ N/mm}^2$  akma dayanımlı kaliteler alacaktır. Böylece çeliğin rekabet edebilirlik ve hafiflik üstünlükleri yeni aşamalar yaşayacaktır. [12, 13]

## **2.5. Bölüm Sonucu**

Çelik doğasından gelen özellikleriyle, yüksek mukavemetli, hafif ve ideal bir taşıyıcı sistem malzemesi olarak diğer malzemelerin önüne geçmektedir. Ayrıca malzemesi çelik olan taşıyıcı sistemlerin avantajlarının dezavantajlarına göre çok fazla olması, dezavantajlarının ise basit çözümlerle ortadan kaldırılması ve çelik taşıyıcı sistemlerin yapılara getirdiği üstünlükler tartışılmazdır. Ayrıca 1980'lerden itibaren demir-çelik üretiminde ve çelik profillerdeki çeşitlilik artışı vardır. Bu bölümün devamı olarak gelecek bölümde, çelik yapı elemanları geniş bir şekilde incelenecektir.

### 3. ÇELİK BİR YAPIYI OLUŞTURAN BİLEŞENLER ve ELEMENLAR

Bir yapının taşınması, insanlığın ilk günlerinden itibaren her zaman çözüm arayan bir problemdir. Teknolojinin ilerlemesi ve buna paralel olarak gelişen yapı malzemeleri bir yapının taşınması veya büyük açıklıkların geçilmesinde kullanılan taşıyıcı sistemlerde gelişmiştir. Her malzeme kendi özellikleri ile bir yapının taşınmasında etkili olur. Ayrıca malzemeyi tek başına kullanmak yerine o malzeme ile oluşturulacak sistemlerle, malzemenin taşıyıcı gücü veya açıklık geçme kabiliyeti artırılabilir. İnkâr edilemez bir gerçek ise, bir yapının taşıyıcı sistemindeki kusursuzluk, o yapının güzel olması için vazgeçilmezlerden birisidir. (Şekil 3.1)



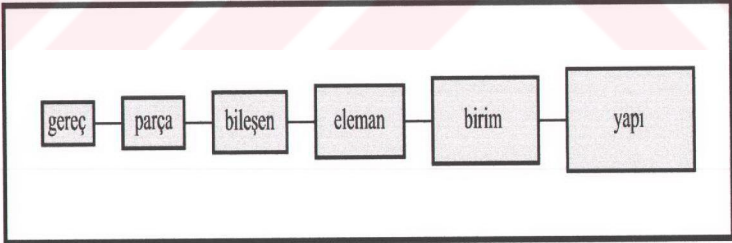
Şekil 3.1. The Renault Center, Foster Asoc., Swindon, 1968 [8]

Bir yapı tasarlanırken, taşıyıcı sistem malzemesi seçiminde birinci derecede önemli olan yapı türüdür. Her taşıyıcı sistem malzemesini, her yapı türünde en verimli şekilde kullanmamız mümkün değildir. Ayrıca her taşıyıcı sistem malzemesinin, istenilen mimari etkileri vermesi mümkün değildir. Mimari etki konusunda, plastik ve kütsel bir etki arayışının karşılığını bize veren betonarmenin çeliğe üstünlüğü nasıl tartışılmazsa, çok yüksek bir yapı veya büyük açıklıklı bir yapı tasarımı da çeliğin, betonarmeye üstünlüğü tartışılmaz. Bu doğrultuda taşıyıcı sistem malzemesinin seçiminde neden çelik yapı sorusunun cevabı, tercihler ve yapı tipi gibi iki ana faktörün birbirleri ile ilişkisi sonucu ortaya çıkmaktadır. (Tablo 3.1)

Tablo 3.1. Yapı tipleri ve tercihlere ait tablo [15]

	hafiflik	mukavemet	çekme mukavemeti	süneklik	takviye olanağı	yüksek elastisite	yapım hızı	sökülebilme	tam yükte çalışabilme
çok katlı yapılar									
endüstri yapıları									
köprüler									
büyük açıklıklı yapılar									
portatif yapılar									
zemini zayıf yapılar									
taşıyıcı sistemi özel yapılar									
hızlı inşaat gerektiren yapılar									
deprem bölgelerindeki yapılar									

Bir yapının taşıyıcı sisteminden önce ise, bir yapının amaca yönelik işlevsel ve fiziksel biçimlenmesinin ortaya konması gerekir. (Şekil 3.2) Bu sayede bir yapının nasıl ortaya çıktığı ve nasıl bir sırayla yapı bütününe ulaşılabilirdiği anlaşılabilir. Yapıyı işlevsel ve fiziksel olarak biçimlenmesini şu şekilde sıralanabilir:



Şekil 3.2. Yapının amaca yönelik işlevsel ve fiziksel biçimlenmesi [16]

**Gereç:** Yararlı bir madde oluşturmak için kullanılması gereken nesnelere. (taş, ahşap, çelik vb.)

**Parça:** Yeni bir fizik ortamındaki özel bir işlev için, gereçlerin özel biçimlenmesi sonunda türeyen kütlelerdir. (çubuk, boru vb.)

**Bileşen:** Gereç ve parçaların birleştirilmesi yada özel biçimi sonucu, yapı bütünü içinde bir yeri ve işlevi olan özel gereç kümeleridir. (kapı, pencere vb.)

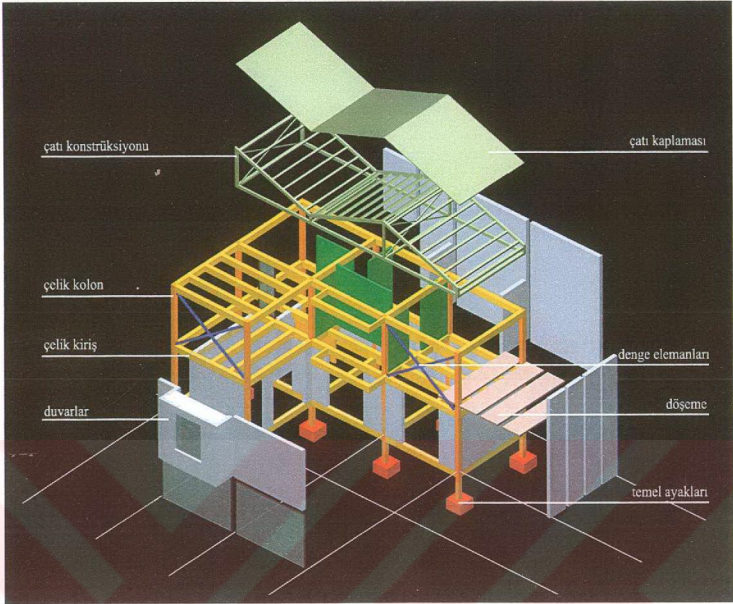
**Eleman:** Gereç, parça ve bileşenlerin bir araya getirilerek, belirgin bir amaca yönelik olarak biçimlendirilmesi sonucu yapının işlevlerinden bir yada birkaçını fiziksel olarak karşılayan bütündür. (düşey yapı öğeleri vb.)

**Birim:** Elemanların birleştirilmesi ve biçimlenmesiyle oluşan, yalnız başına yapının asal işlevi olan kullanımı yerine getiren yapı bölümleridir. (oda, banyo vb.)

Çelik yapıda genel olarak amaca yönelik işlevsel ve fiziksel biçimlenme kriterlerine göre ortaya çıkar. Birçok farklı amaca hizmete eden çelik parçalar ve bunlara ait bütünlüyci elemanların birleşimlerinden oluşmaktadır. Bu yüzden çelik yapı elemanlarını tek tek incelemeden önce basit olarak, taşıyıcı sistem elemanları ve kabuk elemanları olarak iki ayrı kısımda inceleyebiliriz. [16]

Taşıyıcı sistem elemanları daha önce ortaya konduğu gibi çelik yapıda sistemin ana elemanlarıdır. Boyutlarının küçük olması ve hafifliklerine rağmen yüksek taşıma kapasiteli narin ve sıcak çekme çelik profillerden oluşmaktadır. Ayrıca sınırlı tipte olmalarına rağmen çeşitli şekillerde birleştirilerek birçok farklı düzenleme yapılmasına olanak sağlarlar. Bu sayede oluşan birleşik veya kompozit sistemlerle taşıyıcı çelik yapı elemanlarının, taşıma gücü oldukça yüksek seviyeye çıkar. Karma sistemleri, toprağın altında kalan betonarme kısımları ve özellikle stabilitenin sağlanması için bazı durumlarda kullanılan betonarme perde veya çekirdekleri hariç tutarsak çelik yapının taşıyıcı elemanları, kolonlar, kirişler, denge elemanları ve döşemelerdir.

Kabuk elemanları olarak bahsettiğimiz ve çelik iskelet sistemlerin bütünlüyci elemanları olarak ortaya çıkan ve toprağın altındaki kısımlar hariç sistemi tamamlayan elemanlar ise çatı örtüleri ve duvarlardır. Bu elemanlar tamamen çelik ürünleri ile oluşturulabileceği gibi, hem çelik hemde başka malzemelerin kullanılmasıyla da oluşturulabilir. Bu anlatılanlar doğrultusunda basit olarak çelik iskelet bir yapının genel şeması ortaya çıkar. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. Çelik bir yapının genel şeması [17]

### 3.1. Çelik Yapılarda Taşıyıcı Sistem Elemanları

Çelik iskelet bir yapının tercih edilme nedenleri doğrultusunda, fonksiyonel özellikleri gözardı edilirse eğer, taşıyıcı sistem elemanları ve bunların birbirleri ile ilişkileri doğru bir şekilde ortaya konmalıdır. Yapı malzemesi olarak kullanılan çelikle bir çok profil üretmenin mümkün olduğu ve bunun bir sonucu olarak oluşturulabilecek birleşimlerin ve bunlara ait düğüm noktalarının sayısı düşünülünce, bu elemanların taşıyıcılığını etkileyen kriterlerin ve yapı içinde karşılaşılabilecek problemlerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Problemlerin sayısı her elemana veya birleşime göre değişmekle beraber çelik iskelet yapıda taşıyıcı sistemde, taşıyıcılık, rijitlik, süneklik ve boyut belirleyici olan dört ana kriterdir. Bu dört ana kriter doğrultusunda, özellikle kolon, kiriş, temel ve döşemeler olmak üzere belirleyici dört eleman ele alınırsa oluşacak bunlara ve bunların birleşimlerine ait bazı ana problemler ve bunların yukardaki dört ana kriterle ilişkileri ortaya çıkar. (Tablo 3.2)

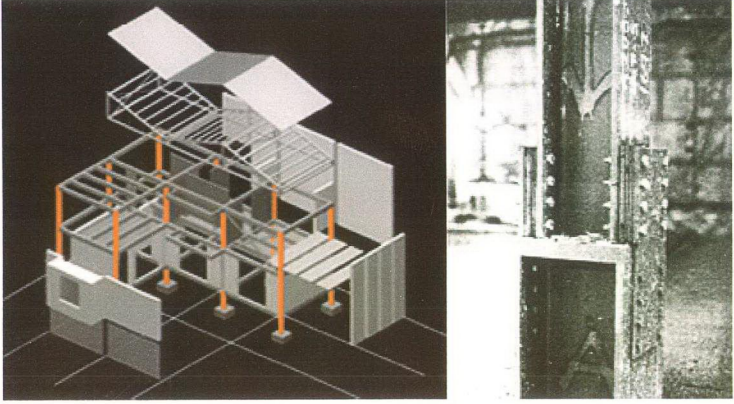
Tablo 3.2. Çelik yapı taşıyıcı elemanlarına ait problemler [18]

	oluşan problemler	taşıyıcılık	rijitlik	süneklik	boyut
kolonlar	yatay kuvvetlerin oluşturduğu momentlere dayanım				
	profil boyutlarının yetersizliği				
	profil kesitlerin alt katlara inildikçe artması				
	kolonlarda oluşacak yan burulmalar				
	profil kesitlerinin birleştirilmesi				
kirişler	kirişlerde oluşacak yanal burkulmalar				
	kesme kuvvetlerine karşı dayanım				
	sistemin eğilmeye karşı çalışması				
	geçilecek açıklığın büyük olması				
	paralel kirişlerde dönme ve ayrılma				
	mesnet reaksiyon kuvvetlerinin aktarılması				
	kiriş-kirişe birleşimlerde olası yapı hasarları				
	moment devamlılığının sağlanması				
	kirişten gelen yüklerin kolon aktarılması				
kirişin kolona ilettiği noktasal yüklerin yaratacağı deformasyon					
temeller	kolondan gelen yüklerin temele aktarılması				
	temel üzerinde kolonun düşeyliğinin sağlanması				
	temel ayağının yatay kuvvetler karşısında dönebilmesi				
döşemeler	döşemenin geçeceği alanın boyutu				
	tesisat kanalları nedeniyle döşeme kesitinin artması				
	düşey yüklerin sisteme aktarılması				

Çelik iskelet yapılarda elemanlar, problemler ve ortaya konan kriterler doğrultusunda ortaya çıkan bu tabloya göre de bu problemlerin çözümü için, elemanların ne olduğunun, birbirleri ile ilişkilerinin ve ortaya çıkan detayların anlaşılması gerekir.

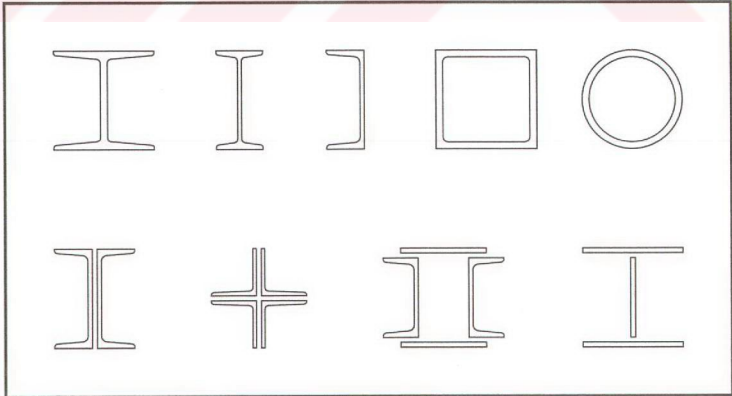
### 3.1.1. Kolonlar

Çelik iskelet yapılarda kolonlar, döşeme ve kirişlerden gelen yükleri zemine aktarmakla görevli düşey taşıyıcı elemanlardır. Yapının düşey kesitindeki durumlarına göre kendi düşey aksında tepki veren strüktürel basınç elemanları olan kolonlar, çeşitli şekillerde yüklerini zemine aktarırlar. Genellikle kendi düşey akslarında, ekstenel basınca çalışan kolonlar ayrıca eksantrik basınca da çalışabilirler. Özel durumlar dışında, kirişlerin kesişme noktalarına yerleştirilen, basınca ve çoğu durumda eğilmeye çalışan kolonlar, her türlü planlama ızgarasında, iç bölmeler için bağlantı sağlarlar. (Şekil 3.4)



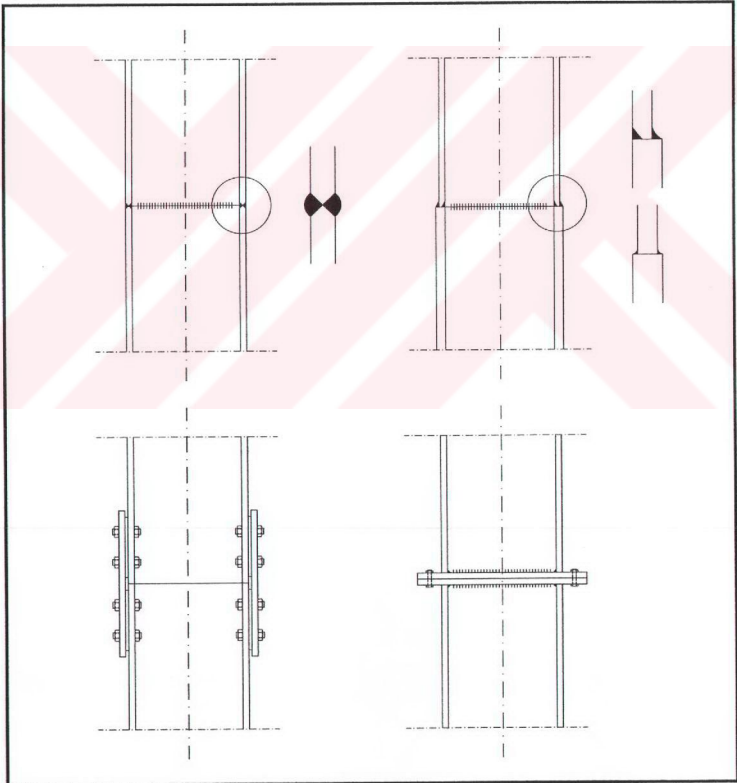
Şekil 3.4. Çelik yapılarda kolonlar

Çelik iskelet yapılarda, kolonlar çeşitli kesitlerde olabilir. Genellikle az katlı yapılarda yeterli olduğu takdirde tek bir I profili ile kolonlar oluşturulabilir. Yüklere ve mimari tasarıma göre çeşitli boyutlarda ve kesitlerde olabilen kolonlar, farklı kesitte profillerin birleştirilmesi veya yapma profillerle oluşturulabilir. Bu tip kolonların oluşturulmasında, rüzgar ve deprem yükleri gibi faktörler belirleyici olur. Döşeme ve kolonun birleşme noktalarının sorunlu olduğu durumlarda tercih edilmemesine rağmen aksel basınç ve çekme altında üstün statik özellikleri olan dikdörtgen veya yuvarlak kesitli boşluklu profillerde kolon olarak kullanılmaktadır. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5. Çelik yapılarda kullanılan kolon tiplerine örnekler

Çelik yapı elemanlarının yüksek mukavemetine rağmen üst katlara çıkıldıkça, çelik kolonlarda ek yapma ihtiyacı duyulur. Kolon profilinin kesitine ve kat yüksekliğine bağlı olarak iki yada üç katta bir bu ekler yapılır. Kolon profilleri hesaplama ve projelendirme aşamasında en fazla yük alan kata göre boyutlandırılır. Bu boyutlandırılmış kattan itibaren gelen yük açısından daha küçük bir profille bile taşıyıcılık sağlansa bile yine de aynı profil boyutu kullanılır. Ayrıca profilleri boyutlandırırken bir tercih edilen bir başka yöntem ise, en az yük alan kata göre aşağı katlara inildikçe, profil boyutunun büyütülmesi, çeşitli ilave parçalar ve takviyelerle gereken taşıyıcılığın sağlanmasıdır. Ek yerlerinin oluşturulurken, bulonlu ve kaynaklı birleşimlerle kullanılır. Ek yerleri genellikle, döşeme kirişlerinin 30 ile 50 cm kadar üstünde yapılır. (Şekil 3.6)

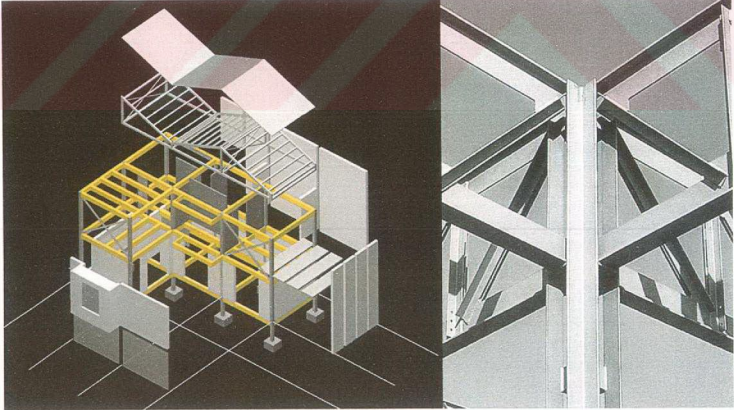


Şekil 3.6. Kolon-kolona birleşim detayları [5, 19]

Çelik iskelet yapılarında kolonlar birbirlerine eklenirken tam ek yöntemi veya temas ek yöntemi kullanılarak bu ekleme işlemi yapılabilir. Tam ek yönteminde, üst üste bindirilmiş kolonların alt ve üst yüzeyleri birbirlerine ne kadar değse bile kuvvet aktarımı olmadığı kabul edilir ve bu yüzden altta kalan profilde kullanılan birleştirici levhaların en kesitlerinin, üstte kalan profilden az olmaması gerekir. Temas ek yönteminde ise, kolona gelen yük merkezinin basınç yükü ve ek yerlerinin burkulma uzunluğunun dörtte birlik kısmında olduğu kabul edilir. Ayrıca kolon profilleri uç en kesitlerinin tam temas edeceği ve tek parçalı kolonlarda uygulanan bir sistemdir. [1,4,19]

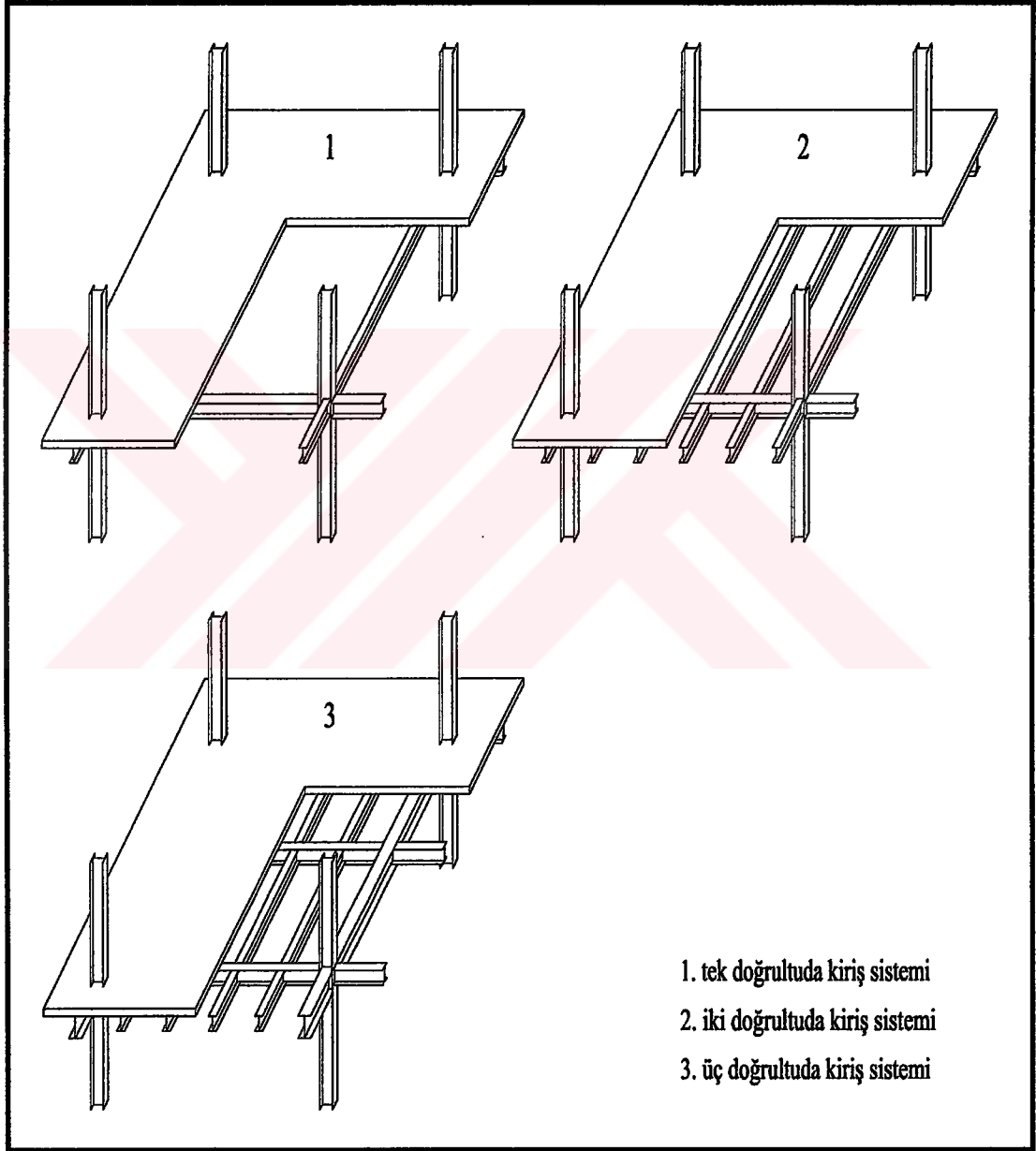
### 3.1.2. Kirişler

Çelik iskelet yapılarında, döşeme sistemini taşıyan ve döşemeden gelen yüklerin kolonlara aktarılmasını sağlayan ve eğilmeye karşı iyi bir dayanım gösterecek şekilde uzun ve yatay taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanılan kirişler, genellikle rijit çerçeveye bağlıdır. Kolonlarda olduğu gibi, kirişlerde çeşitli kesitlerdeki profillerin kullanılmasıyla oluşturulabilir. Genellikle az katlı yapılarda özel durumlar haricinde I profiller kirişlemede tercih edilirken, yine statik hesaplar doğrultusunda yapma profil kullanma yoluna da gidilebilir. (Şekil 3.7)



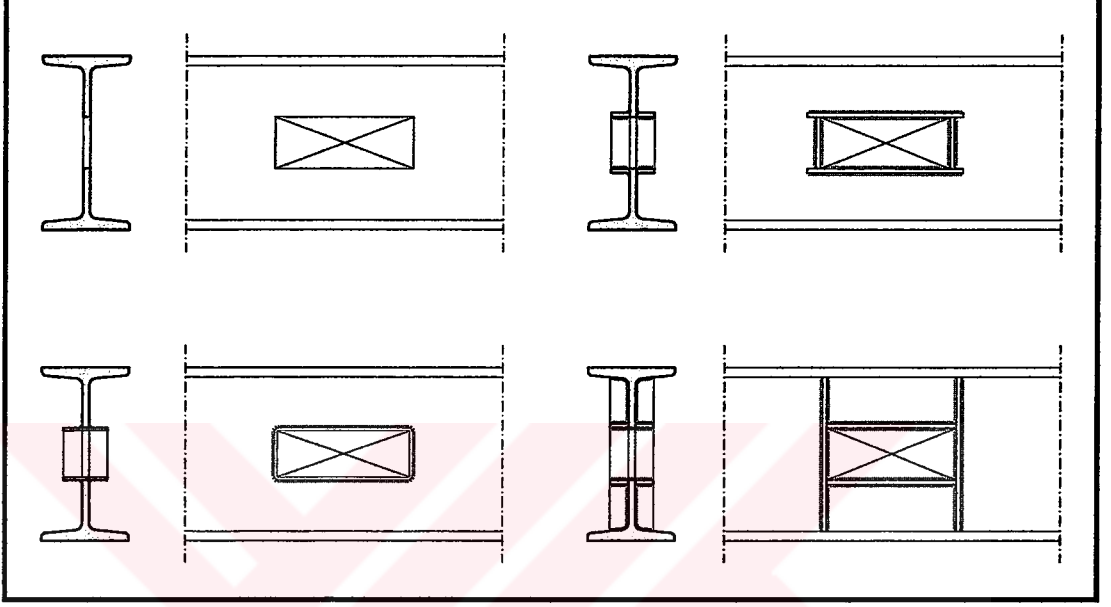
Şekil 3.7. Çelik yapılarda kirişler

Çelik iskelet sistemlerde kirişler birbirleriyle kullanım yerleri, nedenleri ve geçilecek açıklık nedeniyle, yapı taşıyıcı sistemi içinde tek doğrultuda, iki doğrultuda veya üç doğrultuda düzenlenebilirler. Özellikle, eğilme kuvvetlerine karşı dayanıklı olmaları nedeniyle, taşıdıkları döşemenin geçeceği mesafe, kirişlerin farklı doğrutularda oluşturulmasını gerektirir. [20] (Şekil 3.8)



Şekil 3.8. Çelik yapılarda kullanılan kiriş sistemleri [20]

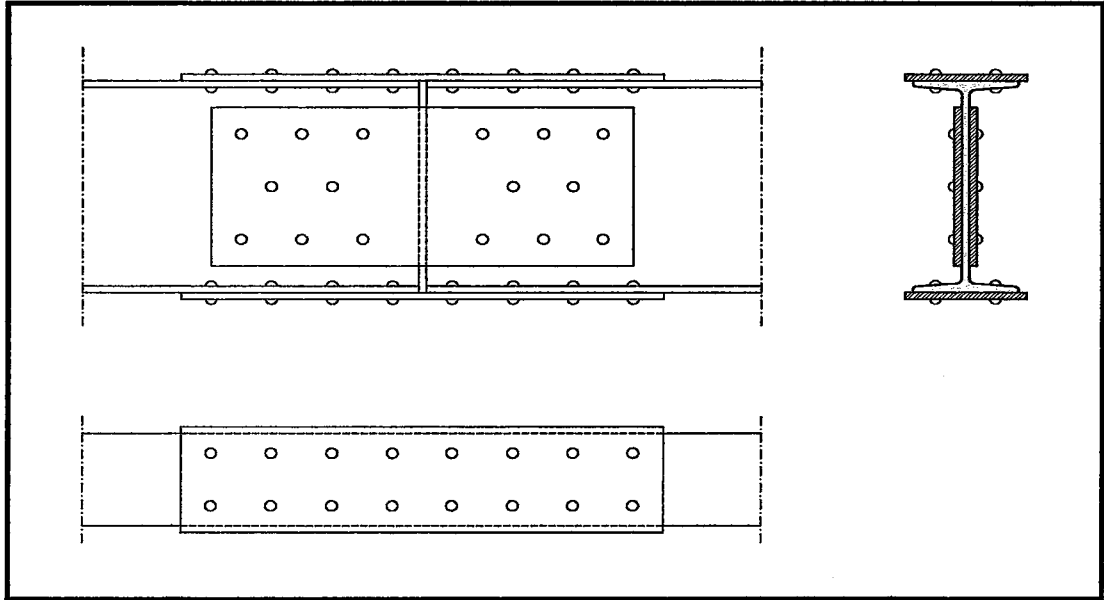
Çelik iskelet yapılarda özellikle yüksek yapılarda, kat yüksekliğinin korunması amacıyla, çelik kirişler üzerinde boru ve tesisat geçirilmesi için çeşitli boşluklar açılabilir. Açılan boşluğun boyutuna göre, taşıyıcılığın kaybolmaması için çelik kirişte sağlamlaştırma yapılır. [19] (Şekil 3.9)



Şekil 3.9. Çelik kirişlerde açılacak tesisat boşlukları [19]

### 3.1.2.1. Kiriş-Kiriş Birleşimlerine Ait Detaylar

Çelik iskelet yapılarda gerekli hesaplar yapıldıktan sonra ortaya çıkan en önemli sorunlardan birisi, kiriş-kiriş birleşimlerinin düzenlenmesidir. Dolu gövdeli olarak üretilen ve bir doğrultuda sürekliliğin sağlanması gereken kiriş-kiriş birleşimlerinde ek yerleri ve bunların nasıl birleştirileceği önemli bir problemdir. Genellikle, sistemde bırakılmış olan tolerans paylarının ve ek lamalarının iki kiriş arasında harekete sebep olması ve bu nedenlerden dolayı yapı hasarlarının oluşması yüzünden bu tip birleşimlerde perçin tercih edilir. Perçin imkanı olmayan durumlarda uygun bulon kullanıyla da birleştirme yapılabilir. Birleşim esnasında, her iki kirişinde gövdelerinin ve başlıklarının her iki tarafında ek birleşim lamaları konur. Ek yerleri yapılan yerlerde mümkün olduğunca yapı hasarlarının oluşmaması için momentin az olduğu yerler tercih edilmelidir. Ayrıca profillerin ve eklerin ağırlık merkezlerinde mümkün olduğunca üst üste getirilmesine dikkat edilmelidir. [21] (Şekil 3.10)

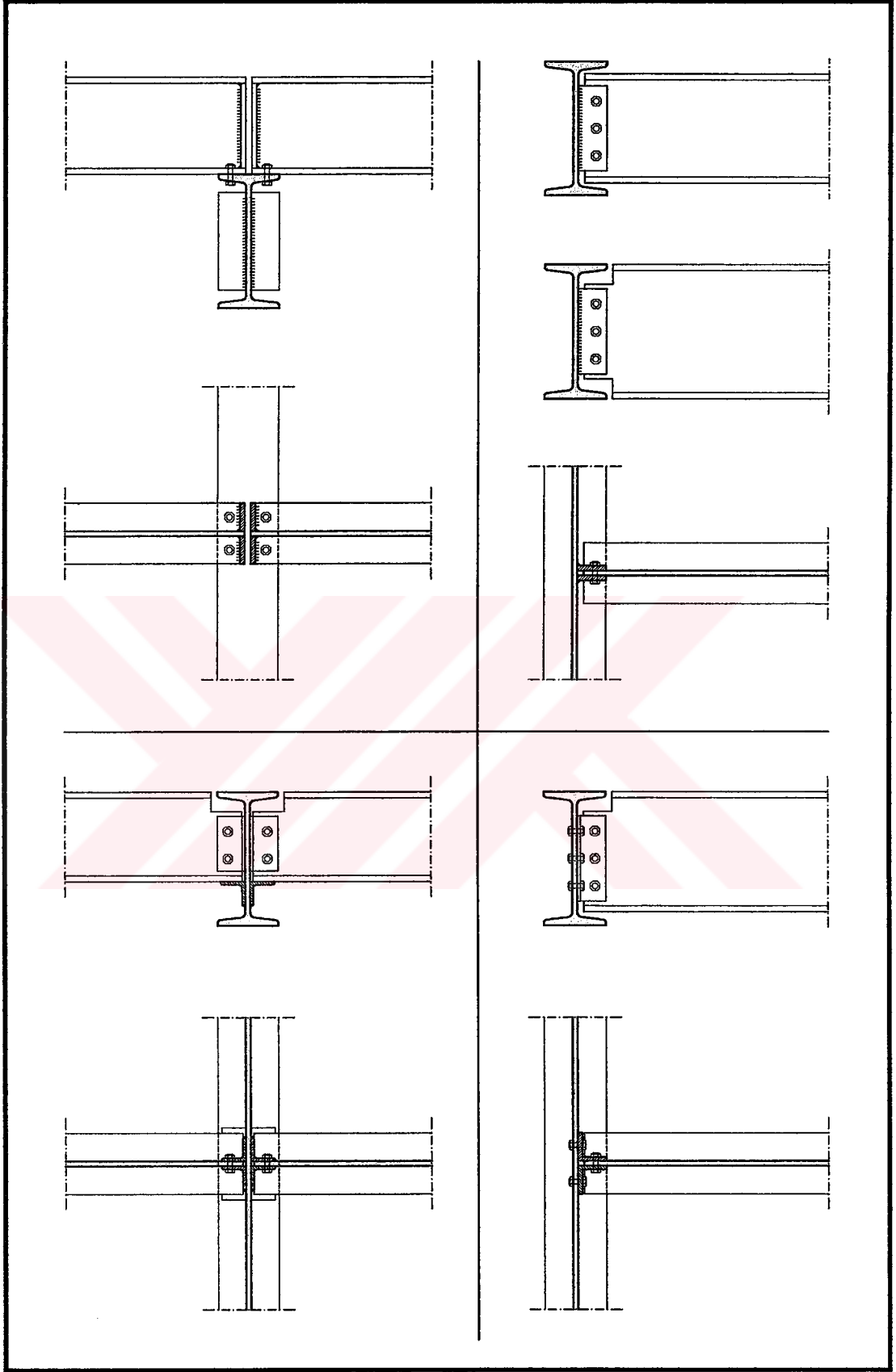


Şekil 3.10. Aynı doğrultuda giden kirişlerin birleştirilmesi [21]

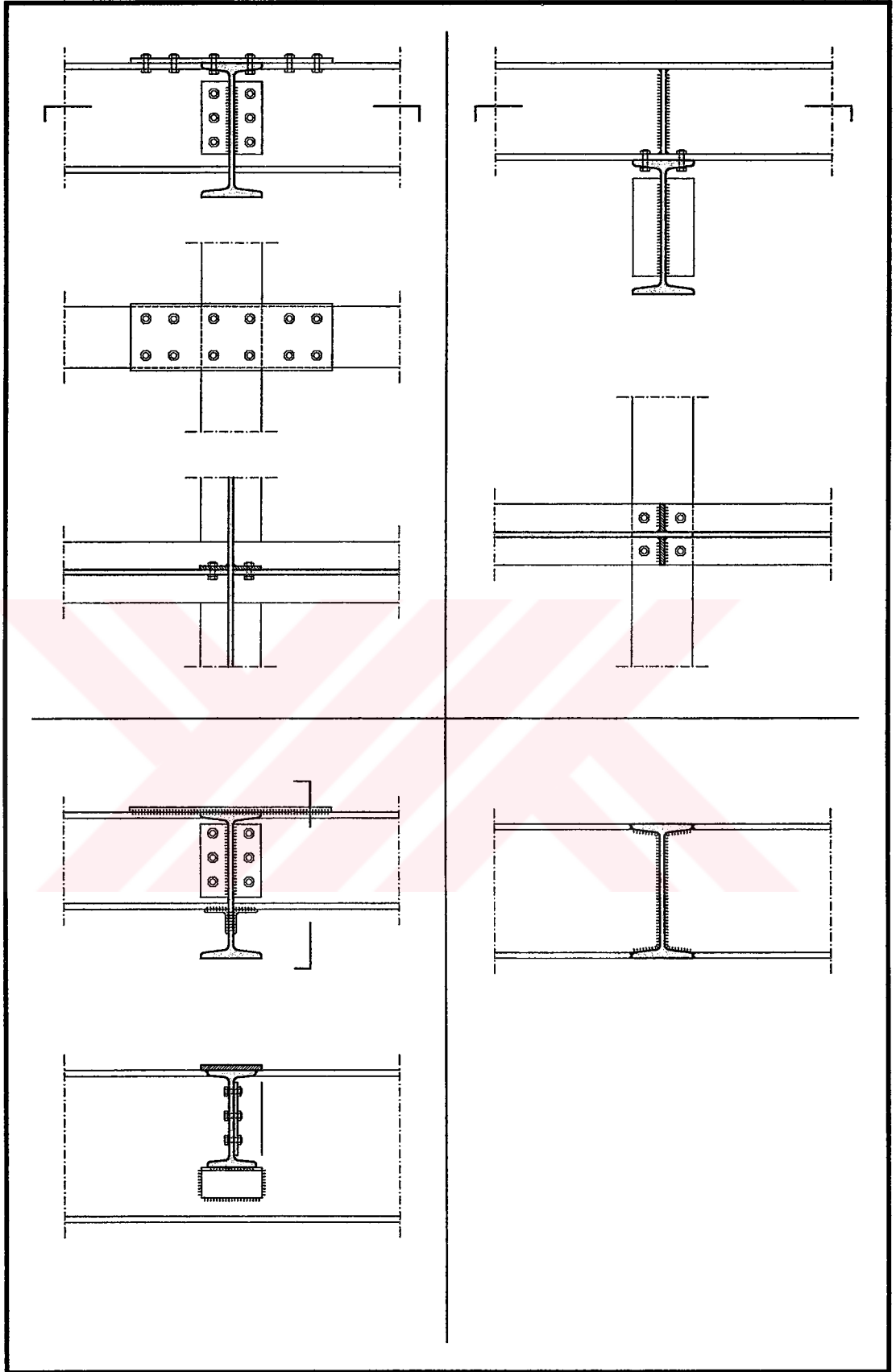
Kirişlerin birbirlerine aynı düzlemde veya üst üste binmesi durumlarında oluşacak birleşimler, kesme kuvvetinin aktarıldığı ve hem kesme, hemde mesnet momentlerinin aktarıldığı birleşimler olarak ikiye ayrılır. Bu tip birleşimlerde kaynak ve bulon kullanılır. İki kirişin üst üste geldiği durumlarda yeterli temas alanı olduğu kabul edilir ve hesaplamalarda gerilmeler gözardı edilir.

Basit kiriş birleşimleri olarak geçen ve mesnet momentlerinin çok küçük olduğu durumlarda söz konusu olan sadece kesme kuvvetlerinin aktarıldığı birleşimlerde kirişler arası sürekliliğin oluşturulmasına gerek yoktur. Çeşitli detaylandırmalarla yapılacak olan bu birleşimlerde, montaj kolaylığının sağlanması için genellikle montajda kullanılacak olan korniyerler ana kirişlere önceden kaynaklanır. Eğer ana kirişlerle, döşemeyi taşıyacak olan kirişlerin boyutları aynıysa çeşitli şekillerde döşemeyi taşıyacak olan kirişin hem alt, hem de üst başlığının uç kısımları kesilerek birleştirme sağlanır. [8, 19] (Şekil 3.11)

Hem kesme, hem de mesnet momentinin aktarılması gereken durumlarda oluşan kiriş birleşimlerinde, momentin bir diğer kirişe aktarılması ve kiriş üst başlığında çekme gerilmesinin karşılanması için, süreklilik levhası adı verilen elemanlar kullanılır. Kullanılan kirişler aynı yükseklikte birbirleri ile birleşiyorsa bu levha üst başlıklara konur ve bulonlar yada kaynak yoluyla kirişlere birleştirilir. Bazı durumlarda ise süreklilik levhasına gerek duyulmadan tamamen kirişler birbirlerine kaynaklanarakta birleşim gerçekleştirilebilir. [8, 19] (Şekil 3.12)



Şekil 3.11. Çelik kirişlerde kesme kuvvetini aktaran birleşimler [8, 19]



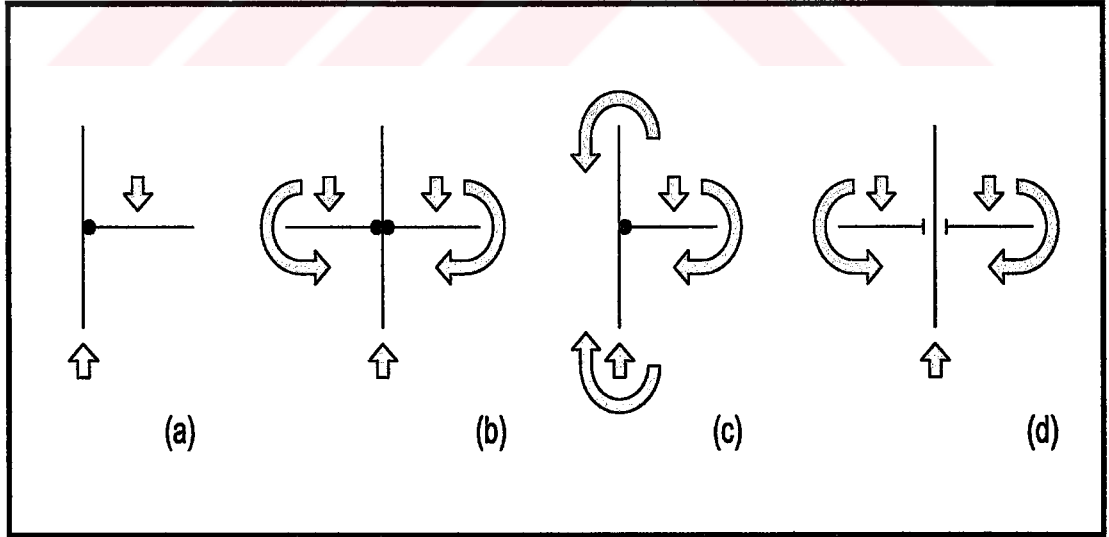
Şekil 3.12. Çelik kirişlerde kesme kuvveti ve moment aktaran birleşimler [8, 19]

### 3.1.2.2. Kolon-Kiriş Birleşim Detayları

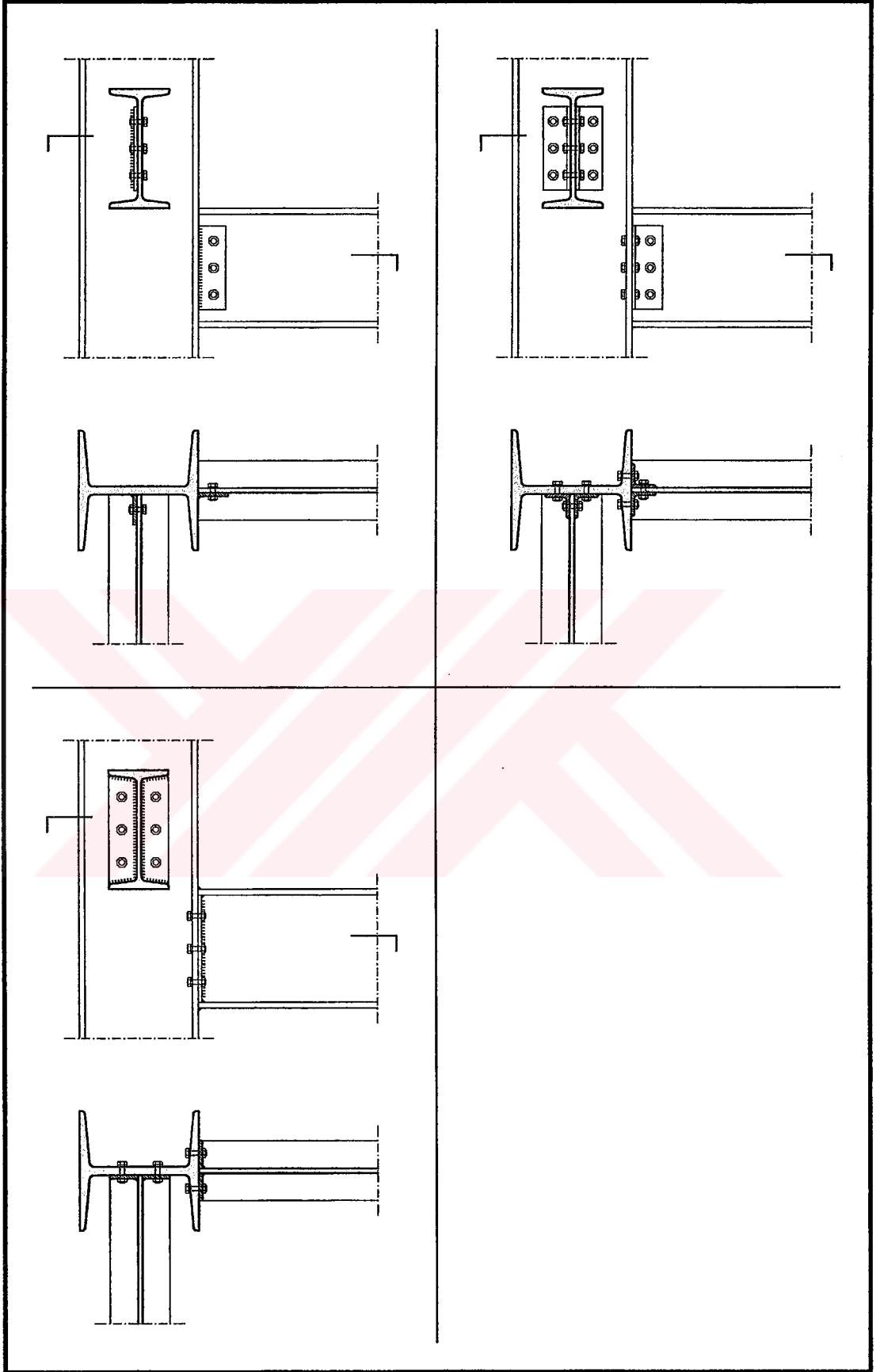
Çelik taşıyıcı iskelet sistemleri oluşturan ana elemanlar olan kolonların ve kirişlerin birleşmesine ait detaylarda belirleyici olan kesme kuvveti ve momentinin nasıl aktarıldığıdır. Kirişten, kolona yüklerin aktarılmasında en önemli nokta, yüklerin merkezi olarak iletilmesidir. Buna göre çelik iskelet yapılarda kolon-kiriş birleşimlerinde, dört ana birleşim detayı ortaya çıkmaktadır:

- Kirişe ait kesme kuvvetinin kolona normal kuvvet olarak geçtiği birleşimler (a)
- Moment etkisinin kolona geçmediği, kesme kuvveti ve moment aktaran birleşimler (b)
- Kesme kuvveti ve momentin kolona aktarıldığı rijit birleşimler (c)
- Pandül kolonlarda, eğilme rijitlikleri kirişe oranla küçük olduğundan, rijit birleşim olmasına rağmen kolona moment geçmediğinin kabul edildiği birleşimler (d) (Şekil 3.13)

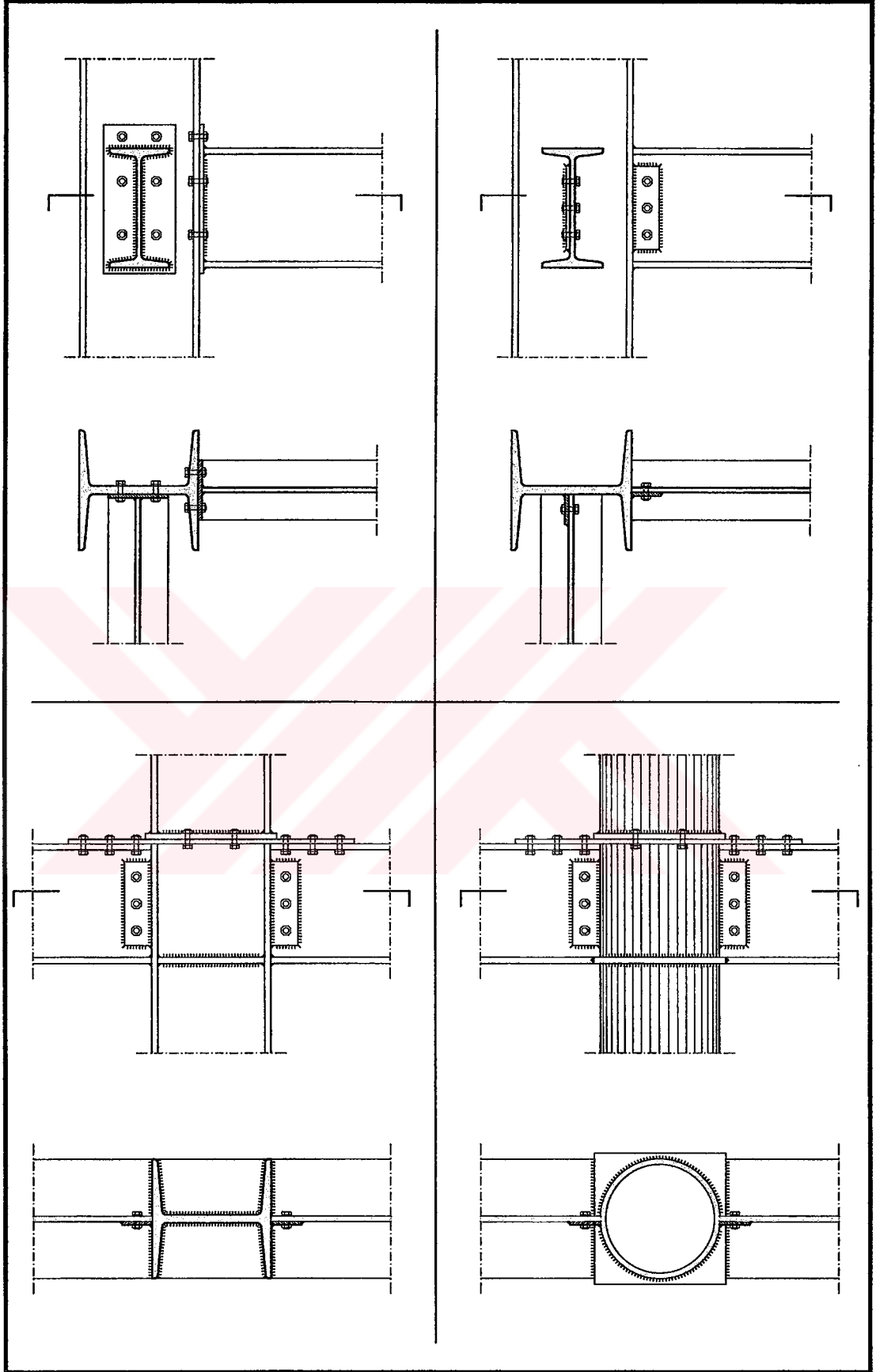
Kiriş-kirişe birleşimlerde olduğu gibi kolon-kiriş birleşimlerinde de, yüklerin aktarılması konusunda aynı mantığı sahip olan, kesme kuvvetini aktaran ve hem kesme hem de mesnet momentini aktaran iki ana tip birleşim tipi vardır. [19] (Şekil 3.14 ve Şekil 3.15)



Şekil 3.13. Kolon-kiriş birleşimlerinde yük etkileri [19]



Şekil 3.14. Kesme kuvveti aktaran kolon-kiriş birleşimleri [19,21]



Şekil 3.15. Kesme kuvveti ve moment aktaran kolon-kiriş birleşimleri [5,19,21]

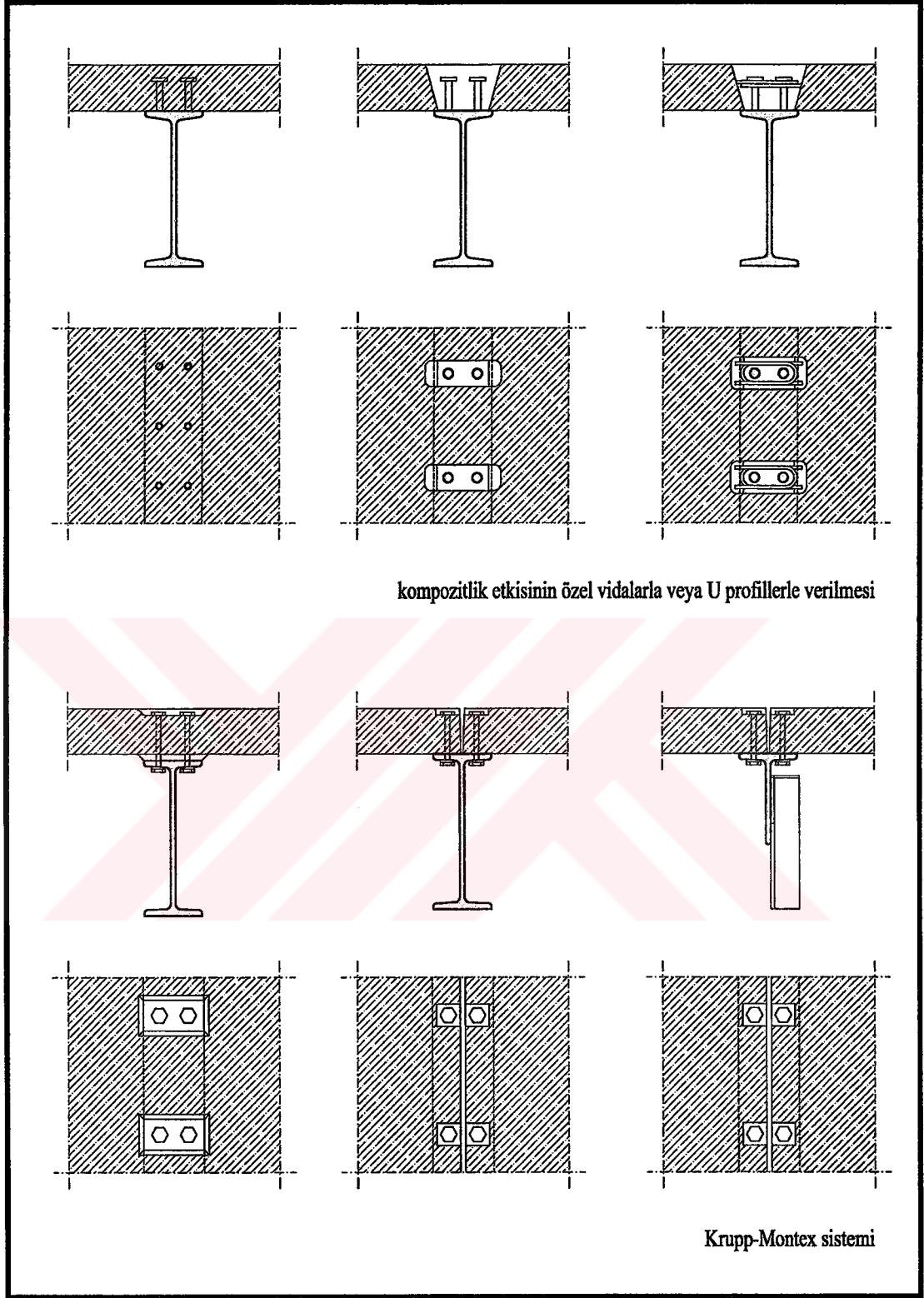
### 3.1.2.3. Kiriş Sistemleri

Çelik iskeletli yapılarda, kirişler normal profil olarak kullanıldığı gibi ayrıca kompozit kiriş sistemleri, kafes kirişler, kısa kirişli sistem ve petek kirişli sistemleri olarakta kullanılabilir. Kirişlerin bu sayede taşıyıcı sistem içindeki taşıyıcılık kapasiteleri, açıklık geçme başarıları ve yatay yüklere karşı dayanımları artırılmaktadır.

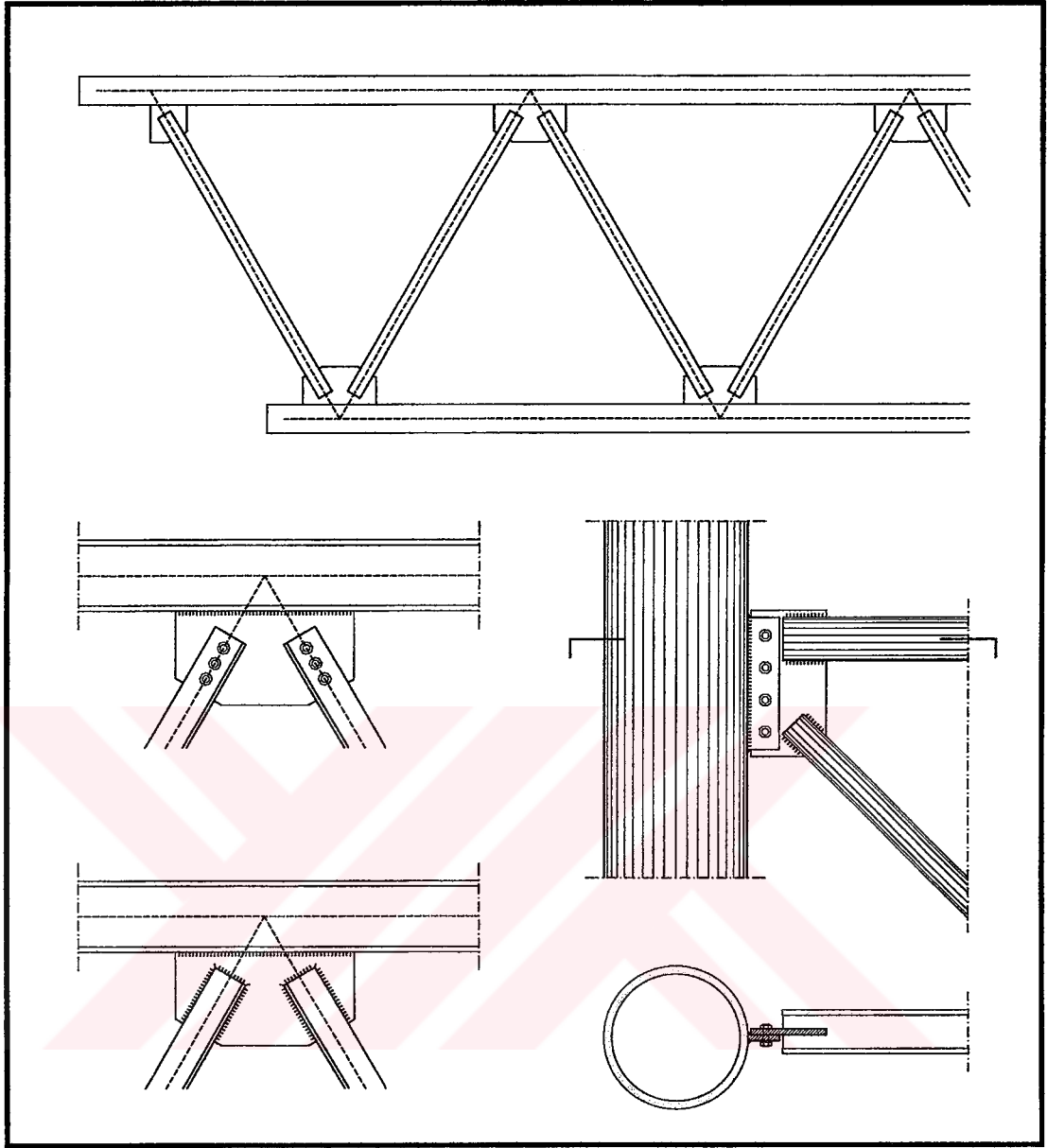
- Çelik iskelet yapılarda en çok rastlanan kiriş tipi kompozit kirişlerdir. Bu sistemde amaç kirişle betonu bir arada çalıştırmaktır. Sistemin rijitliğini ve taşıyıcılığını arttıran bir sistemdir. Çelik kirişlerin üzerine U profiller veya özel vidalar kaynaklandıktan sonra kirişler arasına trapez levhalardan kurulan kalıp içine beton dökülmesiyle bu tip kirişler elde edilir. Kiriş çekmeye çalışırken beton ise basınca çalışır. Bu standart yöntemin dışında, prefabrike beton levhaların içinde, özel vidalar için boşluk bırakılması ve sonradan bu boşlukların yine betonla doldurulması ile kompozit kiriş elde etmek mümkündür. Kompozitlik etkisinin sürtünme yoluyla verildiği bir başka kiriş türü de, Krupp- Montex sistemi ile edilir. [19] (Şekil 3.16)

- Çelik iskelet sistemlerde, diğer taşıyıcı sistemlerde olduğu gibi geçilen açıklık arttıkça, kiriş boyutları da artmaktadır. Bununla beraber çelik bir kirişin çekmeye ve basınca karşı çalıştığı düşüncesinden yola çıkılarak, kirişin içinin boşaltılabilir. Bu durumda da, basınç ve çekme çubuklarından oluşan bir sistem olan kafes kirişler elde edilir. Basit olarak bir kafes kiriş, başlık çubukları ve örgü çubuklarından oluşur. Başlık çubukları da ayrıca üst ve alt başlık olarak kendi aralarında ayrılırlar. Örgü çubukları ise diyagonal ve dikme örgü çubukları olarak iki farklı sistemde olabilir. Bu çubuklar kendi aralarında seçilen profil tipine göre, doğrudan kaynaklanabildiği gibi, aynı zamanda da, bayrak levhası olarak isimlendirilen elemanlarla da birleştirilebilir. (Şekil 3.17)

Kafes kirişlerde, taşıyıcı çubukların birleşim noktası, düğüm noktası olarak adlandırılır. Bir düğüm noktasında birleşen çubukların, hepsinin ağırlık merkezlerinin tek bir noktada kesişmesi ve ayrıca bütün çubuk eksenlerinin aynı düzlemde olması gerekir. Bu sayede bir kafes kirişe gelen yükler karşılanabilir ve kolonlara aktarılabilir. Kafes kirişler oluşturulurken, işçilik, ekonomiklik ve estetik açıdan genellikle boru veya kutu kesitli profiller kullanılır. [1, 5]



Şekil 3.16. Kompozit kiriş sistemleri [19]

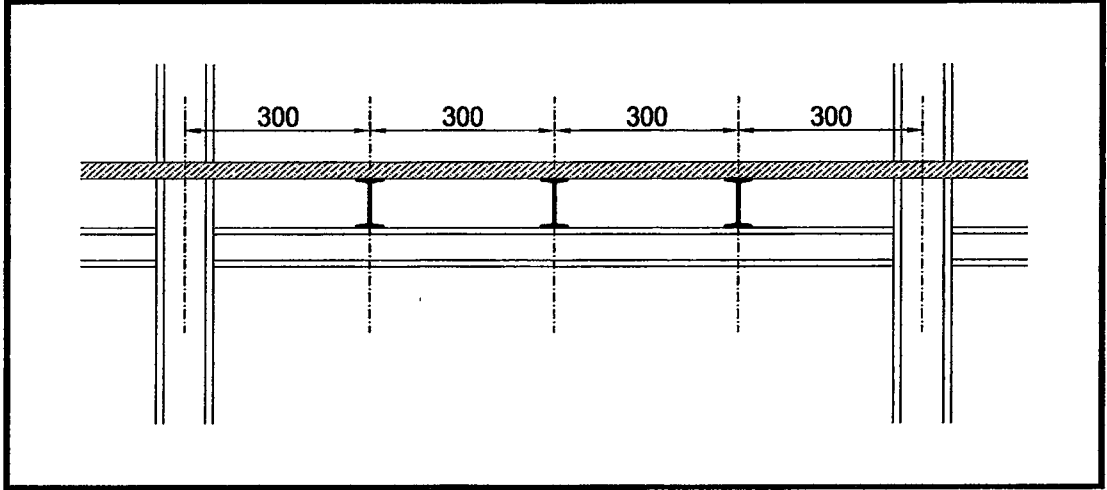


Şekil 3.17. Kafes kirişlerin birleşim detaylarına ait örnekler [1,5,19]

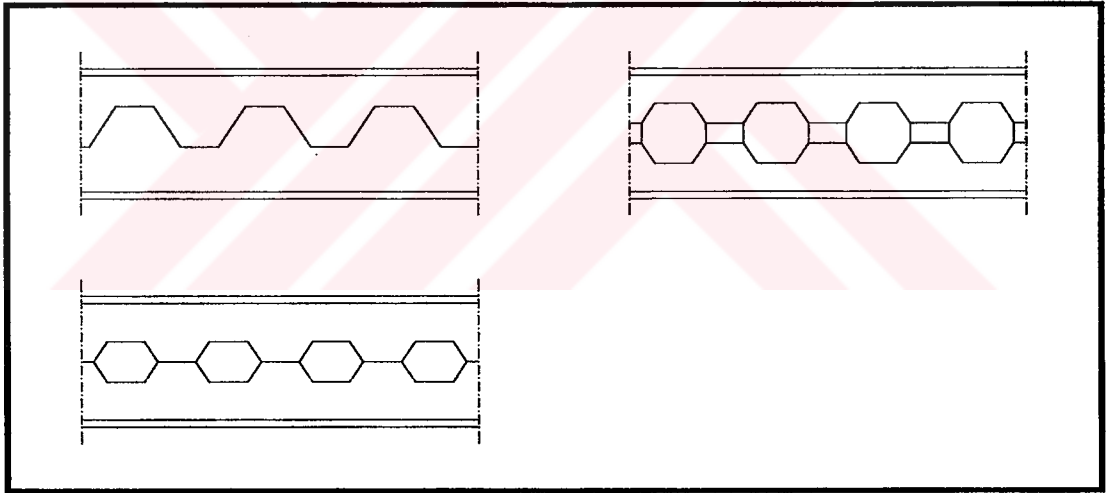
- Kısa kirişli (Stub-girder) sisteminde ise, bir I profil kiriş üzerine, başlığı genişliğinde kısa I profillerin aralıklı kaynaklanması ile sistem oluşturulur. Bu sistemlerde tüm sistemin kompozit Virandel kafesi gibi davrandığı gözlemlenmiştir. Az katlı yapılarda pek tercih edilmeyen bu sistemde, betonun sertleşme ve dayanım süresi boyunca alttan kalıplar desteklenmesi en büyük dezavantajdır. [22] (Şekil 3.18)

- Çelik kirişlerin yüksekliklerini arttırmak ve bu işlemi yaparken çelik malzeme giderini en alt seviyede tutmak amacıyla geliştirilmiş olan petek kiriş sistemleri, I profillerin gövdelerinin kesilmeleri ve bu parçaların bir miktar kaydırıldıktan sonra

kaynaklanması ile elde edilir. Ekonomik olmalarının yanı sıra, taşıyıcı sisteme hafiflik kazandıran bir sistemdir, boşluklu yapısından tesisat kanalları rahatça geçebilir ve aynı eğilme rijitliğine sahip bir kirişe göre daha yüksektir. [23] (Şekil 3.19)



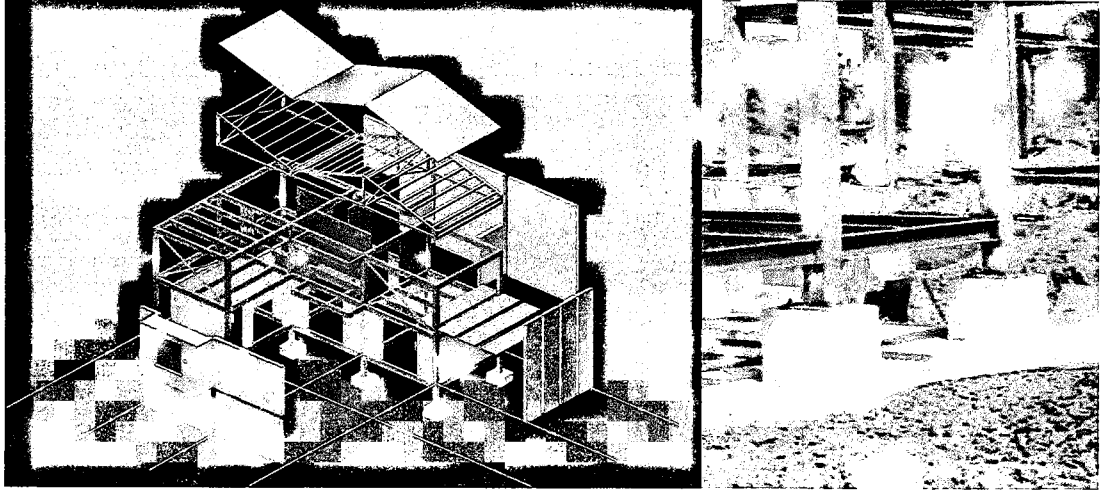
Şekil 3.18. Kısa kirişli (Stub-girder) sistem [22]



Şekil 3.19. Çeşitli petek kiriş düzenlemeleri [22]

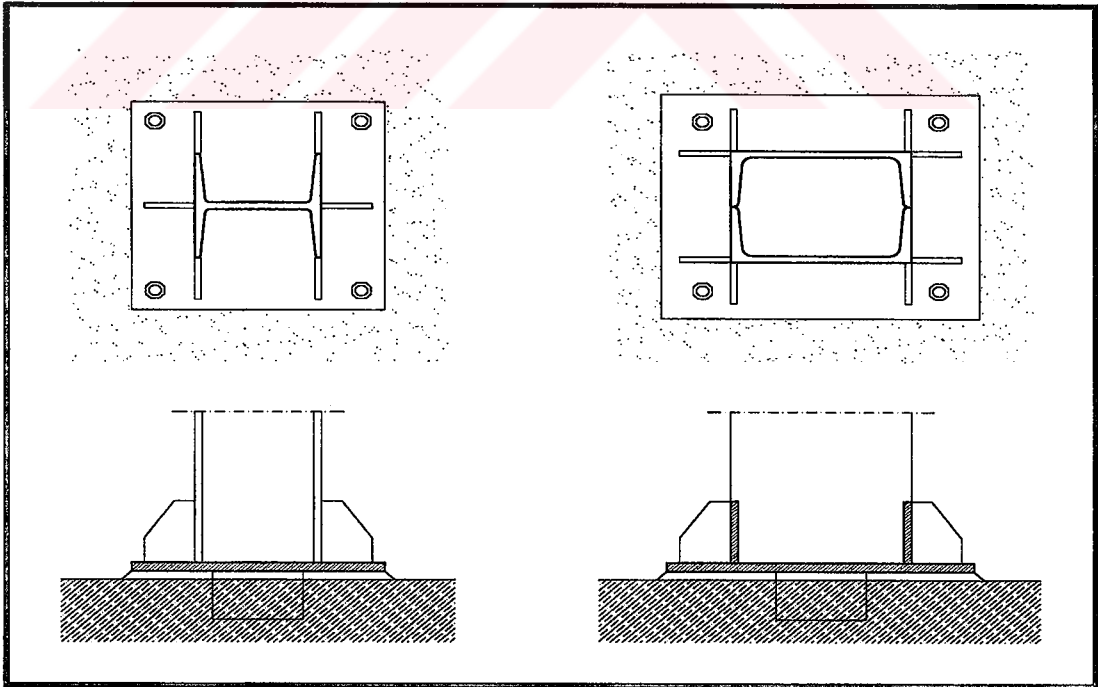
### 3.1.3. Kolon Ayakları, Ankrajlar ve Bunlara Ait Detaylar

Kolonlardan gelen yüklerin, betonarme temellere aktarıldığı son nokta kolon ayaklarıdır. Beton ankrajının düzenlenmesi ve kolon ayağının oturduğu levhayla, bunlara ait elemanların boyutlandırılması, çelik iskelet yapıların temellerinin düzenlenmesi ile ilgili iki önemli noktadır. Kolonlardan temellere, düşey kuvvet, moment etkisi ve yatay kuvvetler etkir. Sadece moment etkisinin aktarıldığı ayaklara ankastre ayak, diğerlerine ise mafsallı ayak adı verilir. (Şekil 3.20)



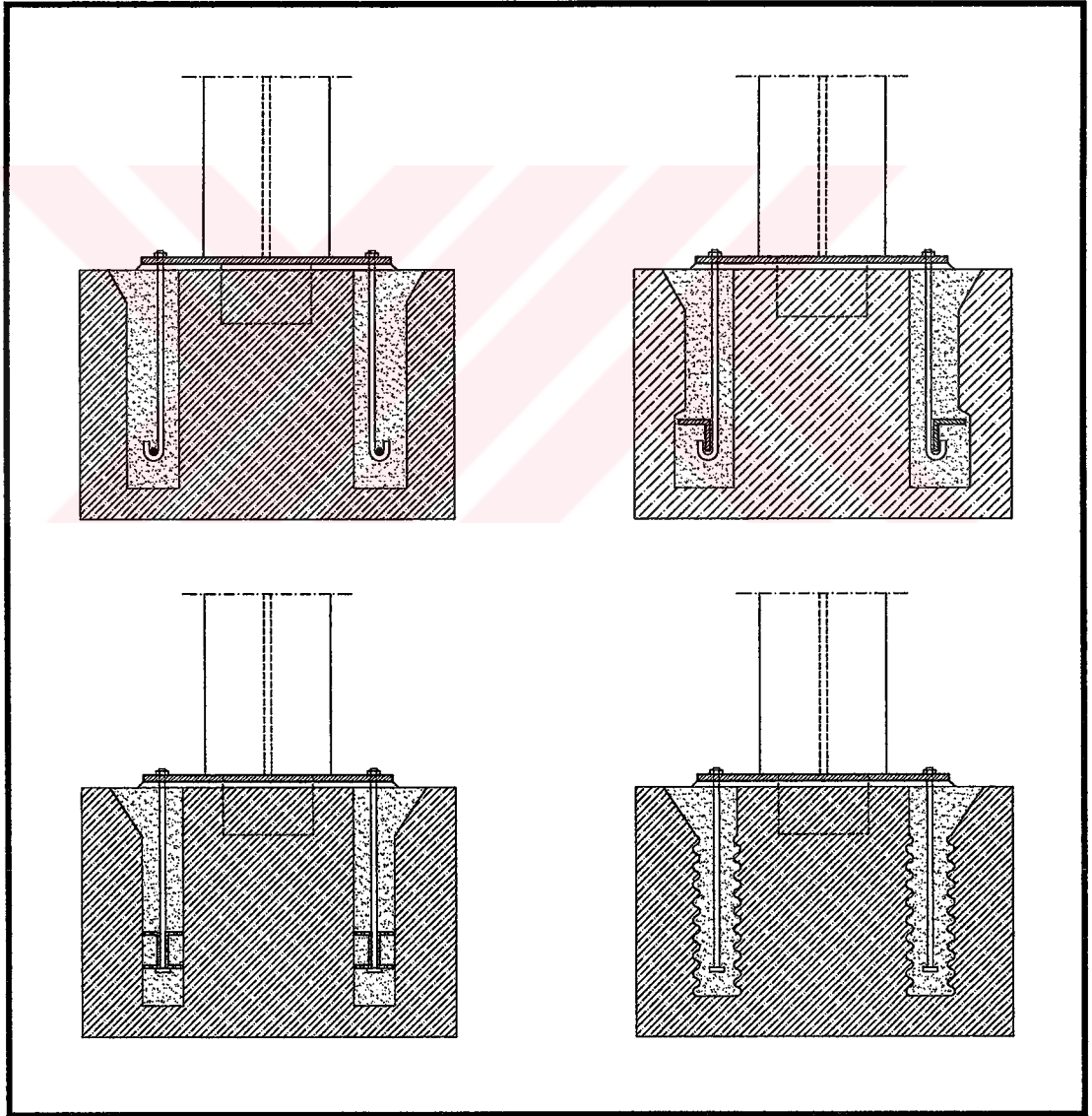
Şekil 3.20. Çelik yapılarda kolon ayakları ve temeller

Kolonlardan gelen düşey yüklerin temele zarar vermemesi ve bu yükleri temel yüzeyine yaymak için kolon ayaklarının altındaki kullanılan levhalara taban levhası adı verilir. Temel ile taban levhasının arasında, kolona ait düşeyliğin sağlanması ve yastık görevi yapması amacıyla da kalınlığı 20 ile 50 mm arasında değişen çimento şerbeti bulunur. Bu şerbet, taban levhasının bulonlarla temele bağlanmasından sonra doldurulur. Şerbet dökülmeden önce boş olan kısımların tamamı ile temizlenmesi, taşıyıcılığın etkilenmemesi açısından oldukça önemlidir. [4] (Şekil 3.21)



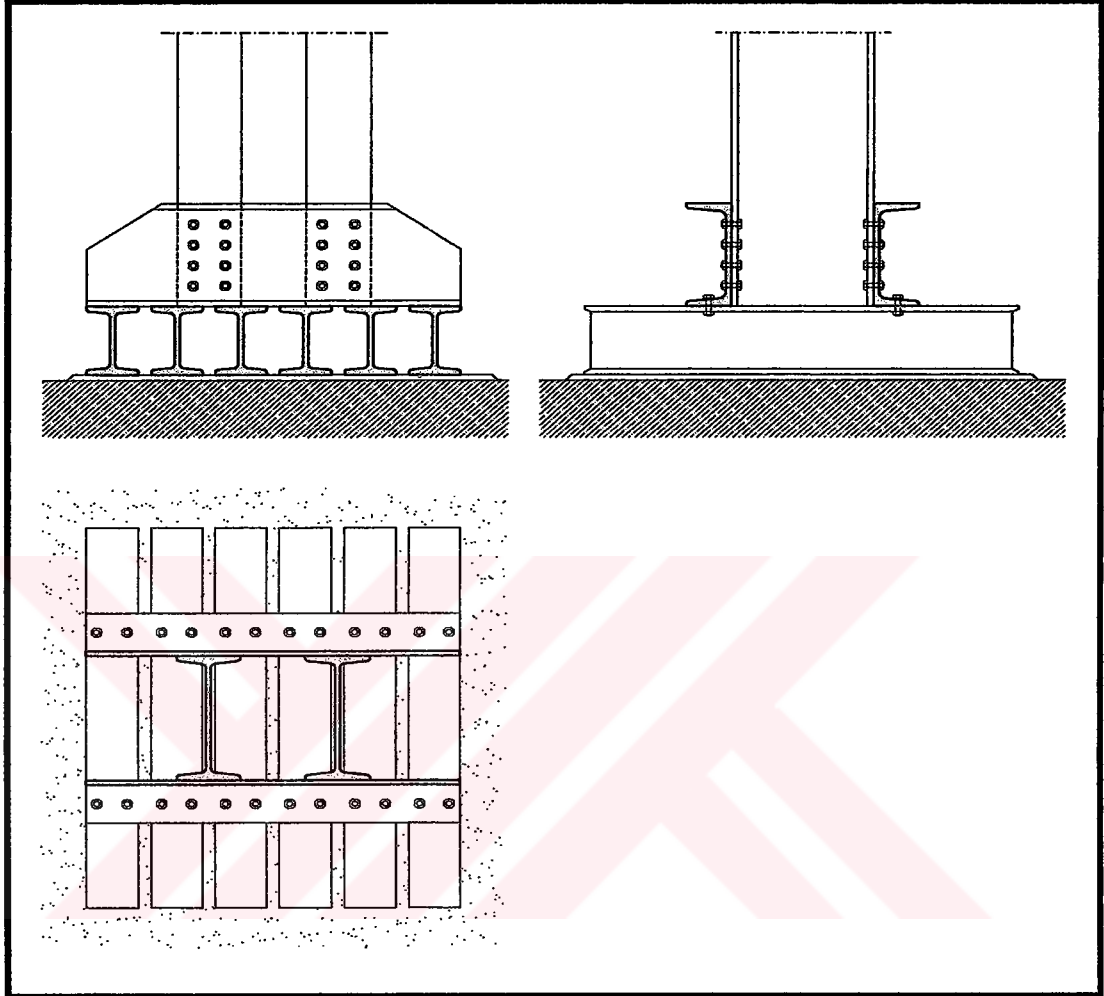
Şekil 3.21. Temel ayakları, çimento şerbeti ve kamalar [19]

Kolon ayakları temellere, moment aktarması için kullanılan ankraj bulonları veya çekme kuvveti aktarması için kullanılan ankraj profilleri ile iki farklı şekilde bağlanabilir. Ankraj bulonlarının temele giren uçları kanca şeklindedir ve temel içinde bırakılan ankraj korniyerlerine takılırlar. Bu bulonların moment aktarmak dışında aynı zamanda çekmeye de karşı çalıştığı düşünülerek boyutlandırılmalarının ve temele yerleştirilmelerinin doğru yapılması gerekir. Kolon ayaklarının montajı tamamlandığında, bulonların bulunduğu kanallar yüksek dozajlı şerbet ile doldurularak kapatılır. Aderans profili olarak da geçen ankraj profillerinde ise ankraj bulonlarından ayrılan nokta, ankraj bulonlarının, ankraj profillerine somun yardımıyla bağlanmasıdır. [4, 19] (Şekil 3.22)



Şekil 3.22. Çeşitli temel ayakları ve temel birleşimleri

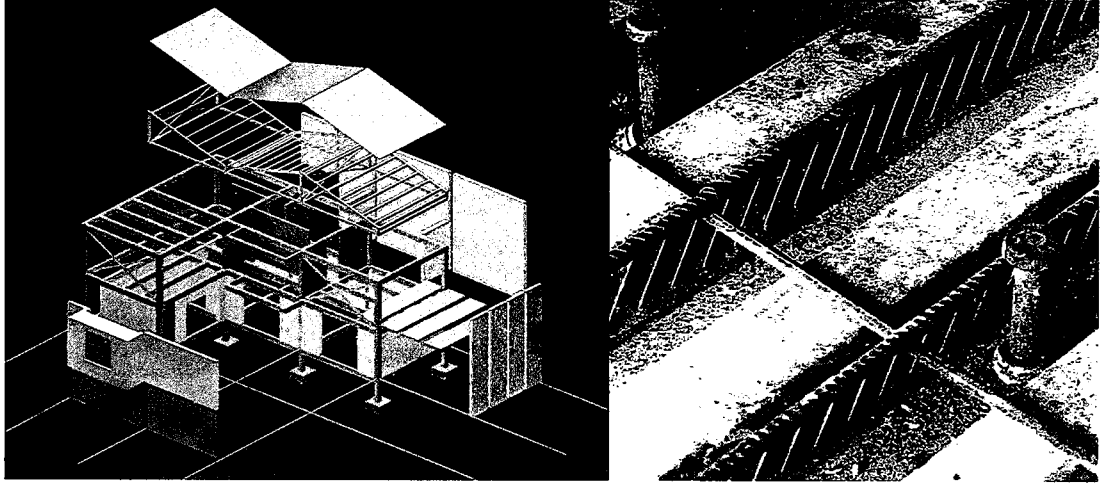
Bazı durumlarda kolonlardan çok büyük yüklemeler temellere gelebilir. Bu durumda kolon ayaklarının altında I ve IP profillerinden bir ızgara oluşturulur ve ızgaranın bünyesindeki profillerin için beton ile doldurulur. [7] (Şekil 3.23)



Şekil 3.23. Temel ayasının altına "I" profil uygulaması [7]

#### 3.1.4. Döşemeler

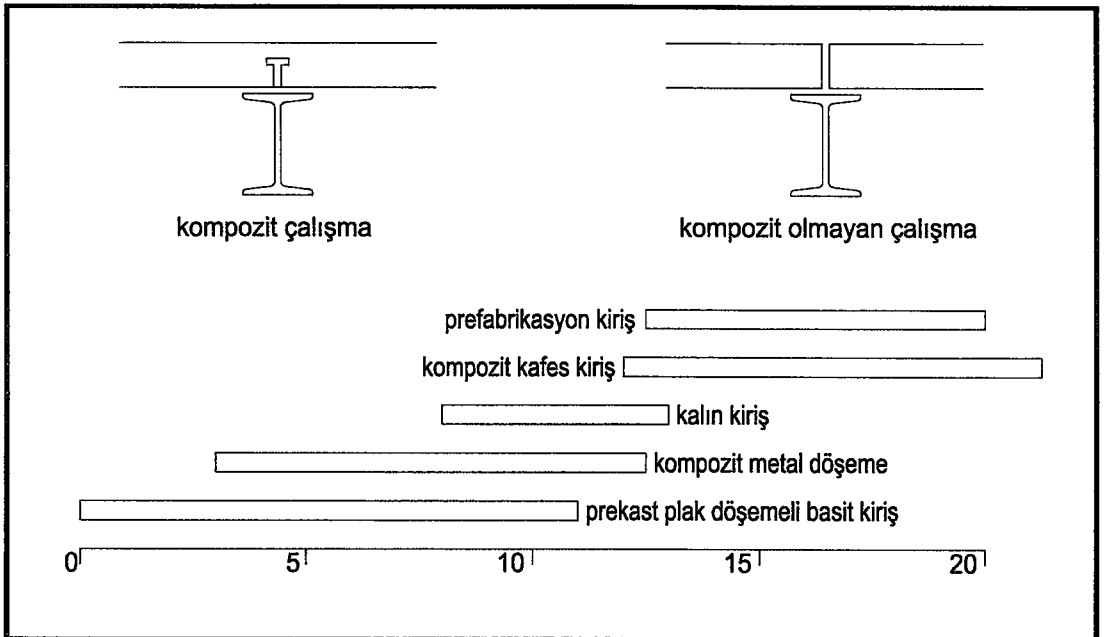
Yapıda düşey iskeletin üzerine oturan ve katlar arası ayrımı sağlayan rijit yatay düzlemler olan döşemeler, kapalı bir sistem oluşturarak dış yükleri karşılarlar, yapının düşey taşıyıcı sistemini bağlayarak, düşey ve yatay kuvvetleri kolonlara iletmekle görevlidirler. Taşıyıcı sistemi ve taşıyıcı sistem malzemesi ne olursa olsun döşemeler, yapı sistemi içinde, taşıyıcılık fonksiyonu dışında insan konforunu sağlamak için gerekli koruyuculuk özelliklerini de barındırmalıdır. Döşeme sistemlerinin yapısal kalınlığı dışında, diğer yapı malzemelerinin de kalınlıkları düşünülmeli ve sistemin en rasyonel şekilde seçilmelidir. (Şekil 3.24)



Şekil 3.24. Çelik yapılarda döşemeler

Taşıyıcı malzemesi çelik olan iskelet sistemlerde, sistemin bir getirisi olan hafiflik doğrultusunda, bu tip sistemlerde döşemelerinde hafif olması öne çıkan en önemli kriterdir. Ayrıca çelik yapının hızlı ilerlemesi için, ön görülen döşeme sisteminin yapı ile uyumlu, inşası kolay, prefabrikasyona uygun, kolay erişimi olan ve hava durumundan bağımsız olması diğer önemli kriterlerdir.

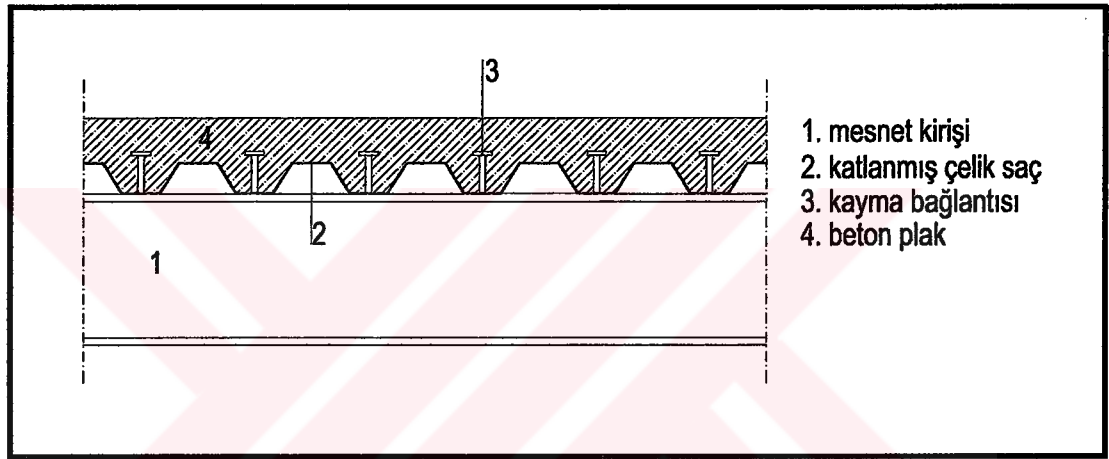
Çelik iskelet yapı sistemlerinde döşemeler, destek kirişleriyle beraber kompozit (sürekli döşeme şeklinde) veya kirişlerin üzerine oturarak bağımsız şekilde çalışabilirler. Buna göre kullanılacak döşeme sistemlerini kompozit çalışan döşeme sistemleri ve serbest çalışan döşeme sistemleri olarak iki ana gruba ayırabiliriz. [8] (Şekil 3.25)



Şekil 3.25. Döşeme tipleri ve açıklığa göre tercih edilmesi gereken döşemeler [8]

### 3.1.4.1. Kompozit Çalışan Döşeme Sistemleri

Genellikle betonarme olarak oluşturulan çelik iskelet sistemlerin döşemelerinde en çok uygulaması yapılan sistemlerdir. Kısaca kirişlerin üstüne yerleştirilmiş katlanmış çelik saç üzerine donatılı beton dökülmesiyle elde edilen kompozit döşemelerde, çelik saç beton sertleşip mukavemetini kazanmadan önce, betonun ağırlığını, inşaat süresinde hareketli yükleri taşıırken, beton sertleştikten sonra tüm taşıyıcılık özelliğini bırakır. Çelik tabliyeli bu döşeme sistemlerinde, profilli çelik levhalar çekme direncini karşılarken, basınç direncini beton sağlar ve bu tip döşemeler tek yönde açıklıklı döşemelerdir. (Şekil 3.26)



Şekil 3.26. Tipik kompozit Döşeme Kesiti [19]

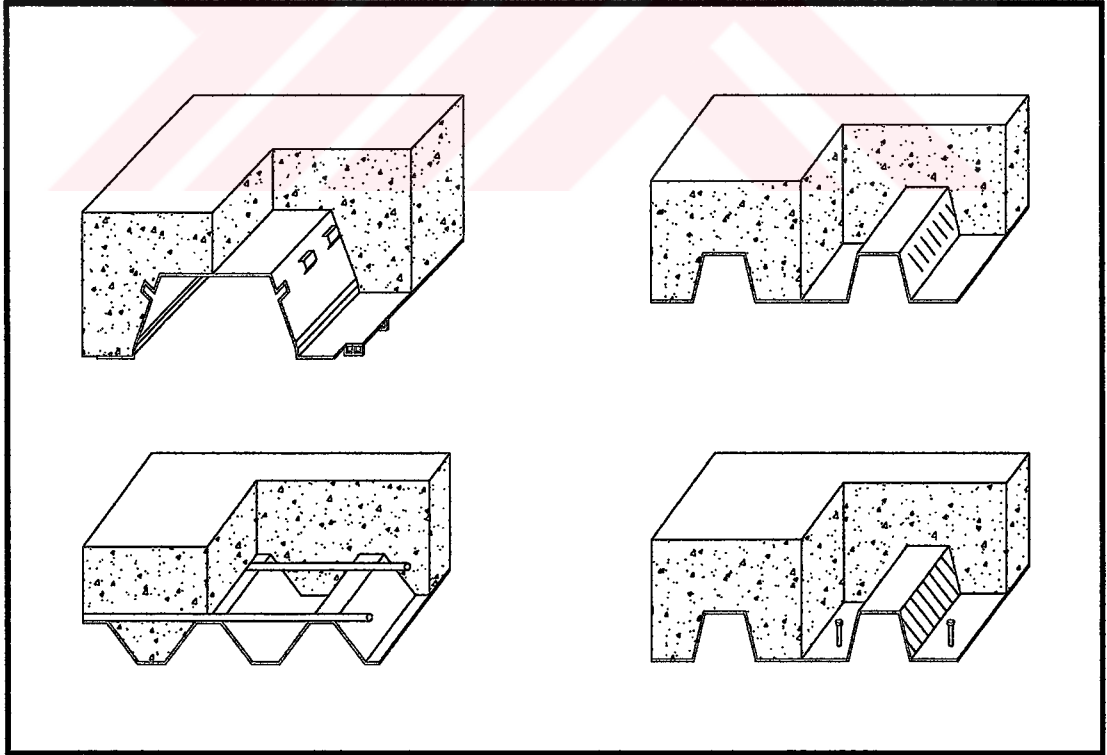
Taşıyıcı sistem içinde mukavemeti ve rijitliği ayrı ayrı olan elemanlar birlikte çalıştırılırsa oluşacak kompozit sistemin mukavemeti hepsinin toplamından büyük olur. Kompozit davranış gösteren sistemlerde bir elemanın zayıf yönü diğerinin mukavemeti ile dengelenir. Kalıcı kalıp olarak kullanılan çelik saçın, aynı zamanda pozitif eğilme altında döşeme plağının alt başlığında çekme donatısı görevi yapabileceği ve bu sayede sağlanabilecek ekonomi fikri ile katlanmış çelik saç-beton kompozit döşeme plaklarının kullanımı ortaya çıkmıştır. Yüksek çelik iskelet yapılar için iyi bir çözüm olan bu döşeme sistemlerinin tasarımında en önemli nokta, yapım sırasında ve kullanım sırasında oluşacak direnç ve sehimlerin hesaba katılmasıdır. Bu kompozit hareket ortaya çıkmadan önce, ıslak beton ağırlığının taşınabilir olmasını sağlamak amacıyla şunlar kontrol edilmelidir.

- Çelik levhanın bükülme direnci
- Uygulama sırasında aşırı sehimleri önlemek için levhanın eğilme dayanımı

- Sonuçta ortaya çıkacak kompozit formda gerekli dayanıklılığı sağlamak için levhanın gerilme direnci
- Basınç altındaki betonun direnci
- Normal yük altında aşırı sehimleri önlemek için kompozit döşemenin dayanımı
- Kompozit hareketler elde etmek için beton ve çelik arasındaki bağlantı

Kompozit bir döşemeyi oluştururken yapım sırasında oluşabilecek sehim ve direnç problemlerini minimuma indirmek için döşemelerin kısa mesafeler geçmesi en uygun yol olmaktadır. Bu yüzden genel taşıyıcı sistem içinde ana kirişlere ek olarak 3 metre'de bir atılacak tali kirişlerle bu sorun ortadan kaldırılabılır.

Katlanmış çeliğin geometrisi, düşey kalkmaya engel olma fonksiyonunu sağlar. Kapalı saç profillerde, yatay kayma profil uç kısımlarındaki deliklerle sağlanır. Bununla beraber saçlar geometrik olarak kalkmaya elverişli olduklarından, beton ve çelik saç arasındaki bütünleşme tamamı ile kayma bağlantıları ile gerçekleştirilir. Kayma bağlantısı olarak, çelik saç üzerinde yapılmış çıkıntılar, çelik saç üzerine kaynaklı çelik donatı hasırları ve uç ankrajları kullanılır. [24, 25] (Şekil 3.27)

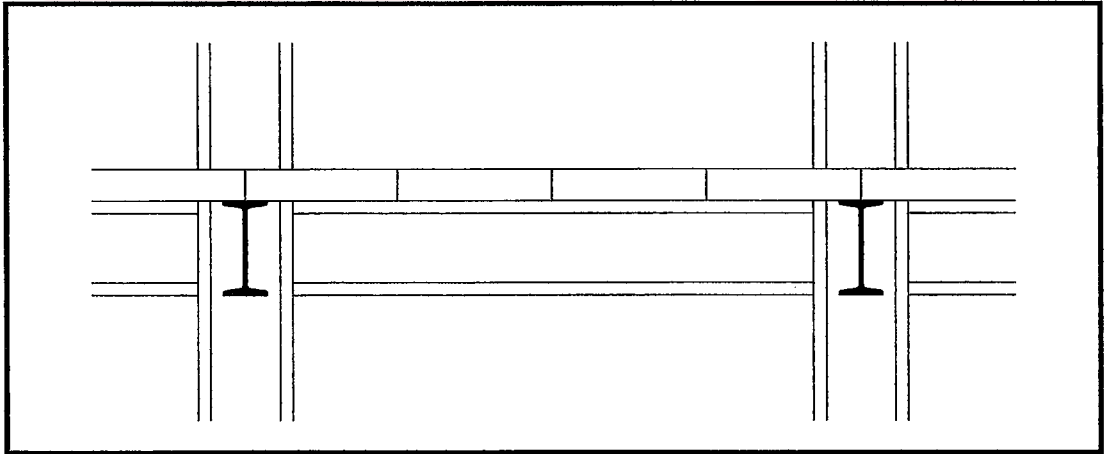


Şekil 3.27. Çeşitli tipte çelik saçlarla döşeme betonunun ilişkisi [24]

Çelik iskeletli kompozit bir yapının yapım aşamasında işçiler tarafından kurulan çelik iskeletten sonra çelik lehvaların montajı yapılır. Ardından ilave donatı montajı ve beton dökümü yapılarak döşeme oluşturulur. Bu sayede yapının ortaya çıkan katlarıyla beraber diğer işlerin yapılması için ekstra çalışma platformları oluşur. Ayrıca kısa açıklıklar geçildiği için toplam yapı kalınlığı azalır ve kat yüksekliğinden kar elde edilir.

### 3.1.4.2. Serbest Çalışan Döşeme Sistemleri

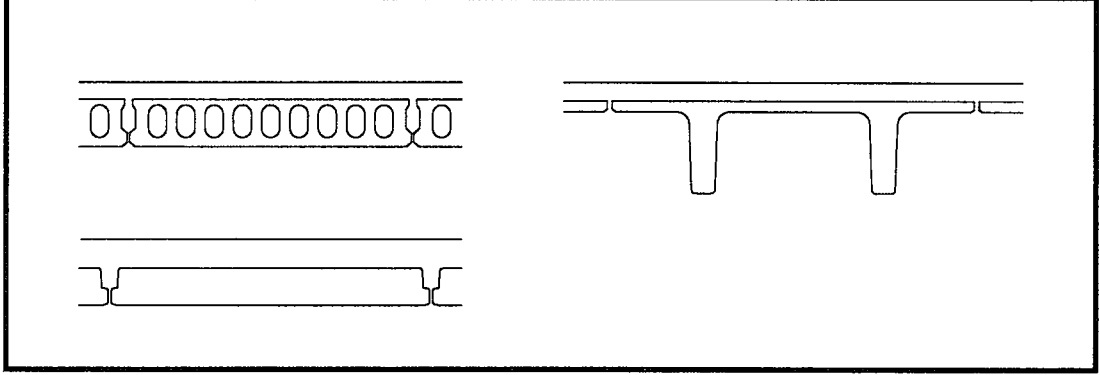
Çelik iskelet yapı sistemlerinde, son dönemlerde yaygınlaşan bu döşeme sistemlerinde, prefabrike betonarme döşeme elemanları kullanılmaktadır. Eleman ağırlığını azaltmak için içi boşluklu olarak üretilen bu elemanların sağlam olmama, titreşim ve şekil bozuklukları gibi olumsuzlukları da gözönünde tutulması gerekir. En ucuz montaj şekli prefabrike bu elemanları yapısal olmayan yapıştırıcı çimentolu şap ile kaplamaktır. Donatısız olan bu çimentolu şaptan dolayı yerinde dökme döşeme kaplamalarının çatlaması gözönünde bulundurulmalıdır. Bu elemanlar, normal yada ön gerilmeli donatılardan oluşturulduğu gibi, hafif yada normal betondan da oluşturulabilir. Bu döşeme sistemlerinde amaç, dökme donatılı beton kabuğu bir diyafram gibi çalıştırmaktır. Bu durum döşemenin, yapı hareketleri ile oluşan yatay kuvvetleri kirişlere iletmesinde etkin olmasını sağlar. [8, 22] (Şekil 3.28)



Şekil 3.28. Serbest çalışan döşeme sistemi [22]

Kompozit döşeme sistemlerine göre daha ağır olan bu sistemlerde, normal donatı kullanılması durumunda 6-8 metrelik açıklıklar, ön gerilmeli donatılı kullanılmasında daha büyük açıklıklar geçilebilir. Beton dökme işlemi olmadığı için, hızlı bir inşaat

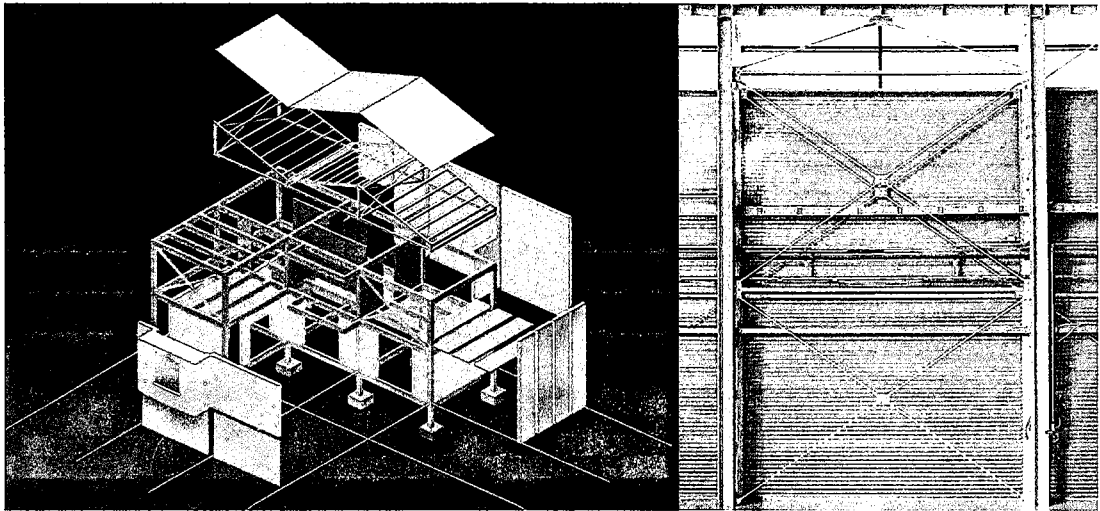
sağlayan bu sistemlerde, bu avantajlara rağmen, elemanların boyutlarından ve ağırlıklarından dolayı vinç kullanılması gerekliliği dezavantajlardır. Çeşitli uygulama biçimleri olan bu döşeme sisteminde, içi boş ön gerilmeli döşemeler, ön gerilmeli çift T elemanlardan oluşan döşemeler, filigran betonarme döşemeler en yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. (Şekil 3.29)



Şekil 3.29. Diğer serbest çalışan döşeme sistemleri [8, 22]

### 3.1.5. Denge Elemanları ve Bunlara Ait Detaylar

Çelik iskelet yapılarda düşey yükler dışında ayrıca stabilitinin sağlanması için yatay kuvvetlerinden ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu sayede yapıya etkiyecek olan yatay kuvvetler temellere iletilecek ve yapının bu yükler karşısından yer değiştirmesi engellenecektir. Çelik iskelet bir yapıda yatay yüklere karşı stabilite, çapraz bağlar, betonarme perde veya betonarme çekirdek ve rijit çerçeve sistemleri ile sağlanabilir. (Şekil 3.30)

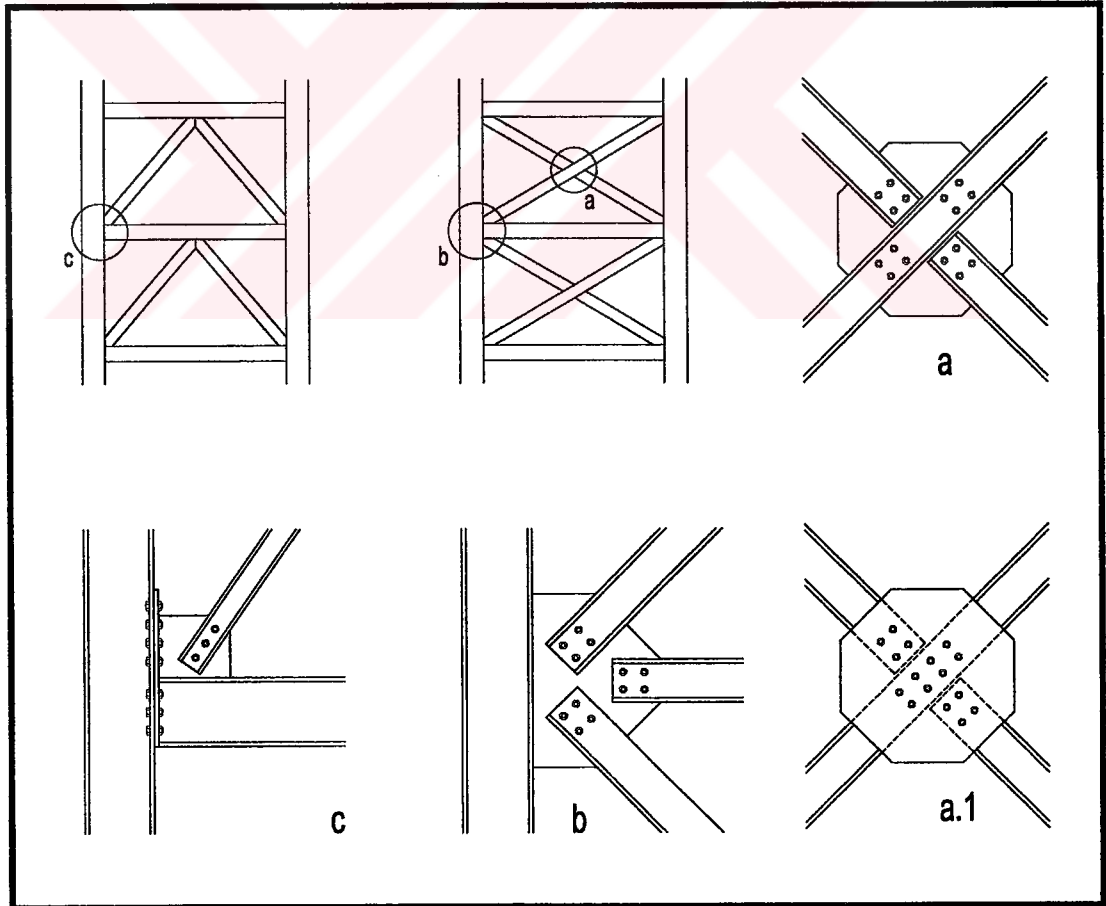


Şekil 3.30. Çelik yapılarda denge elemanları

Rüzgar yükleri ve deprem yükleri olan yatay yükler yapının yüksekliği ne olursa olsun yapıyı kat yüksekliğine bağlı etkiler. Yapının yatay bu yükler karşısında stabilitesinin sağlanmasında kullanılacak sistem seçimi ise tamamiyle yapının tasarımı, kullanım amacı ve dış görünüşü ile ilgilidir.

### 3.1.5.1. Çaprazlama Elemanları

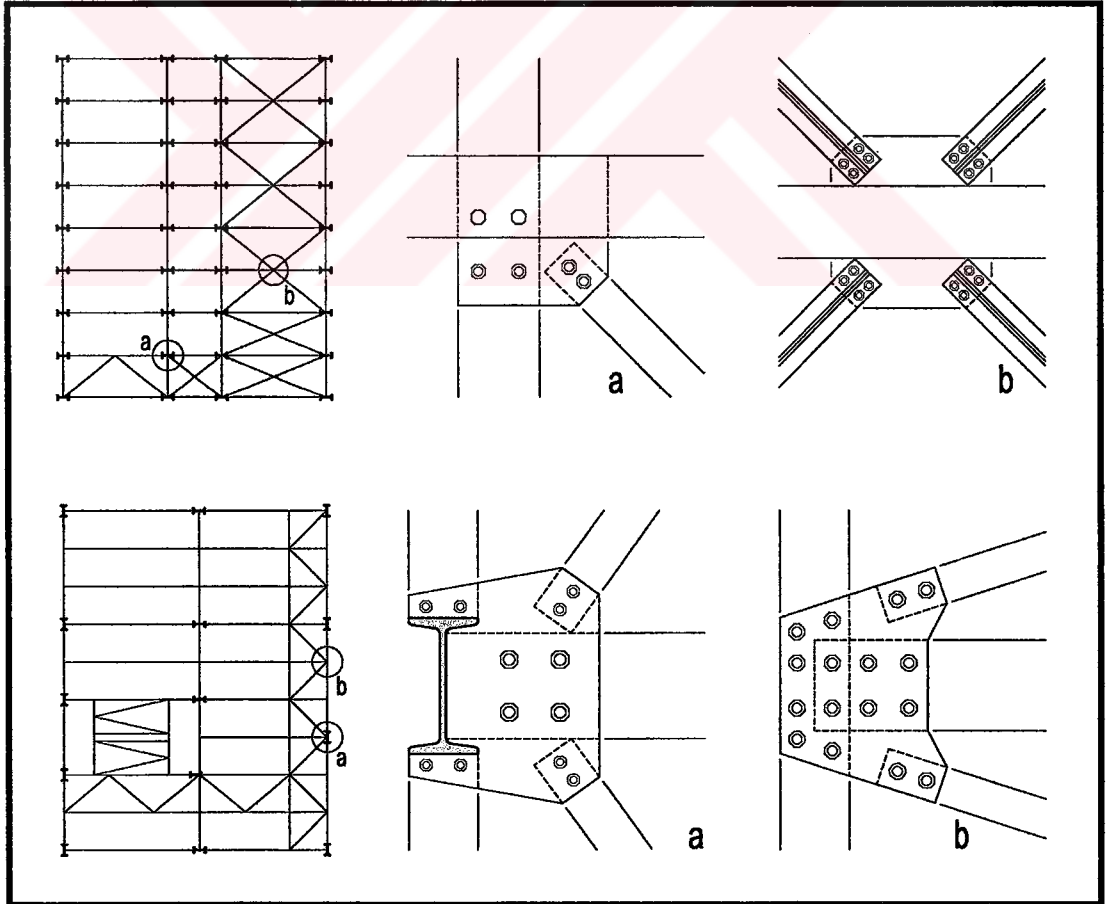
Çelik yapılarda yatay yükleri almak için en çok kullanılan ve en ekonomik olan yöntem olan çaprazlama ile sistemin yatay yönde yer değiştirmeleri minimuma indirilir. Çaprazlamalar düşey ve yatay kuşaklama olarak iki farklı şekilde yapılabilir. Düşey çaprazlama, yatay çaprazlama göre ekonomik çözüm olmasıyla beraber bazı durumlarda yatay yüklerin iletilmesi için ikisininde beraber kullanılması gerekebilir. Düşey çaprazlama yapının yüksekliği boyunca kullanılmasına karşın, yatay çaprazlama kiriş seviyesinde veya kat yüksekliğinde kafes kirişler şeklinde yapılabilir. [8, 27] (Şekil 3.31)



Şekil 3.31. Düşey çaprazlama elemanlarına ait bazı birleşim detayları [8]

Düsey çaprazlama elemanları, çelik yapı taşıyıcı sistem tasarımında yatay yükler karşısında, sadece çekme kuvvetine karşı çalışması için tasarlanan bu elemanlarda, yatay yükün yönüne göre, elemanlardan birisi sadece gergi kuvvetini alırken, diğer elemanın hiç yük almadığı varsayılır. Bu tip çapraz bağlamalar genellikle, sırtta sırtta bindirilmiş U veya L profillerden oluşturulur. Eğer bu sistemler aynı zamanda basınca karşı da çalışacaksa, K veya V şeklinde düzenlenirler ve bunlara göğüsleme denir. [8, 27]

Yatay çaprazlama elemanları ise, açıklıkların büyük olduğu veya basit birleşimli prefabrike kiriş sistemlerinde, döşeme diyaframının sağlamlığını arttırmak için döşeme altlarında ve kiriş seviyesinde düzenlenir. Ayrıca alın kirişlerinin burulmaya dayanımı arttırmak için de yapı kenarı boyunca uzanan kirişler arasındaki döşemelerde çaprazlamalar kullanılabilir. Eğer yapıda plan ve sistem değişimi olan yükseklikler var ise salınımı azaltmak için, düşey çaprazlama elemanlarına ek olarak kat yüksekliğince yatay kuşaklama elemanları kullanılır. [8, 27] (Şekil 3.32)



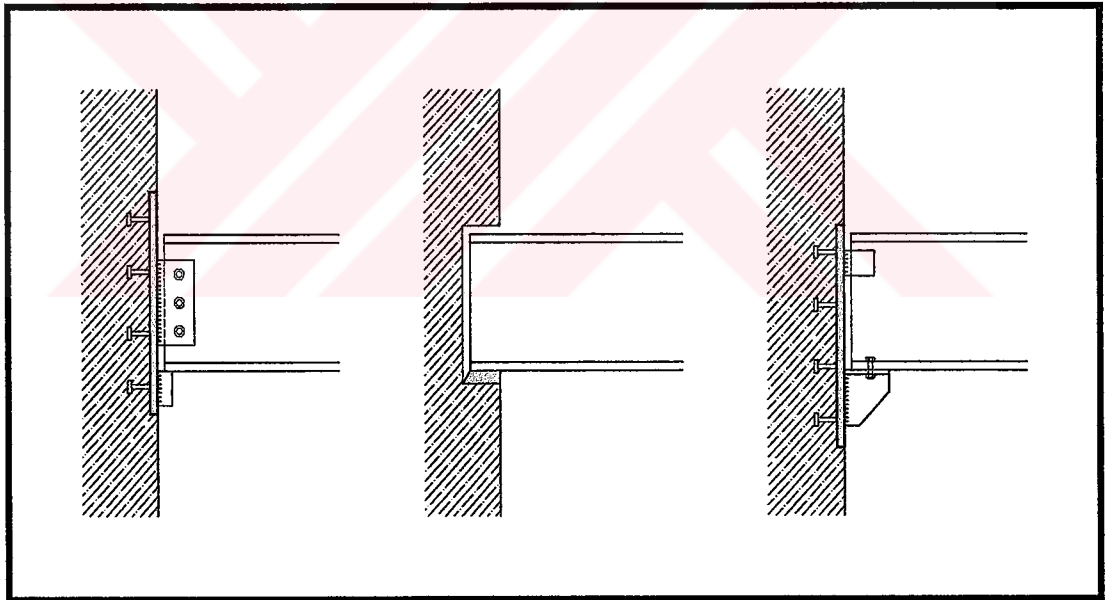
Şekil 3.32. Yatay çaprazlama elemanlarına ait bazı birleşim detayları [8]

Yatay yükler karşısında oldukça etkili bir stabilite sağlayan bu yöntemle, istenirse çapraz bağlar bölme duvarların içine saklanabilir ve çaprazların içine gerekirse servis amaçlı kapı açılabilir fakat bunlara rağmen,yeni ihtiyaçlar veya koşullar karşısında değişebilirliği kısıtlı sistemlerdir. Ayrıca yüksek çelik yapılarda, çaprazlama elemanları toplam maliyetin büyük bir bölümünü oluşturur.

### 3.1.5.2. Betonarme Perde ve Çekirdekler

Çelik iskelet sistemlerde kuşaklamaların kullanımı dışında, stabiliteyi sağlamak için kullanılan sistemlerden biriside, doğrudan kayma rijitliğinin betonarme perdeler veya çekirdek tarafından alınmasıdır. Kutu kesitli bir çekirdek, yatay kuvvetin dış merkez etkisinden doğan burulma momentini de alabilir. Bazı durumlarda burulmada çekirdeğin formunu koruması için yer yer yatay perdeler konur. Betonarme perde ve çekirdekler sayesinde, yapıda iç düzenlemede ve sirkulasyonda serbestlikler sağlanır.

[19] (Şekil 3.33)

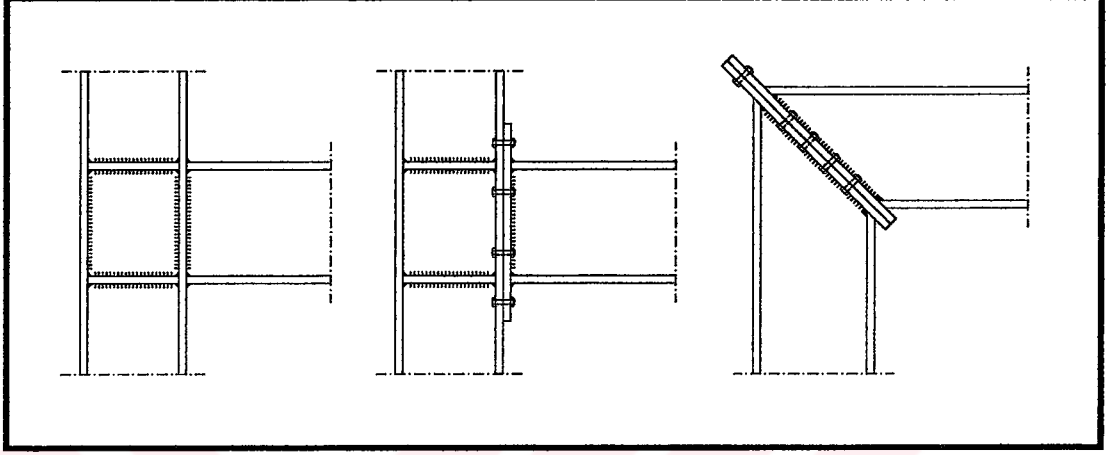


Şekil 3.33. Betonarme perde veya çekirdeklere birleşim [19, 25]

### 3.1.5.3. Rijit Çerçeveseler

Çelik iskelet sistemlerde, her amaca uygun kesintisiz iç mekan yaratmak gibi işlevler söz konusu olduğunda kullanılan rijit çerçeveselerde, yatay döşeme elemanları ile düşey kolonlar arasında sağlanan rijit düğün noktaları ile yatay kuvvetlere karşı konulur ve yatay yüklerden kaynaklanan eğilme momentini karşılama ihtiyacı

nedeniyle kolonlar büyük kesitli ve çerçeve bağlantıları karışık olur. Bununla beraber rijit çerçevelerin kullanılması durumunda planı kare, dikdörtgen veya daire olan yüksek yapılarda rijitlik büyük oranda sağlanmış olur. Kolonlar arasında büyük açıklıklar ve mimari fonksiyonlar açısından serbestlikler sağlayan bu sistemler, diğer sistemlerden daima daha pahalıdır. [26] (Şekil 3.34)



Şekil 3.34. Rijit çerçevelerde çeşitli birleşimler [25]

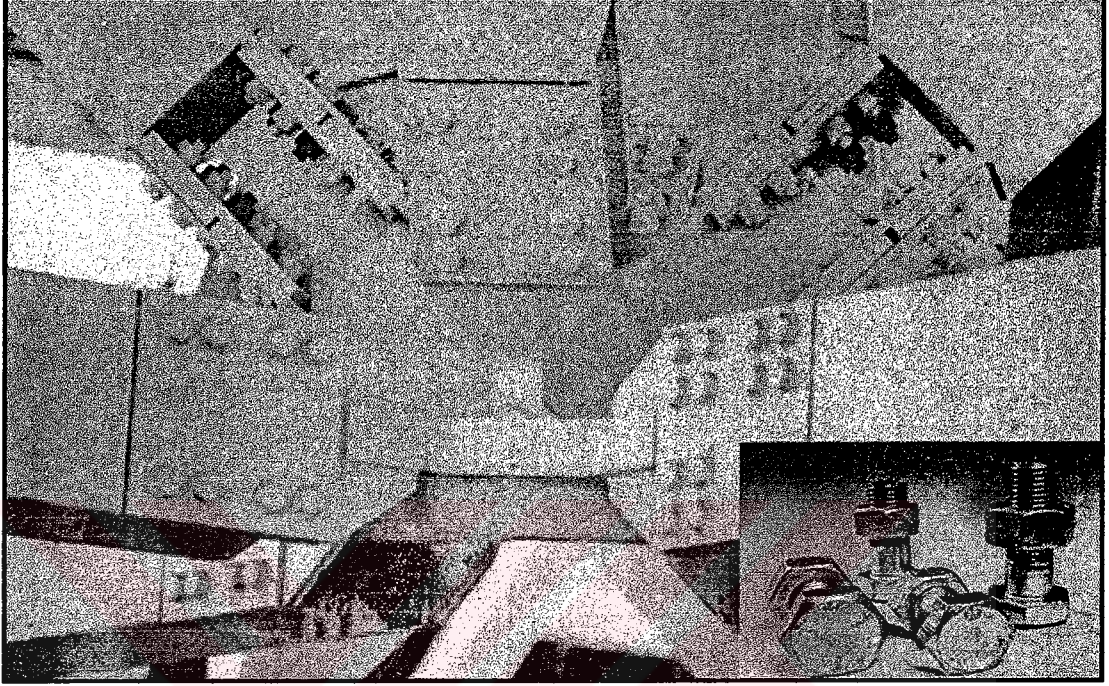
### 3.1.6. Bağlantı Elemanları

Taşıyıcı malzemesi çelik olan sistemler, diğer sistemlerden farklı olarak elemanlardan oluşmaktadır. Bu çelik elemanlarında bir şekilde birbirleri ile birleştirilmeleri ve beraber çalışır hale getirilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan bağlantı elemanların görevi, birbirinden bağımsız olan ana elemanlar arasında, kuvvetlerin, yüklerin ve gerilmelerin güvenli bir şekilde ana elemanlar arasında aktarılmasını sağlamaktır. Genel olarak çelik iskelet sistemlerde kullanılan bağlantı elemanlarını, bulonlu veya civatalı birleşimlerin oluşturduğu sökülebilen ve kaynaklı veya perçinli birleşimlerin oluşturduğu sökülemeyen birleşimler olarak ikiye ayırabiliriz.

#### 3.1.6.1. Sökülebilen Bağlantı Elemanları

Civata, altıgen baş, silindirik gövde ve somundan gibi kısımlardan oluşan bulonlar, ana elemanlara büyük çekme kuvvetleri etki ediyorsa, elemanlar sökülüp tekrar kullanılacaksa, birleştirilecek elemanların şekli ve boyutları kaynağa uymuyorsa çelik iskelet yapılarda tercih edilir. Çelik iskelet sistemlerde kullanılan bulonlar normal mukavemetli bulonlar ve yüksek mukavemetli bulonlar olmak üzere iki

çeşittir. Normal mukavemetli bulonlar St 38 çeliğinden yapılan ham bulonlar ve yuvasına uyan bulonlar olarak iki çeşittir. Ham bulonlar en çok kullanılan bulon tipi olup, pratikte bulon çapı ile yuva arasında 1 mm fark bulunur. Yuvasına uyan bulonların gövdeleri iyice tornalanmıştır ve deliği iyice doldururlar. (Şekil 3.35)



Şekil 3.35. Bulon tipleri ve bulonlu birleşimler [8]

Sökülebilen bağlantı elemanları olan bulonlar yüksek mukavemetli çelikten üretilen ve yük taşıma prensipleri normal bulonlardan farklı olan yüksek mukavemetli bulonlarda, somunlar özel ayarlı anahtarlar yardımıyla sıkıştırılır ve kuvvetin bir elemandan diğer elemana sürtünme yoluyla aktarılmasını sağlarlar. [1, 4, 7]

### 3.1.6.2. Sökülemeyen Bağlantı Elemanları

Çelik iskelet yapılarda kullanılan sökülemeyen bağlantı elemanları kaynaklı birleşimler ve perçinli birleşimler olarak ikiye ayrılabilir. Çok uzak bir geçmişe sahip olmayan kaynaklı birleşimler ilk olarak yüksek yapılarda kullanılmış sonra yaygınlaşmaya başlamıştır. Malzeme ve işçilik bakımından özen isteyen kaynaklı birleşimlerde amaç, çelik elemanların birleştirilecek kenarları ve kullanılan elektrotun erime derecesine kadar ısıtılarak kaynaşmalarını sağlamaktır. Çelik iskelet yapılarda elemanların birleştirilmesi, eritme kaynağı ve basınç kaynağı gibi iki tip sistemle yapılabilir.

Eritme kaynağında metodunda, gaz kaynağı veya elektrik kaynağı gibi sistemler kullanılarak, elektrik veya gaz yoluyla ısı elde edilir ve bu ısıyla da, kaynak işlemini gerçekleştirilir. Genel olarak çelik yapılarda elektrik kaynağı en yoğun olarak kullanılan metottur. Basınç kaynağı metodunun ise çelik yapılarda kullanım alanı pek yoktur. Malzemenin ısıtılarak basınçla birleştirilmesi prensipi ile çalışan bu method, ateş kaynağı, su gazı kaynağı ve direnç kaynağı olarak üç tipte uygulanabilir.

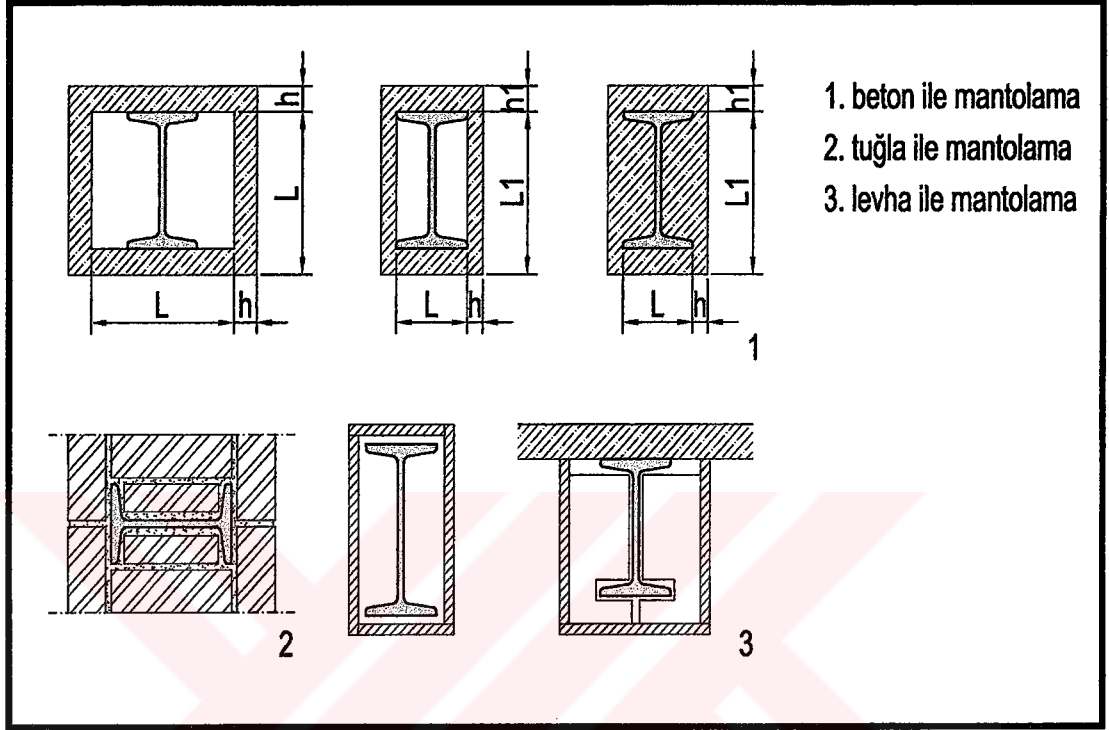
Günümüzde artık pek kullanılmayan bir yöntem olan perçinli birleşimlerde, perçin kızıl dereceye kadar ısıtıldıktan sonra daha önceden hazırlanmış deliğe sokulur, delikten taşan kısmın dövülerek, perçinin deliği doldurması sağlanır. Çelik yapılarda, yuvarlak başlı perçinler ve gömme başlı perçinler kullanılır. En çok tercih edileni ise, yuvarlak başlı perçinlerdir. [1, 4, 7]

### **3.1.7. Çelik Taşıyıcı Elemanların Dezavantajlarını Giderici Detaylar**

Tez çalışmasının ikinci bölümde çelik iskelet yapılar birçok avantajlarına rağmen bazı dezavantajları olduğunda ortaya konmuştu. Bu dezavantajlardan, malzeme açısından ortaya konan dezavantajlar başlığı doğrultusunda çeliğin başta yangına karşı olmak üzere, korozyona, ısı ve ses iletimine karşı zayıf olduğu görülmektedir. Bununla beraber oldukça basit detaylarla çelik taşıyıcı sistemlerin bu dezavantajlarını giderilebilir.

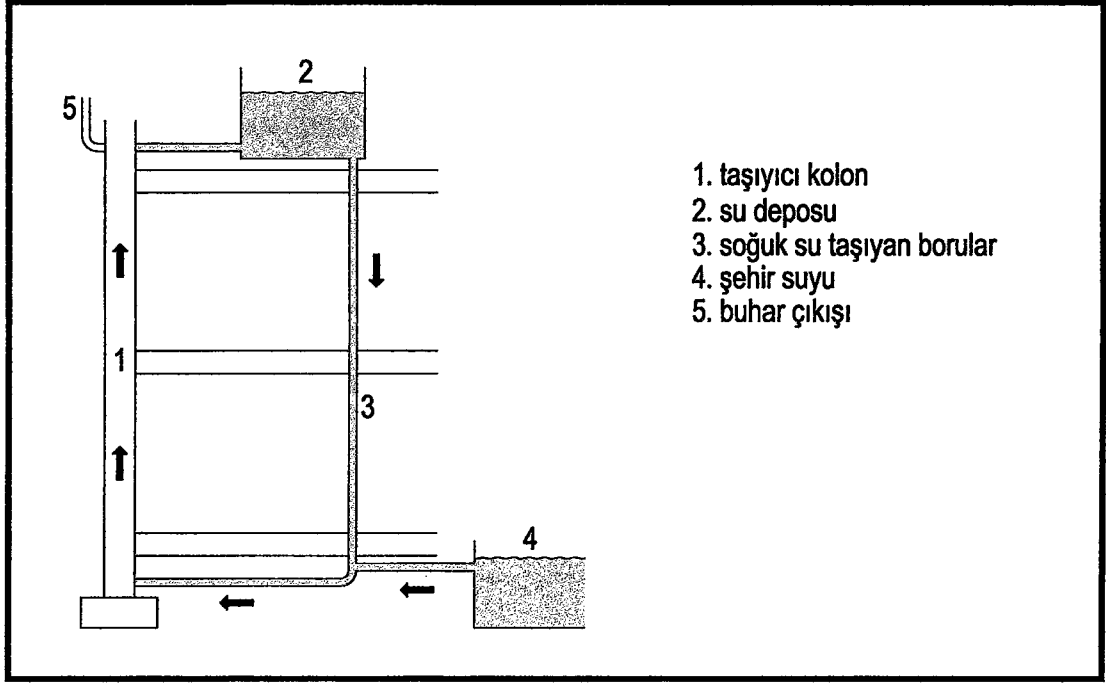
Çeliğin malzeme olarak en büyük dezavantajı olan yangına karşı korunumunda kullanılan en etkili metod beton ile kaplamadır. Çıplak olarak bir çelik bir kolonun yangına karşı korunumu 5 dakika iken, 5 cm kalınlığında beton ile bu süre 130 dakikayı bulmaktadır. Ayrıca beton ile kaplanan çelik bir kolon, dış tesirlere ve darbelere dayanıklı olduğu gibi korozyon problemide ortadan kalkar. Çelik bir kolon çeşitli şekillerde beton ile kaplanabilir. Çeliğin etrafı bir zarf gibi betonla kaplanabildiği gibi, tamamı da kaplanabilir. Eğer etrafı kaplanacaksa minimum beton kalınlığı 40 mm olmalıdır. Ayrıca çelik ile arasında kalan boşluklara hafif beton dökülmelidir. Bu mantolama işlemleri sırasında betonun taşıyıcılığı veya çelik ile oluşturacağı kompozitlik etkisi gözardı edilir.

Çeliğin yangına karşı korunumu beton ile yapılabildiği gibi yangına karşı ısınma ısıtı oldukça yüksek levhalarla da çelik elemanlar kaplanabilir. Malzeme olarak, alçıtaşı levhalar, fiberle güçlendirilmiş kalsiyum silikat levhalar, mineral fiber levhalar ve vermikülit-sodyum silikat levhalar kullanılabilir. [20] (Şekil 3.36)



Şekil 3.36. Kolonların ve kirişlerin yangına karşı çeşitli şekillerde kaplanması [20]

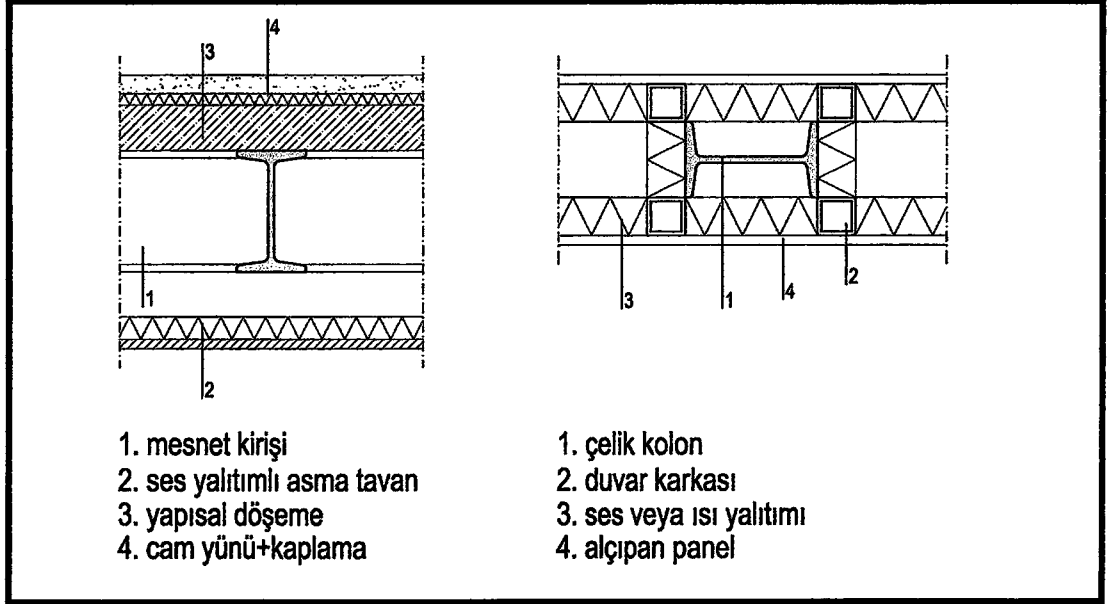
Çelik kolonların yangına karşı korunumunda geliştirilmiş bir başka metod ise su dolanımı yoluyla korumadır. Çok fazla uygulanmayan ve pahalı bir yöntem olmasına karşın çalışma prensibi açısından oldukça ilginç bir yöntemdir. Su hem büyük ısı özgül katsayısı, hem de buharlaşırken yuttuğu büyük ısı nedeniyle çok iyi bir soğutucudur. Şekil (3.37) de görüldüğü gibi, kolon su deposuna, kolon ayağı da 3 numaralı boru ile su deposuna bağlıdır. Yangın çıkması durumunda ısınan çelik kolon nedeniyle sıcak su yukarı hareket eder ve su deposundan soğuk su borusu ile aşağı soğuk iner. Sıcaklık sonucu ortaya çıkan buhar ise dışarı verilir. Tüm sistem ise borular ile su şebekesine bağlanır. Bu sistemde, su sürekli dolu olduğu için soğuk aylarda donamaya karşı önlem alınması gerekir ayrıca taşıyıcı sistem hesapları yapılırken suyun hidrostatik iç su basıncı da göz önünde bulundurulmalıdır. [19] (Şekil 3.37)



Şekil 3.37. Su dolanımı yoluyla yangına karşı koruma [19]

Bu yöntemlerin dışında çelik iskelet yapılar yangına karşı özel spreyci malzemelerle veya yangın sırasında 70 mm'ye kadar şişen özel boyalarla korunabilir. Spreyci uygulamalı malzemelerde, çimentolu plasterler, mineral fiberler gibi malzemeler kullanılır. Ekonomik olması nedeniyle sıklıkla kullanılan spreyci yönteminde püskürtme işleminin yapının kirlenmesine neden olacağı düşünüldükçe uygulama zamanı iyi seçilmeli ve spreyci işleminin yapılmış çelik elemanlar kaplanmalıdır.

Çelik iskelet yapıların bir diğer problemi de ses ve ısı izolasyonunun yapılması gerekliliğidir. Döşemelerde oluşacak akustik ve ısı problemlerinin ortadan kaldırılması için en iyi yöntem üç katmanlı döşeme sistemidir. Bu sistemlerde, yapısal döşeme ile döşeme kaplamasının arasına cam yünü gibi bir malzeme serilir. Bu sayede elde edilen yüzer bir döşeme ile hava doğuşumlu gürültüye ek olarak etkili adım sesine karşıda önlem alınmış olur. Ayrıca belli bir yalıtım içeren asma tavan malzemesi ile döşeme üç katmanlı hale getirilerek hem ses hemde ısı izolasyonu maximum seviyeye ulaştırılabilir. Çelik kolonların olduğu yerlerde ise belirli bir karkasa sahip alçıpan levhaların arkasına izolasyon elemanları konularak ısı ve ses geçirimi minimuma indirilebilir. [22] (Şekil 3.38)



Şekil 3.38. Döşeme ve duvarlarda ses ve ısı izolasyonu [22]

### 3.2. Çelik Yapılarda Kabuk Elemanları

Taşıyıcı sistem malzemesi ne olursa olsun yapı kabuğu; dış duvarlar, çatılar ve toprakla temas eden duvar ve döşemelerden oluşur. Dış kabuk elemanlarından, toprakla temas eden duvarlar ve döşemeler taşıyıcı sistem malzemesi değişse bile çoğunlukla aynı prensiplere göre detaylandırılmaktadır. Bununla beraber, yapı kabuğunun büyük bir kısmını oluşturan dış duvarlar ve ayrıca çatı elemanları, bunlara ait detaylandırma prensipleri taşıyıcı sistem malzemesi ve taşıyıcı sistem tipine göre değişiklik gösterir. Bu elemanların performansı, başarılı ve istenilen niteliklere uygun bir yapıdan beklenen en önemli faktörlerden birisidir.

Dış kabuk elemanları kendilerinden beklenen işlevleri doğru bir şekilde yerine getirmeleri için, tasarım aşamasından, uygulama aşamasında kadar birçok verinin göz önünde tutulması gerekmektedir. Tasarım aşamasında işlevleri ve hedefleri doğru belirlenen ve sonrasında doğru yapılan duvarlarda, kullanım aşamasında karşılaşılabilecek sorunlar minimum düzeye indirilebilir. Yapı dış kabuğunda ulaşılması gereken hedefler şunlardır:

- Kullanılabilirlik
- Uygulanabilirlik
- Ekonomiklik (üretim ve uygulama bakımında)

- Güvenlik
- Sağlık
- Konfor

Ortaya konulan bu hedefler dışında ayrıca bir yapı dış kabuğunun kendisinden beklenen performansın da maksimum düzeyde olması için tasarım aşamasında, çevresel faktörler başlığı altında toplanabilecek olan; doğal, ekonomik ve yönetsel faktörlerin de gözönünde tutulması mutlaka gerekmektedir.

Malzeme olarak çelik doğasından gelen özellikleri sayesinde, hemen hemen tüm yapay ve doğal malzemelerle uyum içinde yapılarda beraber çalışabilmektedir. Çelik iskelet sistemleri oluşturan elemanlarında özellikleri bellidir ve fabrika ortamında üretilirler. Bu kriterler doğrultusunda oluşturulacak dış duvar sistemlerinde, çeliğin bu özellikleri ile uyum gösterecek niteliklere sahip olması gerekmektedir.

Bunlara bağlı olarak, çelik yapılarda dış kabuk elemanlarından beklenen özellikleri ortaya koymadan önce, genel olarak bir yapı kabuğunda yapı fiziği gerekliliklerini karşılayacak özelliklerin ortaya konması gereklidir. Bu doğrultuda aranan özellikler şunlardır:

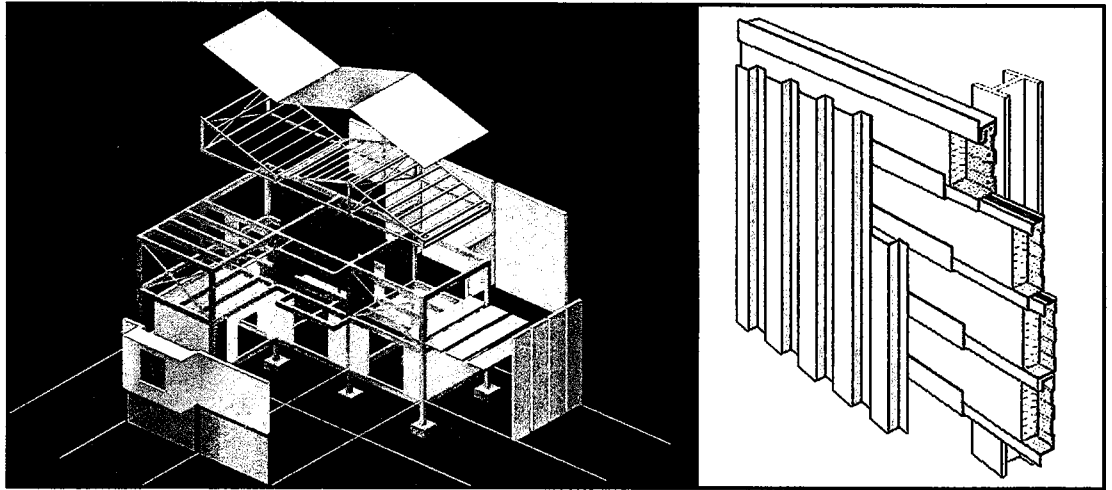
- Yapı kabuğu ısı köprülerini minuma indirecek düzeyde tasarlanmalıdır.
- Yapı kabuğu sistemleri için tasarlanmış elemanlarının ısı tutuculuk kapasiteleri yüksek değildir.
- Yapı kabuğu elemanlarının hem kendi aralarında ve hem de taşıyıcı sistemle arasındaki derzler iyi detaylandırılmalıdır.
- Yapı kabuğunu oluşturan elemanların yangın dayanımı yüksek olmalıdır.
- Güneş ışınlarının zarar verici etkilerine karşı yapı kabuğunun dayanıklı olması ve ayrıca güneş ışınlarının aydınlatma ve ısıtma amaçlı da kullanılabileceğinin düşünülmesi gerekmektedir.
- Yapı kabuğunda ses yalıtımının, sistemi oluşturan malzemelerin yoğunluğu ile ilgili olduğu göz önünde tutulmalı ve buna göre önlem alınmalıdır.

Ortaya konulan bu özellikler, çelik taşıyıcı sistemlerin genel özellikleri bir araya geldiğinde çelik iskelet sistemlerde yapı kabuğundan beklenen özellikleri de şu şekilde ortaya koyabiliriz.

- Çelik yapılarda ön görülen toleransların küçük olması nedeniyle, yapı kabuğu yapım toleranslarının düşük olması gereklidir.
- Çelik iskelet sistemlerde tüm taşıyıcılık sistemi oluşturan elemanlarda olduğu için, yapı kabuğu elemanlarının hiç bir taşıyıcılık fonksiyonu yüklenmesine gerek yoktur.
- Çelik elemanlarının boyutlarının ve kesitlerinin daha önceden belirlendiği ve fabrikalarda üretildiği düşünülürse, yapı kabuğuna ait elemanlarında prefabrikasyona uygun olması daha doğrudur.
- Çelik iskelet sistemlerinin uygulama aşamasında aynı zamanda doğal iskele görevi görmesi nedeniyle, yapı kabuğu elemanlarında boyutsal uygunluğu ve küçük boyutlu bileşenlerden oluşması gerekmektedir.
- Yapı kabuğunu oluşturan elemanların, çelik iskelet sistemlerinin en büyük dezavantajlarından birisi olan yangına karşı dayanımını artıracak nitelikte olmalıdır. [15, 22, 27]

### 3.2.1. Çelik Yapılarda Dış Duvar Tipleri ve Bunlara Ait Detaylar

Çelik iskelet sistemlerde dış duvarlardan beklenen özellikler doğrultusunda, dış duvar sistemlerinin oluşturacak malzeme seçiminin oldukça titiz ve doğru bir şekilde yapılması ve gerek detaylandırma aşamasında gereksede uygulama aşamasında karşılaşılabilecek zorlukların mutlaka düşünülmesi kullanım aşamasında çıkabilecek sorunların minimum düzeyde olması açısından oldukça önemlidir. (Şekil 3.39)

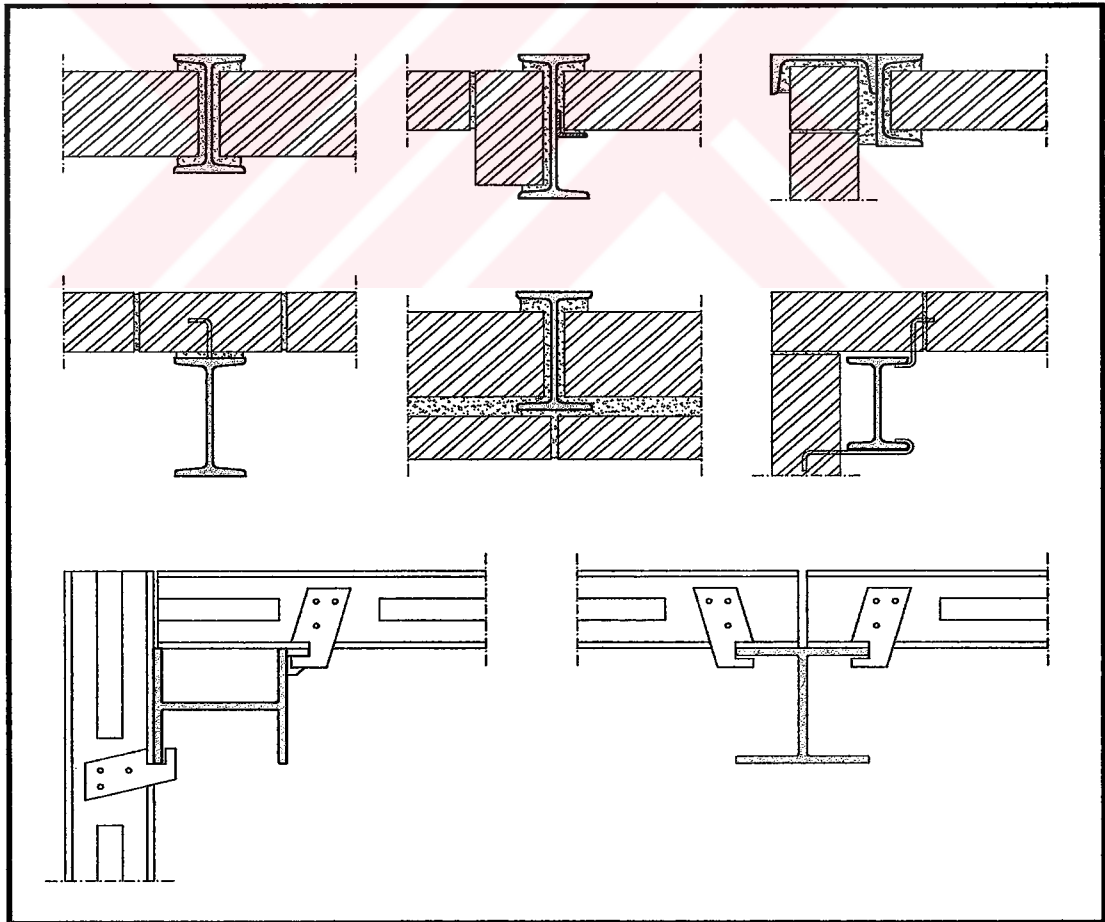


Şekil 3.39. Çelik yapılarda iç ve dış duvarlar

Taşıyıcı sistem malzemesi olarak çeliğin diğer birçok yapı malzemesi ile uyum içindedir. Bu durumda, her ne kadar dış duvarlardan beklenen özellikler bizi hafif duvar tiplerine yönlendirsede, doğru detaylandırılıp, uygulandığı takdirde birçok geleneksel yapı malzemeside oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Detaylandırma da önemli olan bu malzemelerin özelliklerinin iyi bilinmesi ve deyatlandırmanın buna göre yapılmasıdır.

### 3.2.1.1. Yığma Duvarlar

Geleneksel yapı malzemeleri olarak kullanılan, tuğla, doğal taş, hafif beton gibi yığma sistemleri oluşturabileceğimiz parçalı bileşenlerden oluşan bu malzemeler ile çelik iskelet sistemlerde, taşıyıcılığa etkisi olmayan dış duvarlar oluşturabiliriz. Bu malzemelerin kendi doğalarına özgü özellikleri doğru bir şekilde çelik iskelet sistemlerle bağdaştırabilirsek ortaya oldukça çeşitli tasarımlar ortaya çıkarabiliriz. Ayrıca bu tip malzemelerin fiziksel özellikleri sayesinde çelik iskelet sistemlerin dezavantajları da ortadan kaldırılabilir. [28] (Şekil 3.40)

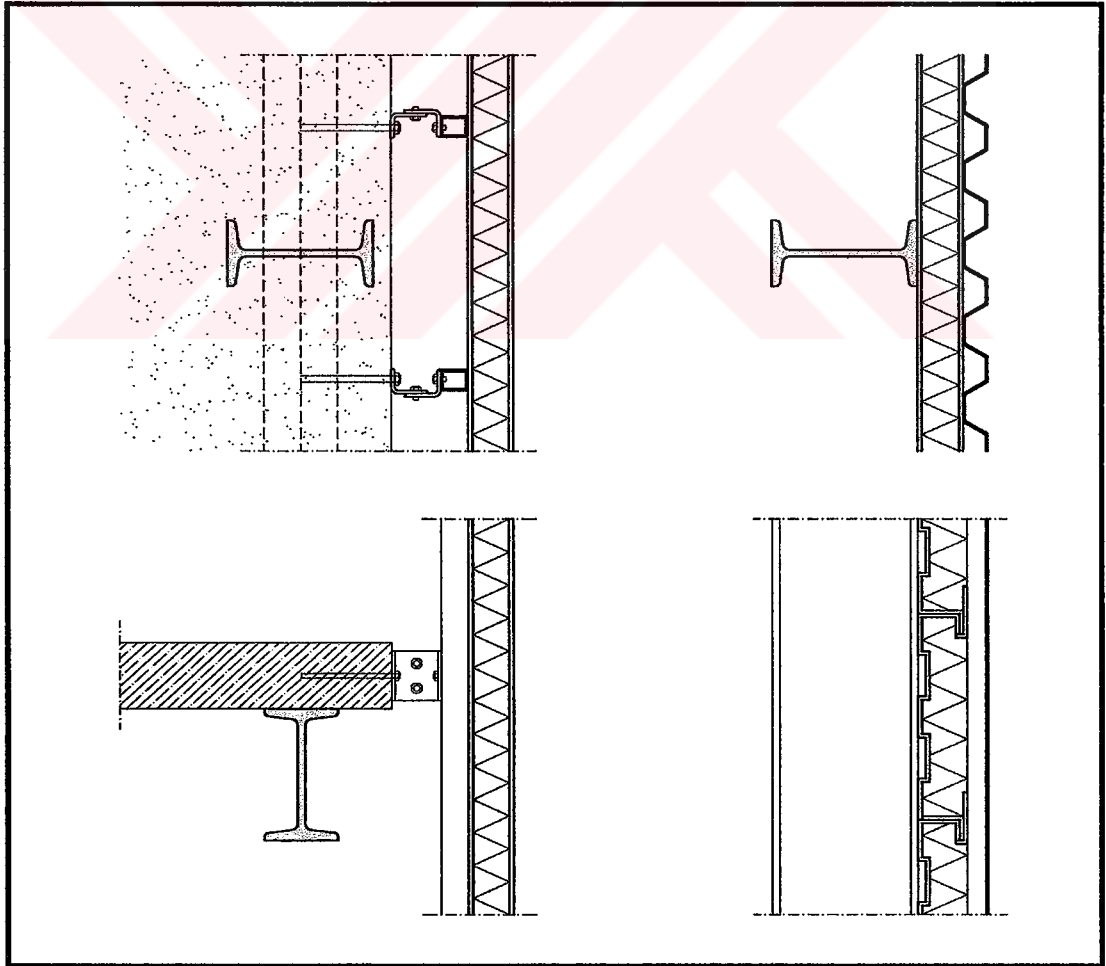


Şekil 3.40. Yığma duvar ile çelik elemanlara ait bazı birleşim detayları [28]

Taşıyıcı iskelete oturan tipte olan yığma dış duvarların kullanıldığı sistemlerde duvarların herhangi bir taşıyıcılığı olmadığı için, istenilen boşlukların açılması mümkündür. Varolan ağırlıklarını, üstlerine oturdukları çelik kirişe aktaran, bu duvar sistemlerinin en büyük dezavantajı ağır olmalarıdır. Bu nedenden dolayı, tasarımcılar ortaya konulan basit detay çözümlerini de düşününce hafif beton tipi malzemeleri tercih etmektedirler.

### 3.2.1.2. Panel Duvarlar

Üretimleri tamamıyla prefabrike olan gerçekleşen panel duvarların taşıyıcıları, levhalarla veya dökme olarak elde edilir. Gövdelerinde ısı yalıtım malzemesi içeren tek kat yüksekliğinde olduğu gibi iki veya üç kat yüksekliğinde de üretilen panel duvar elemanları, kendi ağırlıklarını taşıyarak, yatay yükleri önce birbirlerine sonra da zemine iletirler. (Şekil 3.41)

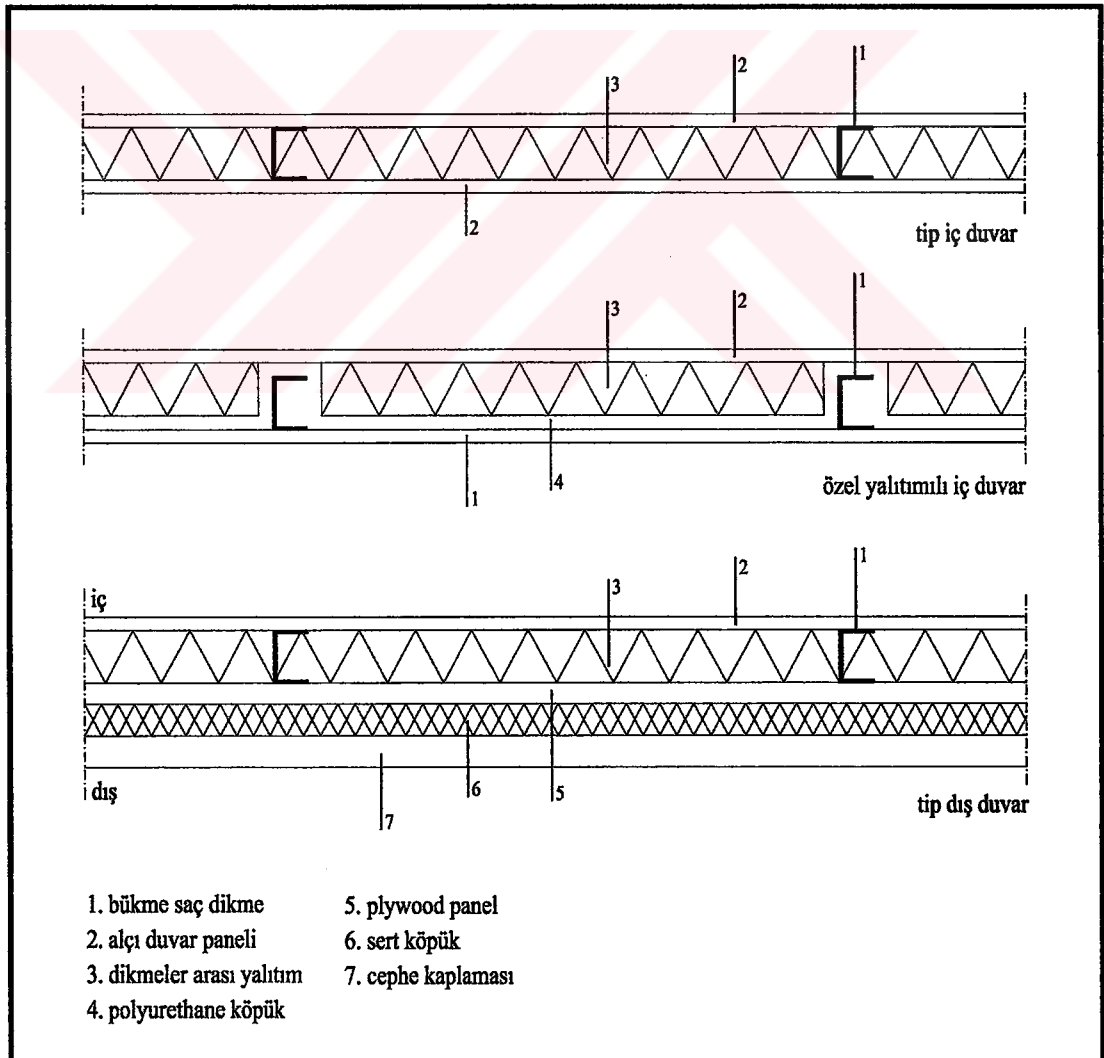


Şekil 3.41. Panel duvarların çelik taşıyıcılarla birleşimlerine ait bazı detaylar [9]

Az katlı iskelet yapılardan çok, endüstri tipi geniş açıklıklı yapılarda tercih edilen panel duvarlar, metal paneller halinde olduklarında galvanizlenerek ve fırında emayenerek oluklu veya düz olarak üretilirler. Tasarımdaki yerlerine göre, pencere boşlukları açılarakta üretilmeleri mümkündür.

### 3.2.1.3. Hafif Panel Duvarlar

Günümüzde az katlı çelik yapılarda hem dış duvar olarak hem de iç bölme duvar olarak en çok tercih edilen duvar tipi olan hafif panel duvarlar, çelik, alüminyum, ahşap gibi bir taşıyıcı çerçevenin içinde, genellikle ses ve ısı yalıtımı amaçlı kullanılan hafif dolgu elemanlarından oluşurlar. Yığma duvarlar gibi, taşıyıcılık fonksiyonları olmadığı için, çelik iskelet sistemlerde kolon ve kirişlerin arasına oturtularak duvar fonksiyonu kazanmaları sağlanır [9] (Şekil 3.42)



Şekil 3.42. Hafif panel duvar detayları [9]

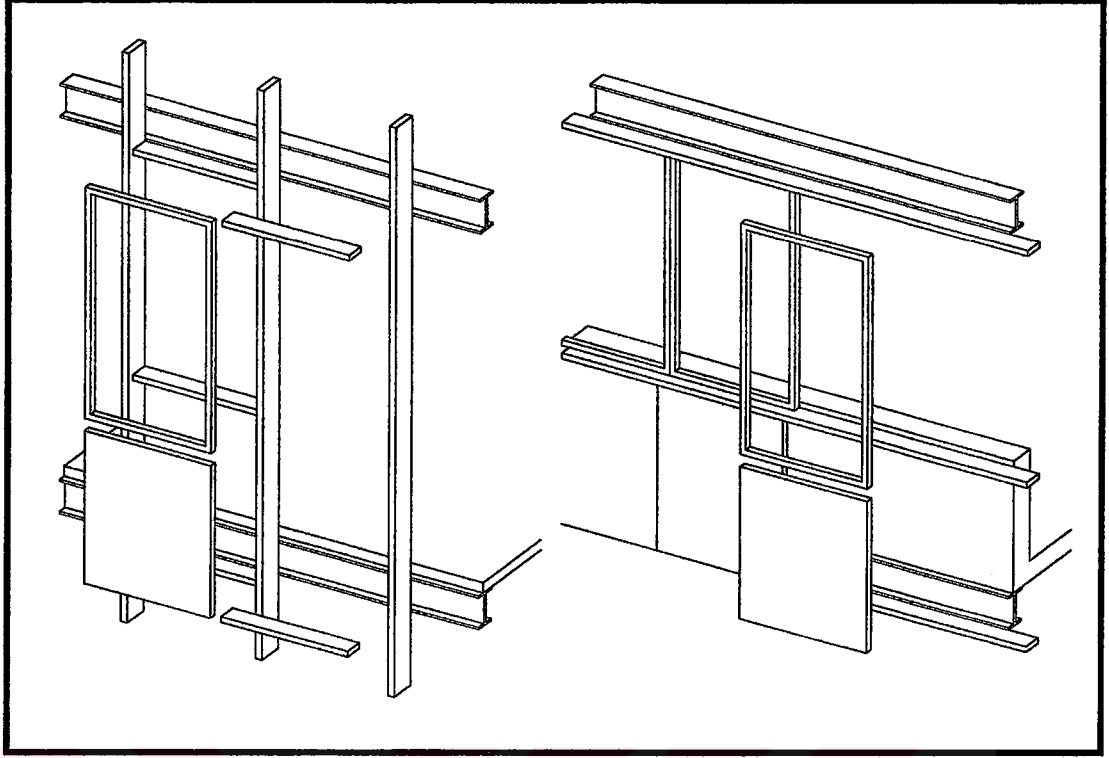
Genel olarak üç ana katmandan oluşan hafif panel duvarlarda, dış yüzeyin opak kısımları; metal levha, ahşap, plastik veya taş gibi malzemelerden oluşturulabilir. Ortadaki katmanda ise, ısı ve ses korunumu amaçlı, kalınlıkları yapının yapılacağı yerin iklim ve konuma göre değişen cam yünü ve poliüretan esaslı malzemeler oluşturur. İç yüzeyde kalan katman ise, genellikle alçıpan veya kontraplak levhalarla oluşturulur. Bölme duvarı olarak kullanılan hafif panel duvarlar ise sadece çelik yapılarda değil, diğer yapılarda da günümüzde en tercih edilen duvar tipidir. Yapının tasarımına göre, fabrikalarda hazır olarak yapılıp montajı şantiyede yapıldığı gibi, şantiye ortamında da kendi özel profilleri veya başka tip profillerle de (kutu profiller) oluşturulabilir.

#### **3.2.1.4. Giydirme Cepheler**

Az katlı çelik iskelet yapılarda fazla tercih edilmemekle beraber, çelik iskelet yüksek yapılarda tercih edilen giydirme cepheler diğer dış duvar tiplerinden farklı olarak taşıyıcı sisteme asılma prensibinde çalışırlar. Tamamiyle prefabrike olarak üretilen giydirme cepheler, çelik iskelet yapılarda tercih edilen bir hal almaktadır. Yaygın olarak hafif giydirme cepheler kullanıldığı gibi, ağır giydirme cephe uygulamalarına da rastlanmaktadır.

Hafif giydirme cephelerde, iskelet sisteme asılan duvar panelleri hafif bileşenlerden oluşturulur. Yoğun olarak kullanılan hafif giydirme cephe sistemlerinden birisi yatay ve düşey çubuklarla oluşturulan çubuk sistemlerdir. Diğer giydirme cephe sistemlerine göre düşük maliyetli olmasına rağmen elemanların şantiyede ortamında monte edilmesi nedeniyle yapı cephesinde kalite istenen düzeyde olmaz. Çubukların oluşturduğu sistemin baskın olarak gözüktüğü bu sistemde metal malzemelerden üretilen taşıyıcı dikmeler monte edilir. Daha sonra dolgu panelleri, cam veya kaplama malzemeleri monte edilir. (Şekil 3.43)

Özellikle endüstri tipi yapılarda kullanılan bir başka hafif giydirme cephe sistemide panel sistemlerdir. Prefabrike üretilen bu panellerin montajı şantiyede yapılır. Havalandırılmalı ve havalandırmasız olarak üretilen bu panellerin dış yüzleri genellikle metal kaplıdır. Gövdeleri ise ısı yalıtım malzemelerinden oluşur. Prefabrik elemanlar olmaları nedeniyle, sızdırmazlık sorunları daha iyi çözülmüş olan panellerin montajı her türlü hava koşulunda, özel bir işçilik gerektirmeden hızla yapılabilir.

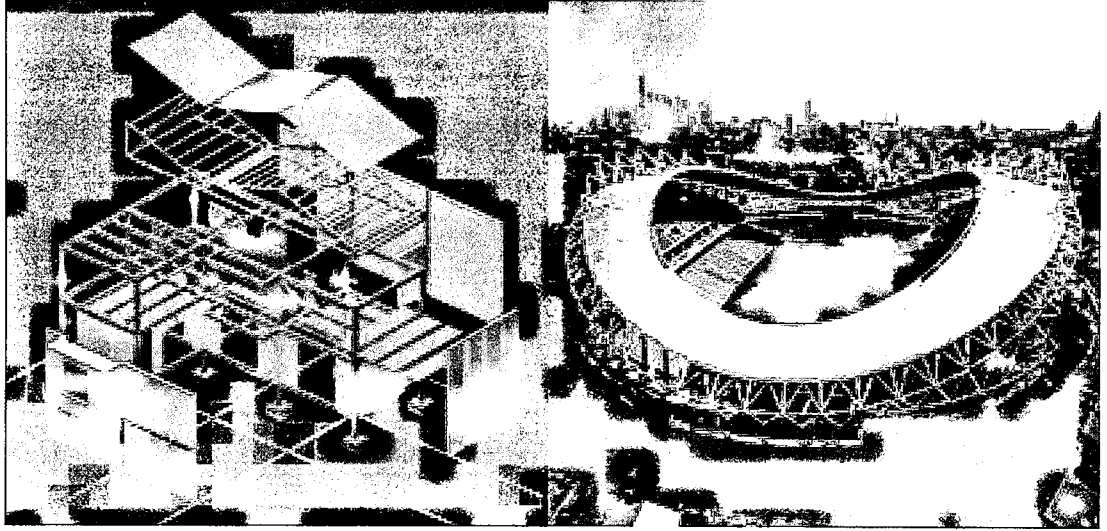


Şekil 3.43. Düşey ve yatay giydirme cephe tipleri [15]

En yaygın olarak kullanılan bu iki hafif giydirme cephe sistemi dışında ayrıca, kat yüksekliğinde kaplama duvarlar, kaplama cepheler ve strüktürel silikon cepheler kullanılmaktadır. Bir başka giydirme cephe sistemi de, prefabrike giydirme cephe panellerinin duvar konstrüksiyonunun normal veya prekast beton ve yapay taş gibi elemanlardan oluştuğu ağır giydirme cephelerdir. Bu duvar panelleri ağır olmaları nedeniyle döşeme uçlarına monte edilmezler. Cephe kirişlerine veya kolonlara, döşeme uçlarında sehim olmaması için, montajı yapılır. Bu tip giydirme cephe sistemlerinde kullanılan elemanlar, montaj sırasında darbe alabildiği gibi, yapıda oluşabilecek farklı hareketlerde de çatlama yapabilirler. [8, 15]

### 3.2.2. Çelik Yapılarda Çatılar ve Bunlara Ait Detaylar

Taşıyıcı sistem seçimi çelik olarak yapılmasa bile karma sistemlerde de en çok kullanılan ve karşılaşılan çatı taşıyıcı sistemleri gerek kaplama malzemeleri, gerekse de taşıyıcı sistem elemanları ile kendi başına bir tür olmuştur. Çatı sistemi oluşturulurken veya kullanım sürecinde çatıları basit olarak, çatı taşıyıcı sistemleri ve çatı örtüsü olarak iki kısımda inceleyebiliriz. (Şekil 3.44)



Şekil 3.44. Çelik yapılarda çatılar

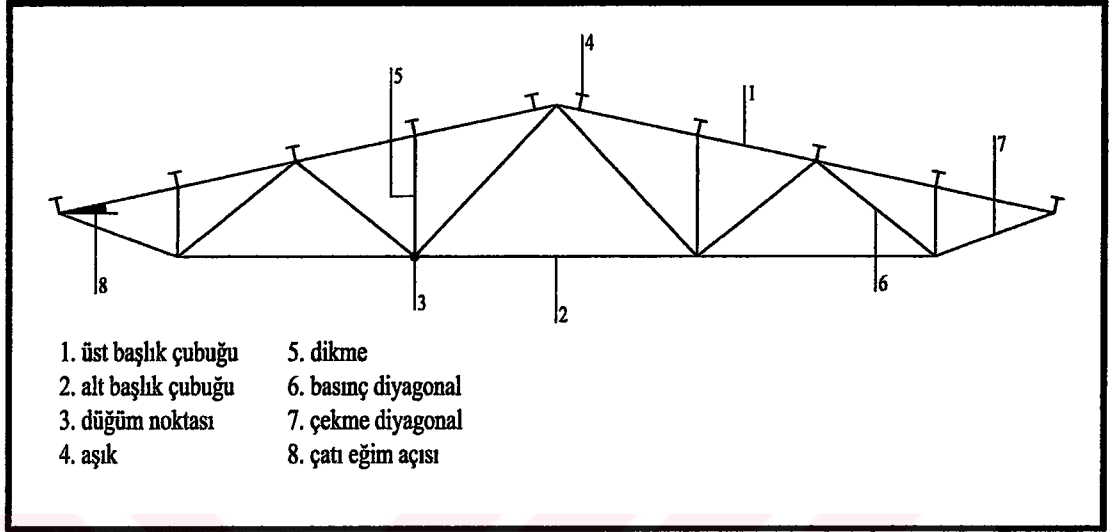
Çelik yapılarda veya bağımsız olarak çatı sistemleri oluşturulurken, daha önce anlatılmış olan yapı kabuğuna ilişkin faktörler dışında ayrıca temel olarak etkiyen yüklerde dikkate alınmalıdır. Bu yüklerden birincisi, çatı konstrüksiyonunu oluşturan elemanların öz ağırlıklarıdır. Bu elemanların öz ağırlıkları, elemanların aralıklarına, geçtikleri açıklıklara ve çatı sisteminin oluşum sistemine bağlıdır. İkinci olarak etkiyen yükler ise, oluşturulan çatı sistemine gelen kar ve rüzgar yükleridir. Temel olarak etkiyen bu yüklere göre, çatı sistemini boyutlandırılır ve uygulanır.

### 3.2.2.1. Çelik Yapılarda Çatı Makasları

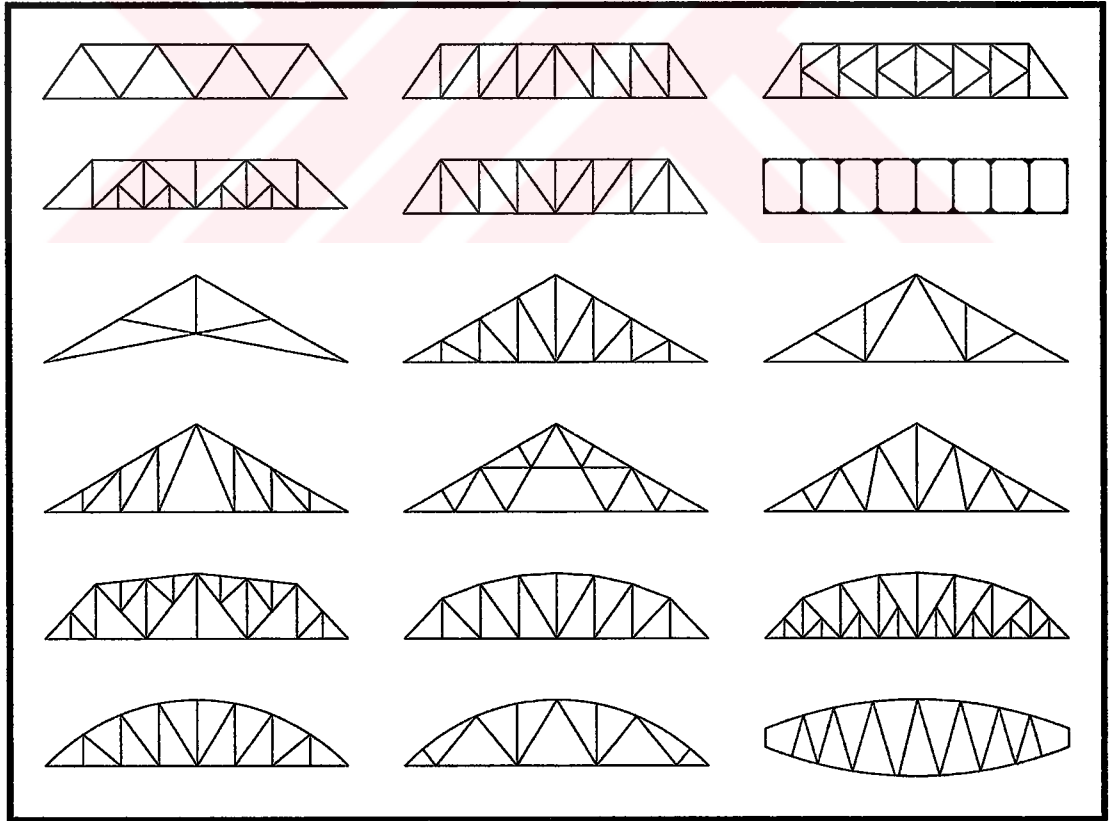
Çatı makasları temel itibari ile daha önce anlatıldığı üzere aslında düzlem kafes kirişlerdir. Bununla beraber çatı taşıyıcı sistemleri olarak düşünüldüğünde çatı makasları ana taşıyıcı görevini üstlenirler. Genellikle de kafes kiriş şeklinde yapılırlar. Sistemde doğal olarak çubuklardan oluşur. Bu çubuklar üst başlık çubuğu, alt başlık çubuğu, dikme çubuğu ve diyagonal çubuklar olarak dört ayrı parçadır. Ayrıca diyagonal çubuklar kendi aralarında basınç çubukları ve çekme çubukları olarak iki ayrı şekilde sistemde taşıyıcılıklarına göre ikiye ayrılırlar. Çubukların birbirleri ile kesiştiği noktalara ise düğüm noktası adı verilir. [23] (Şekil 3.45)

Makaslar yükleri aktarma biçimlerine göre de kendi aralarında oturtma makas ve asma makas olarak ikiye ayrılırlar. Oturtma makaslar üzerlerine gelen yükleri dikmeler aracılığıyla ana taşıyıcılara aktarırken, asma makaslar ise üzerlerine gelen yükleri dikmeler yerine yanlamalarla mesnet noktalarına aktarırlar. Yükleri aktarma

biçimlerine göre farklılık gösteren makaslar ayrıca şekilleri itibariyle de farklılıklar gösterirler. Üçgen ve trapez şekilli makaslar çok kullanılmakla beraber farklı tipte makaslarda kullanılır. Ayrıca kafes kirişlerin hepsi aynı zamanda çatı makası olarak kullanılabilir. [9, 23] (Şekil 3.46)

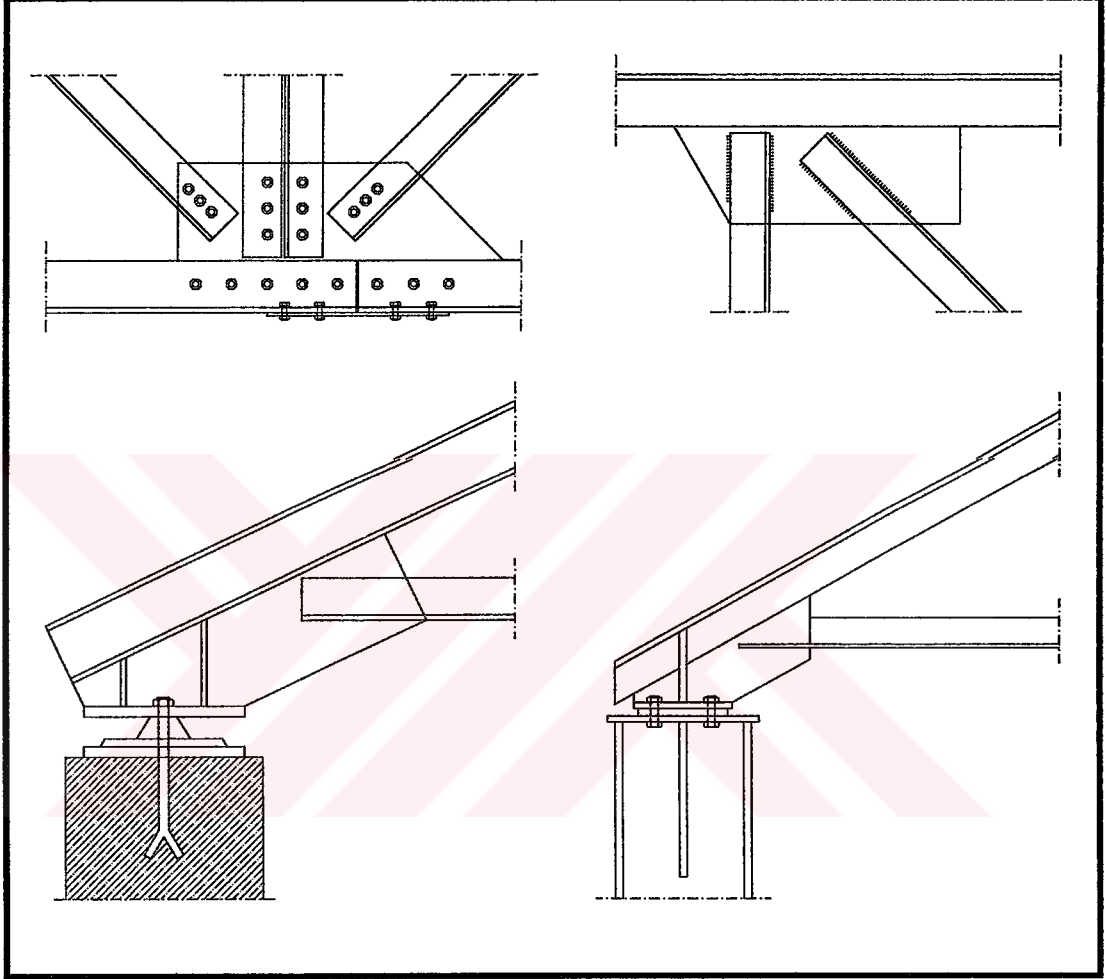


Şekil 3.45. Çatı makasını oluşturan elemanlar [23]



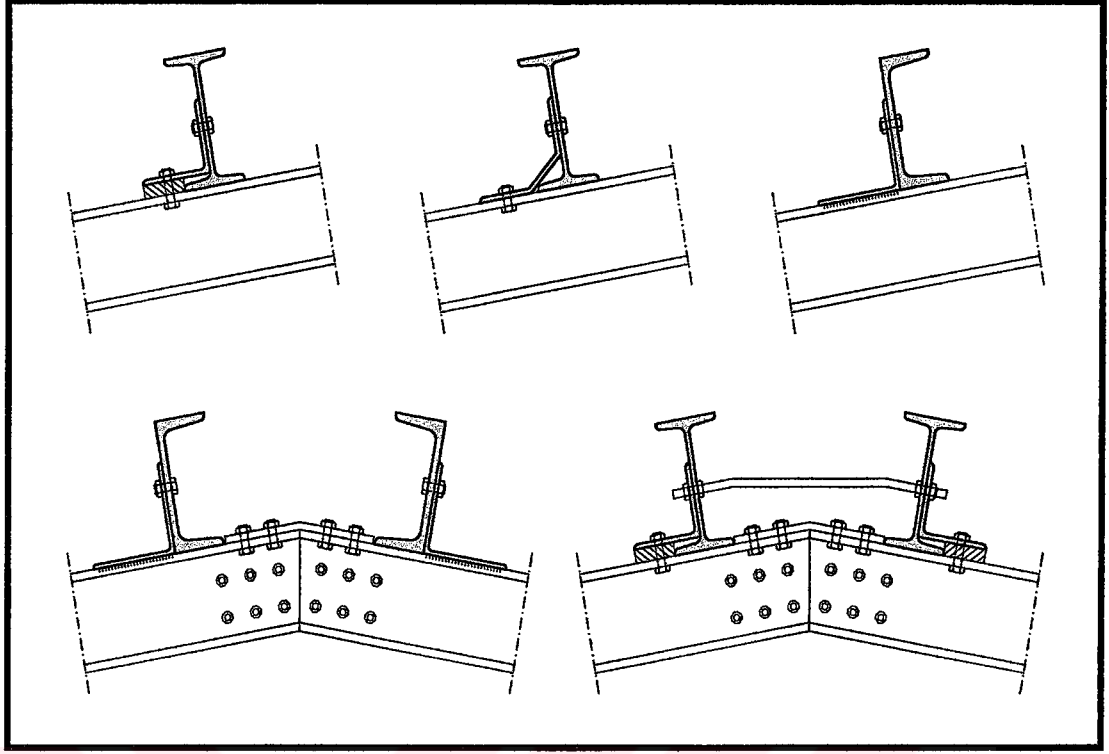
Şekil 3.46. Çeşitli çatı makası tipleri [9]

Çatı makaslarının çelik iskelet sistemle uyumu ve detaylandırılmasında çelik birleşim detaylarından farklılık göstermez. Sadece kendi içinde daha önce bahsedildiği üzere kullanılan diğer elemanların öz ağırlıkları, kar ve rüzgar yükleri ile kullanılacak örtü malzemesinin tipi belirleyici hesaplarda, tasarımlarında ve detaylandırılmada öne çıkar. [21, 23] (Şekil 3.47)



Şekil 3.47. Çeşitli çatı makası birleşim detayları

Çatı örtüsü ve mertekleri taşıyan, tüm yükleri çatı makaslarına ileten ve çatı makası üst başlığının, makas düzlemi dışına doğru burkulmasında, burkulma boyunu sınırlama görevini yapan elemanlara aşık adı verilir. Aşıkların tasarımında çatı kaplama malzemesinin kaplayacağı alan ve malzemenin türü ön plana çıkar. Genel olarak aşıklar çatı makaslarının üst başlığına mesnetlenir. Mesnetleme, aşık olarak kullanılan profile ve çatı eğimine göre çeşitli şekillerde yapılabilir. Ayrıca aşıklara etkileyen yükleri etkinliği azaltmak içinde yuvarlak demirlerden yapılan aşık gergileri kullanılabilir. [23] (Şekil 3.48)



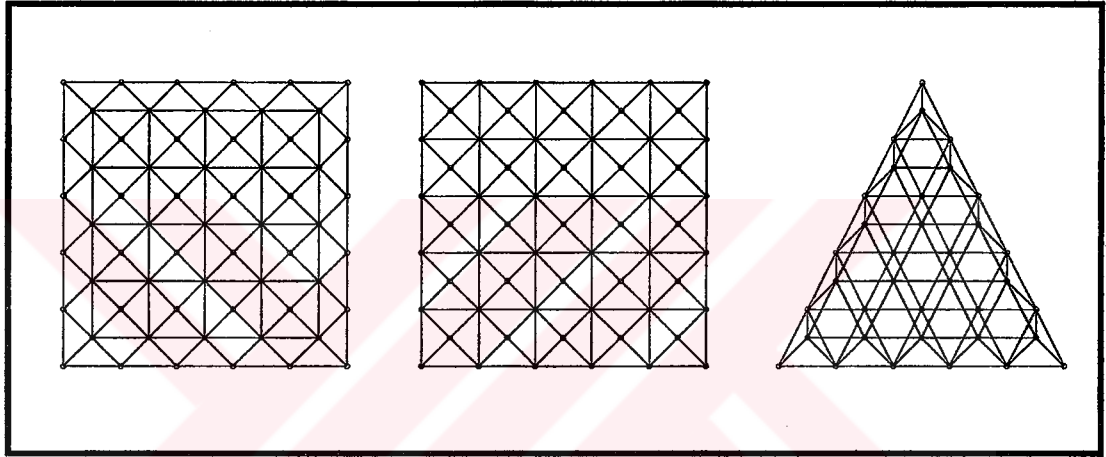
Şekil 3.48. Mahya birleşim detayları [2, 23]

Çelik iskelet sistemlerde, çatılarda mahyadan oluklara uzanıp, örtüden gelen yükleri taşıyan ve aşıklara ileten yapı elemanlarına mertek adı verilir. Merteklerde tamamen ekonomi sağlanması amacıyla genellikle ahşap malzeme kullanılır. Az rastlanmakla beraber çatının tipine veya geçtiği alanın boyutuna göre merteklerde malzeme olarak çeliğinde kullanıldığı görülür.

Çatı taşıyıcı sistemine gelen yatay kuvvetleri ve makas elemanlarının düzlem dışına doğru olabilecek burkulma deformasyonlarını önlemek için kullanılan bağlantı elemanları, üst başlık çubuklarında kullanılan yatay stabilite elemanları ve alt başlık çubuklarında kullanılan, makas düzlemine dik denge bağlantıları olmak üzere iki farklı şekilde olurlar. Aşıkların alt başlık seviyesinde ve çatı eğimine paralel olarak iki makas arasına yerleştirilen bağlantılardır. Ayrıca çatı taşıyıcı sisteminin içi dolu kirişlerden yapıldığı sistemlerde, çatı düzlemine paralel diyagonaler şeklinde de düzenlenebilirler. [23]

### 3.2.2.2. Çelik Yapılarda Uzay Kafes Çatılar

Uzay kafes sistemler, büyük açıklıkların en ekonomik ve malzemeden en verimli şekilde faydalanılarak çatı veya döşemelerle örtülmesini ve taşıyıcı düşey elemanlar yapılmasını sağlayan, ana modülleri üçgen, dörtgen veya altıgen piramit olan, sistemin çalışması için tepe noktalarının mutlaka bağlanması gereken üç boyutlu sistemlerdir. Sanayi tesisleri, uçak hangarları, spor salonları, tribünler veya gösteri merkezleri gibi büyük açıklık gerektiren yapıların üstünün örtülmesi ve mekanların kolonların kesintisine uğramadan sürüp gitmesi için tasarlanır ve örtü yüzeyi kendi içinde strüktürel bir bütünlük gösterir. [29] (Şekil 3.49)

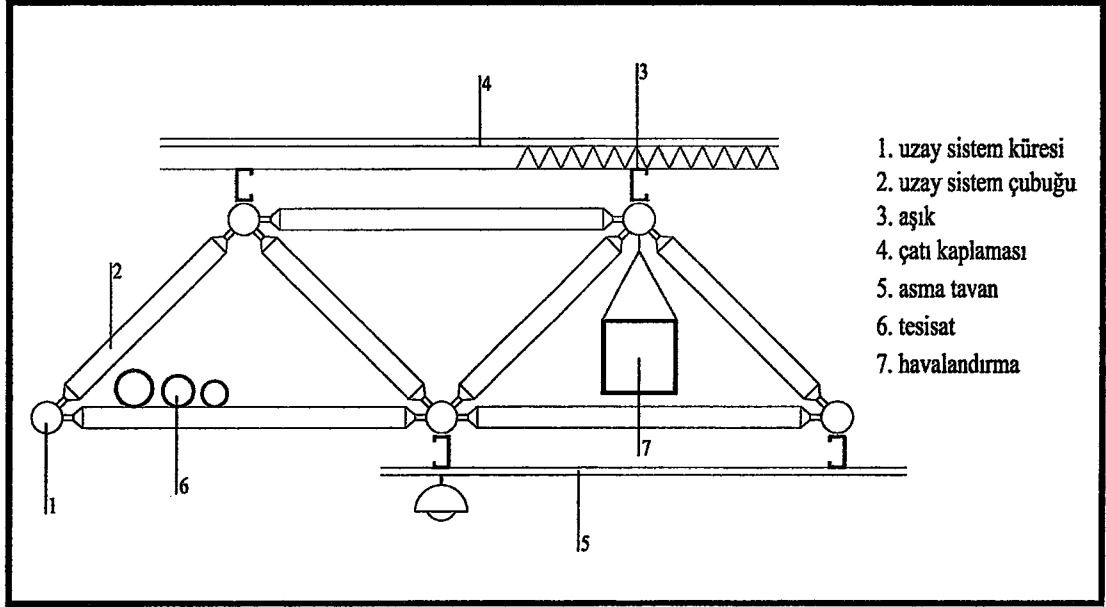


Şekil 3.49. Uzay kafes çatılarda bazı plan alternatifleri

Daha iyiyi yaratma yolunda yapılan araştırmaların ve prefabrikasyon fikrini de beraberinde getiren üç boyutlu bu sistemlerin ana konsepti genelde hep aynı olan ve farklı hacimsel şekiller elde edilebilen uzay kafes sistemler, tarihi gelişimleri ile beraber özellikle düğüm noktalarının farklılığı veya özel sistem tiplerine göre çeşitlilik gösterir. Buna göre uzay kafes sistemleri, standart ve özel üretim uzay kafes sistemler iki ana başlık altında toplayabiliriz.

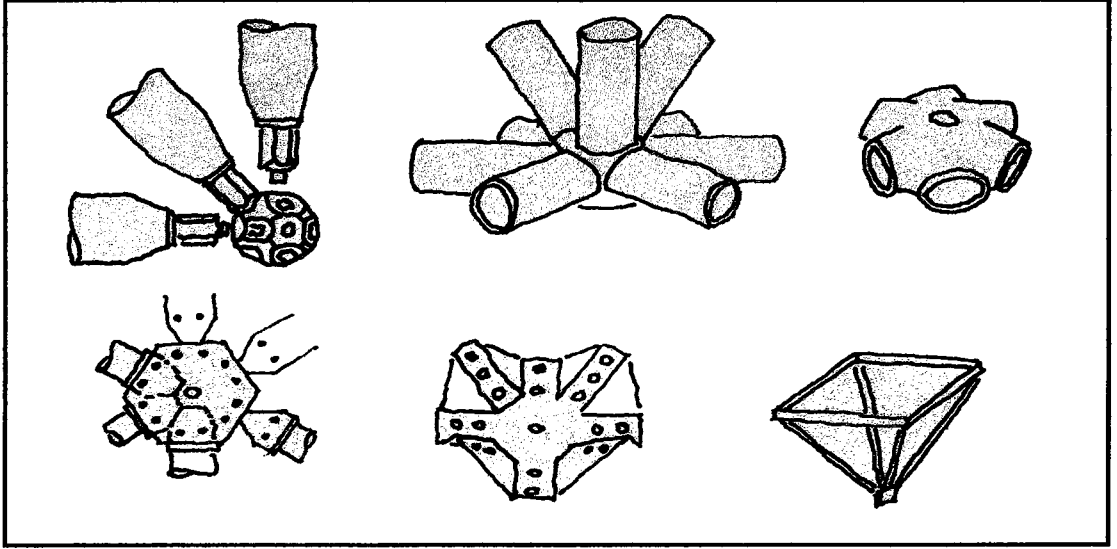
- Standart uzay kafes sistemler çatılar:

Uzay kafes sistemler kullanılmaya başlandığından beri kullanılan ve genellikle düğüm noktalarının şekline bağlı olarak değişen standart uzay kafes sistemlerde uzay sistem küresi ve uzay sistem çubuğu olmak üzere iki tip eleman vardır. Bu tip sistemlerde örtülecek yüzeye ait istenilen formun elde edilmesi için bu iki elemanın çeşitli şekillerde birleştirilmesi yeterlidir. Genellikle birleşim elemanları farklılaşsa bile tip detayları birbirine benzer. [29] (Şekil 3.50)



Şekil 3.50. Tipik uzay kafes çatı kesiti [29]

Çeşitli şekillerde olabileceğini söylediğimiz standart tiplerde, en çok kullanılan sistem Mero sistemidir. Yaklaşık 60 yıldan beri kullanılan bu sistemle 40 metre'ye kadar olan açıklıklar rahatça geçilebilmektedir. Düğümleri tam merkeze yönelmiş 18 çubuğun bağlanmasına olanak tanıyan bu sistemde, monte edilecek elemanlar, düğüm elemanı ve uçlarında bağlantı vidaları olan borulardan meydana gelir. Bir diğer sistem olan, **Oktaplatta** sisteminde ise, yine yaklaşık 40 metreye kadar açıklıkların geçilebildiği bu sistemler, boş bir düğüm küresine, taşıyıcı çubukların kaynaklanması ile oluşturulur. Konstrüksiyonun takıldıktan sonra sökülebilmek özelliğinin olmaması en büyük dezavantajıdır. Yaklaşık 50 metreye kadar olan açıklıkların geçildiği **SDC** sisteminde ise, düğüm noktaları açık deliklerine borular takılarak kaynaklanarak elde edilir. Oktaplatta sistemi gibi, takılıp sökülmeye elverişli olmayan bu sistemlerin bir dezavantajı da, eğrilikli tavanların belirli sınırlar içinde yapılabilmesidir. Altıgen formda olan düğüm elemanına sahip **Tridimatek** sistemlerde ise önceden hazırlanmış ve atölyede kaynaklanmış elemanlardan oluşmaktadır. Daha sonra bu elemanlar, şantiyede yüksek mukavemetli civatarla birleştirilir. Bu bilinen standart sistemlerin dışında ayrıca, soğukta çekilmiş U şeklinde saç profillerle, büyük düğüm levhalarından oluşan bir sistem olan, **Unistrut** sistemi ve standartlaşmış bir sistem olan, boyutları 1.2x1.2x1.0 m olan önceden hazırlanmış, üst başlıkları köşebentten yapılmış, diyagonelleri çelik boru olan piramitlerden oluşan **Space-Deck** sistemleri vardır. [30, 31] (Şekil 3.51)

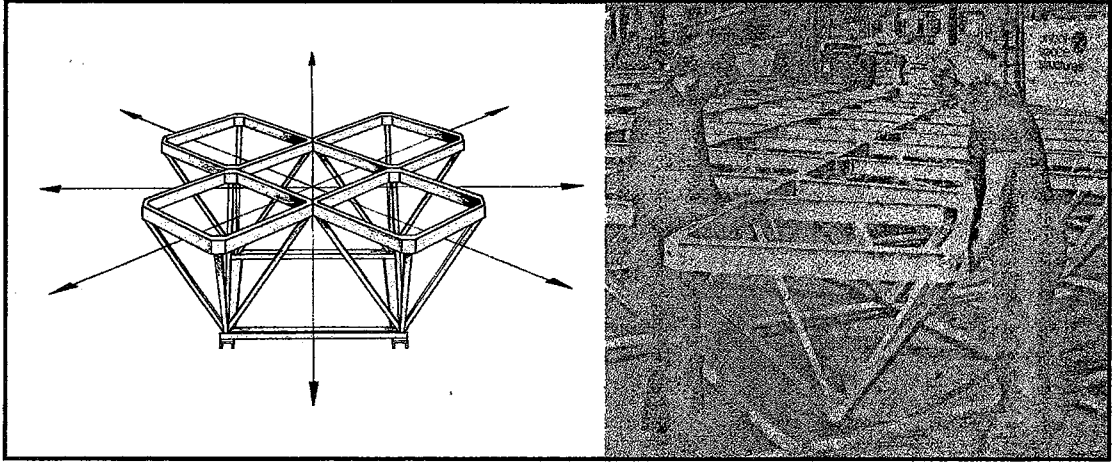


Şekil 3.51. Standart uzay kafes düğüm noktaları [31]

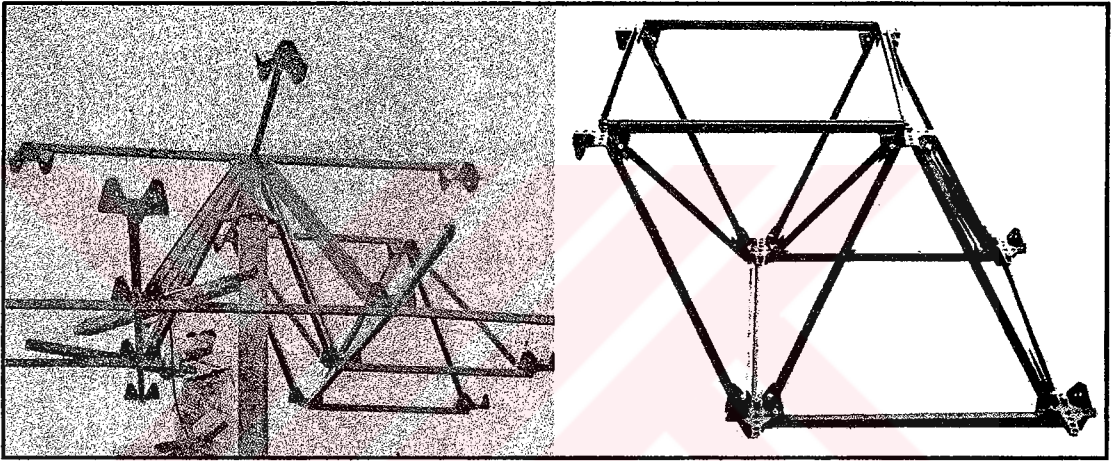
- Özel uzay kafes sistem çatılar:

Standart uzay kafes sistemlerden farklı olarak bu sistemlerde düğüm noktası elemanları yoktur. Sistemde kullanılacak olan modüller fabrikalarda isteğe göre üretilir, depolanır ve şantiye ortamında taşıyıcı sisteme montajı yapılır. En bilinen ve yaygınlaşmış olanı Fransa'da imal edilen, tamamiyle prefabrike elemanların montajı ile kurulan, prefabrike piramitler ve bunları tepe noktalarından birleştiren her türlü çelik profilin kullanılabildiği bağlantı çubuklarından oluşan sistemler olan **Unibat** sistemidir. Tasarlanan sisteme göre sipariş edilen bu piramitler fabrikalarda kare, üçgen, altıgen veya standart dışı olarak imal edilir. Daha sonra şantiyede sistemin tamamı birbirine bağlantı çubukları ile bağlanarak sistem tamamlanır. Tek kullanılması durumunda 2-3 m yükseklikle 70 m'ye kadar açıklıklar geçilirken, piramitlerin çift kullanılması durumunda ise geçilen açıklık 150 m'ye kadar çıkmaktadır. [30] (Şekil 3.52)

Bir diğer sistem ise, Amerika'da geliştirilen bu sistem, tek çubuk, iki tip tabla ve tek bulonla kurulma özelliğine olan **Moduspan** sistemidir. Üretiminde kendine özgü bir endüstriyel düzey gerektiren ve tüm parçaları fabrikalarda üretilen bu sistem, taşıma, istifleme ve kurmada büyük kolaylıklar sağlar. Unibat sisteminde olduğu gibi, kurulumunun kolaylığından dolayı vasıfsız işçiler tarafından kolayca sökülüp takılabilir. [30] (Şekil 3.53)



Şekil 3.52. Unibat sistemi uzay kafes çatı [30]



Şekil 3.53. Moduspan sistemi uzay kafes çatı [30]

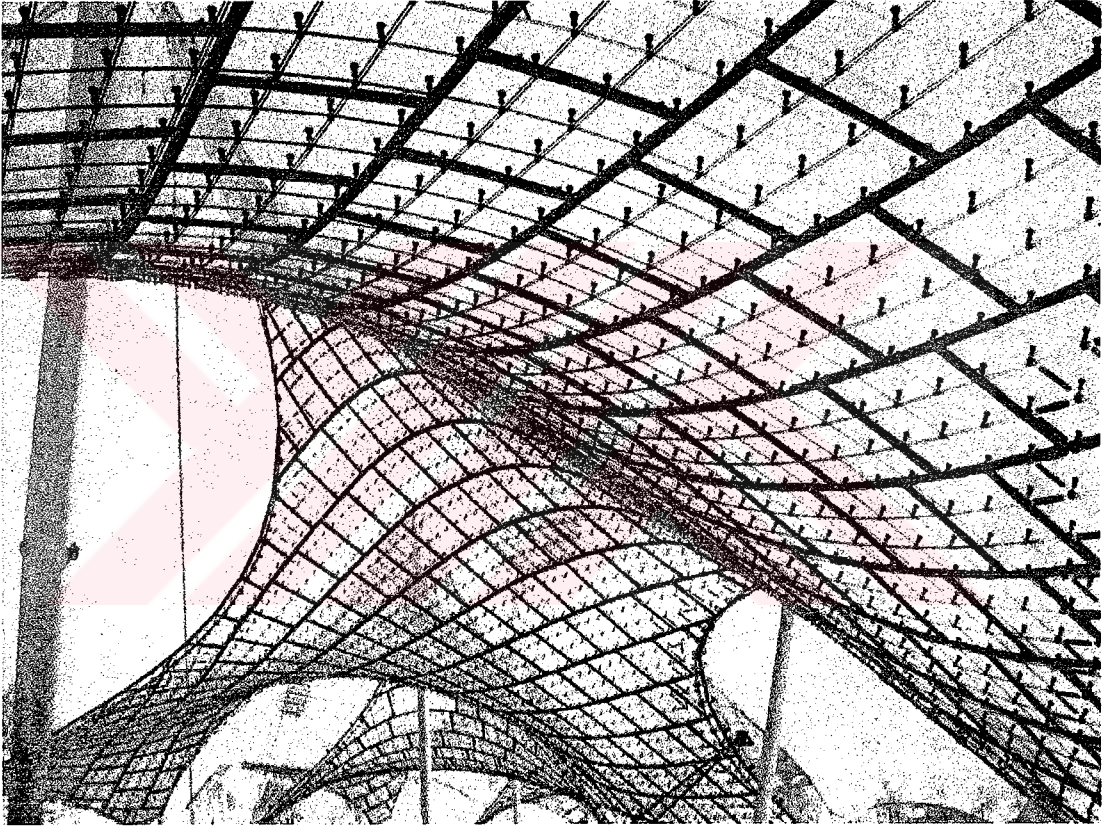
### 3.2.2.3. Çelik Yapılarda Asma Çatılar

Asma sistemler, büyük açıklıkları kolonsuz ve en komik şekilde geçmek, farklı dış görünümlere sahip olmak için, moment doğurucu bir yükleme biçimi olmadan, malzeme olarak çeliğin üstünlüğünü tamamiyle koyan çekmeye çalışan sistemlerdir. Çok sayıda çelik telin birbiri etrafına sarılması ile oluşan çelik halatlar asma sistem çatıların ana malzemesidir.

Asma sistemlerin, karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi olan korozyona karşı, tellerin galvanize edilmesi yeterli görülmesine karşın sıcak PVC ile galvanize edilmiş halatların kaplanması korozyona karşı etkili bir çözümdür. Bir diğer sorun olan, kablo uçlarının tespiti sorunu ise, çelik konik başlıklarla çözülmektedir. Diğer çelik taşıyıcı sistemlerden farklı olan yapıları ile asma sistemlerin örtülmesi de başka

bir sorundur. Günümüzde bu sistemlerin örtülmesinde, iki yönde eğrilebilen, uzun ömürlü, ısı, su ve yangın dayanımı olan, her türlü atmosfer koşuluna dayanıklı malzemeler ile çözüm arayışına gidilmektedir. [30]

Asma sistemler plan tipine, örtülecek yüzeyin büyüklüğüne, kullanılan diğer malzemelere ve yapı türüne göre farklılıklar gösterir. Buna göre çelik asma sistemler tek yönde eğrilikli asma çatılar, iki eş yönde eğrilikli asma çatılar, ön gerilimli düz asma çatılar, iki ters yönde eğrilikli semer biçimli asma çatılar, çift kablolu sistemler ve kablo askılı asma sistemler olarak altı farklı şekilde incelenebilir. (Şekil 3.54)



Şekil 3.54. Asma çatılar – Münih Olimpiyat Stadı [30]

- Tek Yönde Eğrilikli Asma Çatılar:

İki kenarından tespit edilerek kendi ağırlığı ile serbestçe sarkan lavha biçimde olan bu sistem tipinde, eğri kenar eşit olmayan yüklerin etkisiyle biçimlenir. Bu biçim değiştirme özellikle rüzgar yükleri ve diğer yüklerin etkisiyle olur. Ön gerilim uygulanmayan bu sistemlerde, montaj işlemleri oldukça kolay bu sistemlerin, özellikle rüzgar yüklerinden minimum düzeyde etkilenmeleri için, belirli bir ağırlığa sahip olmaları gerekmektedir. [30]

- İki Eş Yönde Eğrilikli Asma Çatılar:

Ön gerilim uygulanmayan bu asma sistem tipleri, tek yönden eğimli sistemlere göre daha az oynaktır ve daha hafiftir. Bir çadır bezinin, dört kenarından tesbit edilmesi sonucu kendi ağırlığı ile sarkmasına benzer biçimde şekillenen bu sistemlerin en önemli sorun, çatıların ortasında toplanan suyun atılmasıdır. [30]

- Ön gerilimli Düz Asma Çatılar

Ön gerilim uygulanarak oluşturulan, üstüne yükler geldiğinde önemli deformasyonlara uğrayan ve düz yüzeyli eğik çatılarda kullanılan bu sistem tipi, bir çerçeve içine gerilmiş davul zarları gibidir. [30]

- İki Ters Yönde Eğrilikli Semer Biçimli Asma Çatılar

Ön gerilmeli uygulanan, hafif çatı örtüsü ile büyük açıklıkların geçilmesinde kullanılan bu sistem tipi, iki yönde ters eğim kullanılarak oluşturulur. Eğim bir yönde dış bükey diğer yönde ise iç bükeydir. Sistem pozitif ve negatif yüklemeler karşısında, minimum deformasyon gösterir. [30]

- Çift Kablolü Sistemler

Rüzgar gibi dış etkenler karşısında, stabilite sorunları yaşayan tek kablolu sistemlere, ikinci bir kablo eklenmesi ve bu kabloların, çekmeye yada basınca çalışan germe çubukları ile bağlanarak gerilmesi ile oluşturulan bu sistem tipi, rijittir ve şeklini değiştirmez. [30]

- Kablo Askılı Asma Sistemler

Bu asma sistem tipinde, belirli bir formu olan çelik sistemlerle oluşturulan çatıların taşınması olarak görülebilir. Genel olarak asma sistemlerin en çok kullanıldığı bu sistem tipinde, kablo bir askı elemanı veya bir gergi durumundadır. Ana taşıyıcı sisteminin taşıma kapasitesini çekmeye çalışarak büyük ölçüde arttıran bu sistem tipinde, diğer kablo sistemlerden farklı olarak, kablonun biçimi düz bir doğruya yakındır. [30]

#### 3.2.2.4. Çelik Yapılarda Çatı Kaplama Malzemeleri

Üretici firmalara göre çok fazla çeşitlilik gösteren çatı kaplama malzemelerinde ürünün özelliği ne olursa olsun, malzemenin boyutlarının taşıyıcı sistemin oluşturulmasında birinci derecede önemli olduğudur. Çatı kaplama malzemelerinin,

teknik özellikleri iyi anlaşılması ve çatı taşıyıcı sistemine nasıl döneceğinin iyi bilinmesi gerekir. Bu sayede, hem malzemeden kayıpların önüne geçilir, hem de aşık aralıklarının ve makas şeklini belirlenmesi sağlanmış olur.

Yine üretici firmalara göre değişiklik göstermekle beraber örtü malzemelerinin hafif ve ekonomik olması tercih edilmelerinde bir diğer önemli unsurdur. Genellikle örtü malzemesi olarak, alüminyum trapezoid levhalar, eternit levhalar veya y tong levhalar gibi çeşitli malzemeler tek başına kullanıldığı gibi, tasarıma göre karma sistemlerle de çatı örtüleri oluşturulabilir. [23]

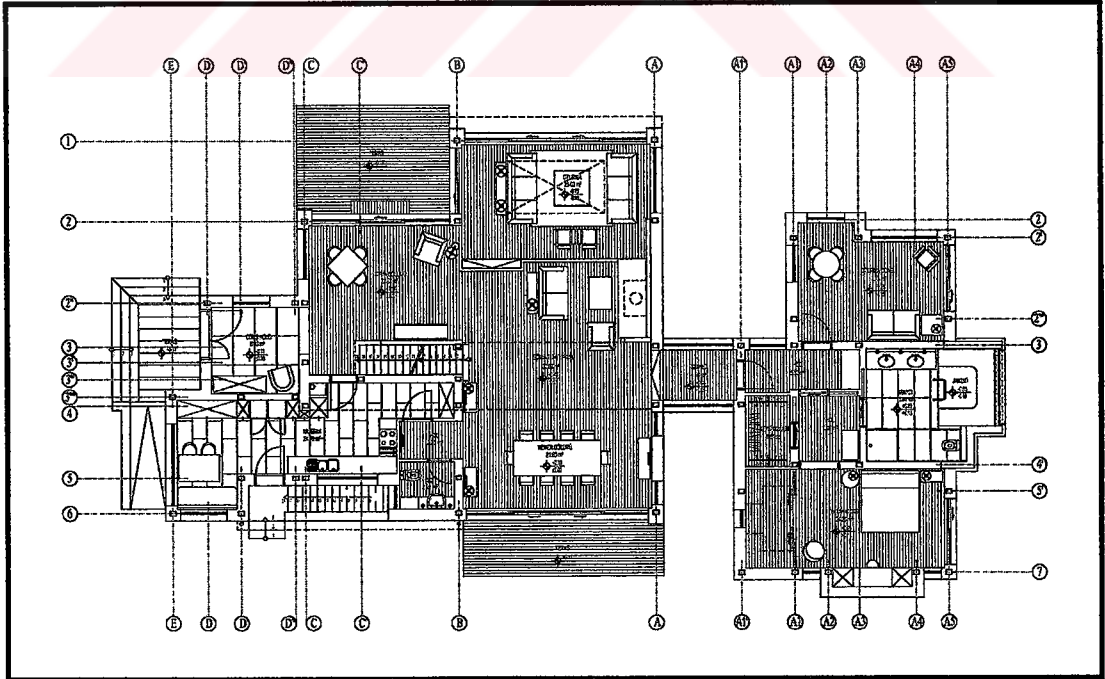
### **3.3. Bölüm Sonucu**

Bu bölümde çelik sistem yapıyı oluşturan elemanlar taşıyıcı elemanlar ve kabuk elemanları olarak iki ana kısımda incelenmiştir. Taşıyıcı elemanlar kısmında, tüm elemanlar tek tek genel yapıları itibariyle anlatıldığı gibi aynı zamanda beraber kullanılmaları doğrultusunda bu elemanlarla oluşturulabilecek detaylar, nedenleri ve birbirleri ile birleşimlerindeki ilişkilerine ait bilgiler verilmiş ve çelik iskelet yapıların dezavantajlarını gidereci detaylar işlenmiştir. Kabuk elemanları kısmında ise, çelik iskelet bir yapıda dış kabuktan beklenenler ortaya konmuş ve dış kabuk duvarlar ve çatılar başlığı altında iki ayrı kısımda incelenmiştir. Duvarlar kısmında çelik iskelet sistemde kullanılacak duvar tipleri örnekler ve detaylarla anlatılırken, çatılar kısmında çelik iskelet çatı sistemlerinin öğeleri ve detayları örneklerle ortaya konmuştur. Bu bölümün sonunda çelik yapılarda çok fazla detay üretmek ve çizmek mümkün olduğu görülmüştür. Bununla beraber bölümün genel amacı, mümkün olan detayların prensiplerini özellikle taşıyıcı sistemin statik gereksinmelerine göre vermektir. Bu bölümün devamı olarak gelecek bölümde ise, uygulaması yapılmış olan çelik iskelet sistem bir yapının bu bölümdeki sırayla incelenmesi ve nokta detayları işlenecektir.

#### 4. ALAN ÇALIŞMASINA YÖNELİK İSKELET YAPININ İNCELENMESİ

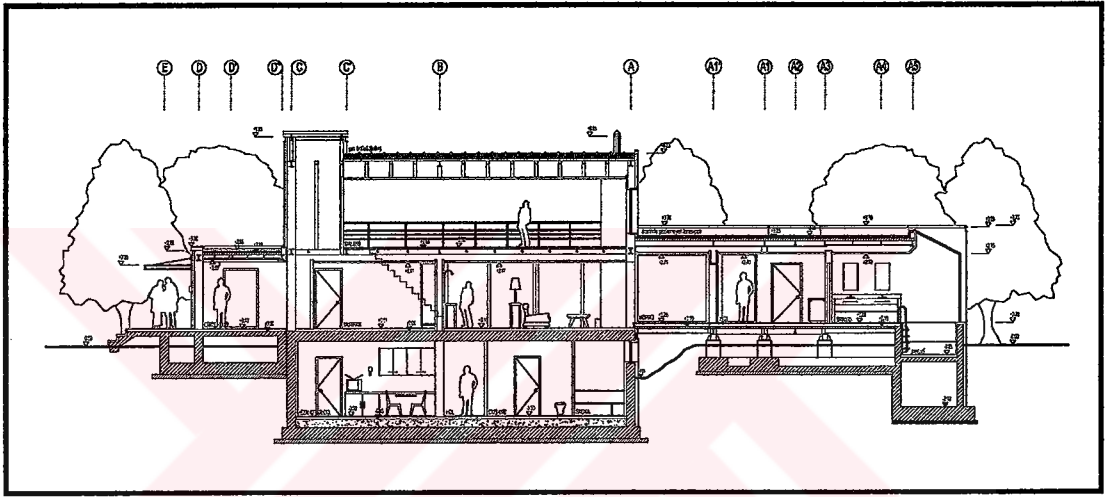
Bu bölümde, Mimar Feyha Çınarlı ile beraber çalıştığım iki yıl boyunca tasarımı, detaylandırılmasını ve uygulamasını yapmış olduğumuz ve şu an sorunsuz bir şekilde kullanılan taşıyıcı sistemi çelik iskelet olan, Kemerburgaz'daki Sevsu-Hasan Esen Evi'nin incelemesi yapılacaktır. [32]

Kemerburgaz köyünde, Sn. Hasan Esen'e ait arazide haftasonu evi olarak başlanan daha sonra aile evine dönüşen bu yapıda, deprem endişesi ve mahalli idarelerle yaşanacak sorunların minimuma indirilmesi için taşıyıcı sistem seçimi, çelik iskelet olarak tercih edilmiştir. Yapı yaşama bölümü ve yatak bölümü olmak üzere iki ayrı bölümden oluşmaktadır. Yaşama bölümünde zemin kata ek olarak, misafirler ve çalışanlar için bodrum kat ve ayrıca çatı eğiminden faydalanılarak kütüphane olarak kullanılması için asma kat tasarlanmıştır. Yatak bölümü ise tek katlıdır ve her iki bölümde birbirlerine köprü ile bağlanmaktadır. (Şekil 4.1)



Şekil 4.1. Sevsu-Hasan Esen evi zemin kat planı

Yapının yaşama bölümü olarak adlandırılan kısmında farklı işlevlere hizmet eden mekanların kot farklarıyla veya mobilyalarla ayrılması amaçlanmış sadece mutfak bu büyük alandan duvarlarla ayrılmıştır. Yatak bölümündeki mekanların mahremiyeti nedeniyle köprüden yatak bölümüne geçilen kısma kapı konulmuş ve yatak bölümü, ebeveyn odası, çalışma odası ve banyo olacak şekilde tasarlanmıştır. Daha önce bahsedildiği gibi yaşama bölümünde çatı eğimlerinden faydalanılarak bir asma kat elde edilmiştir. Bodrum kat kısmı ise kendi içinde misafirlerin ulaşabileceği bir bölüm ile hizmetliler ve eve ait hizmetlerin (kiler, çamaşır odası vb.) verildiği iki kısım olacak şekilde tasarlanmıştır. (Şekil 4.2)

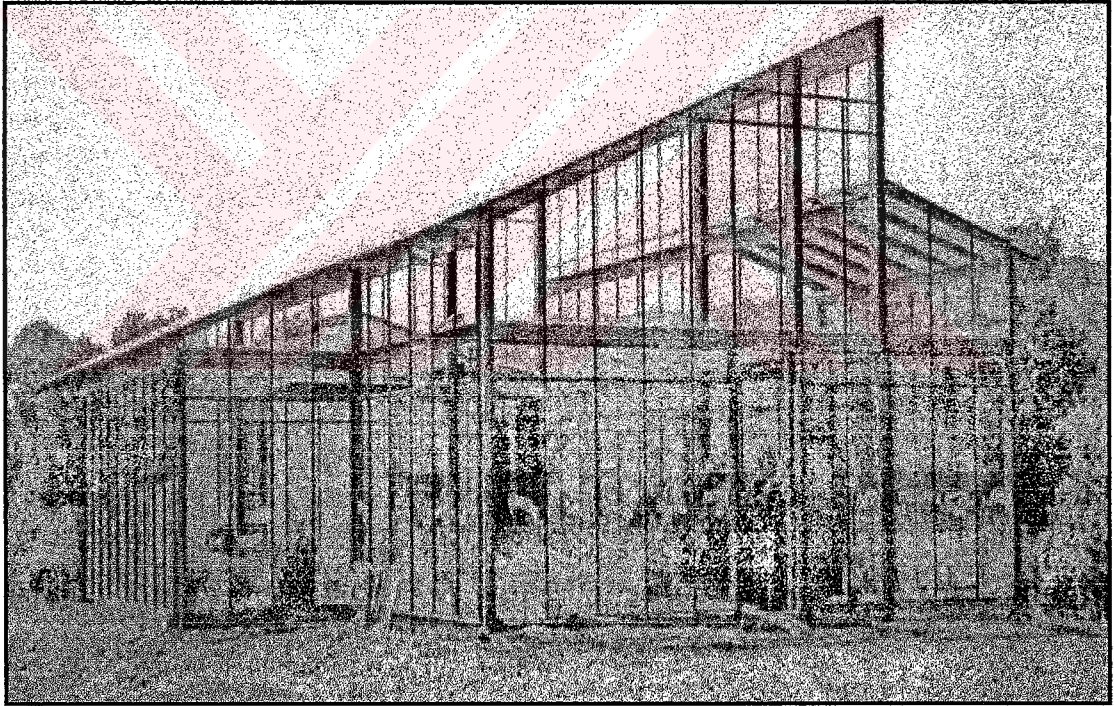


Şekil 4.2. Yaşama ve yatak bölümünü gösteren uzun kesit

Yapı ilk tasarımı itibariyle oldukça fonksiyonel ve günümüz mimarlığının tüm gereksinmelerini sağlamasına rağmen, mal sahibinin anlam verilemeyen istekleri ve uygulama sırasında çelik taşıyıcı sistemlerin esnekliğini kullanarak mimarlardan habersiz yaptığı ve geri dönülmez değişiklikler nedeniyle ilk konseptinden uzaklaşsa bile, harcanan çabalar sonucu belirli bir kalite seviyesinin üstünde yinede tutulmuştur. Ayrıca hesaplamaları ve detayları yapan inşaat mühendislerinin tüm iyi niyetine rağmen, uygulama tecrübesi betonarme yapılarla sınırlı uygulayıcı kişiler yüzünden taşıyıcı sistemin oluşturulması nedeniyle, tercih edilen birçok doğru yaklaşım, maalesef gerek sistem tasarımı ve gerekse de uygulama safhasında değiştirilmiştir. Bu tip yanlışların önüne mümkün olduğunca geçilmeye çalışılmasına rağmen, anlamsız bir inatla bu şekilde yapılan yanlış revizyonların yapının ilerde karşılaçağı problemlerin tek nedeni olacağı da bir gerçektir.

#### 4.1. Yapının Taşıyıcı Elemanlar Açısından İncelenmesi

Daha önce bahsedildiği gibi, deprem endişesi ve mahalli idarelerle yaşanacak sorunların minimuma indirilmesi için taşıyıcı sistem seçimi, çelik iskelet olarak tercih edilen bu yapıda, çelik iskelet sistem yaşama bölümünde bodrum kat perdeleri üzerine, yatak bölümünde ise toprağa oturmaktadır. Yapının birkaç noktası dışından tamamında taşıyıcı sistem U profillerden oluşturulmuştur. Taşıyıcı kolon ve kirişlerde, [ 200'lük profillerin karşılıklı veya sırsırta birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Çatıyı oluşturan veya tali olarak atılan kirişler ve denge elemanı olarak kullanılan çaprazlarda U profiller tek olarak kullanılmıştır. Gerek mimarın isteği gerekse de ilk çizilen statik projesi doğrultusunda bulunlu birleşim ön görülmesine rağmen yapıda tüm eleman birleşimleri kaynaklı olarak yapılmıştır. (Şekil 4.3)



Şekil 4.3. Yapının çelik iskelet görünümü

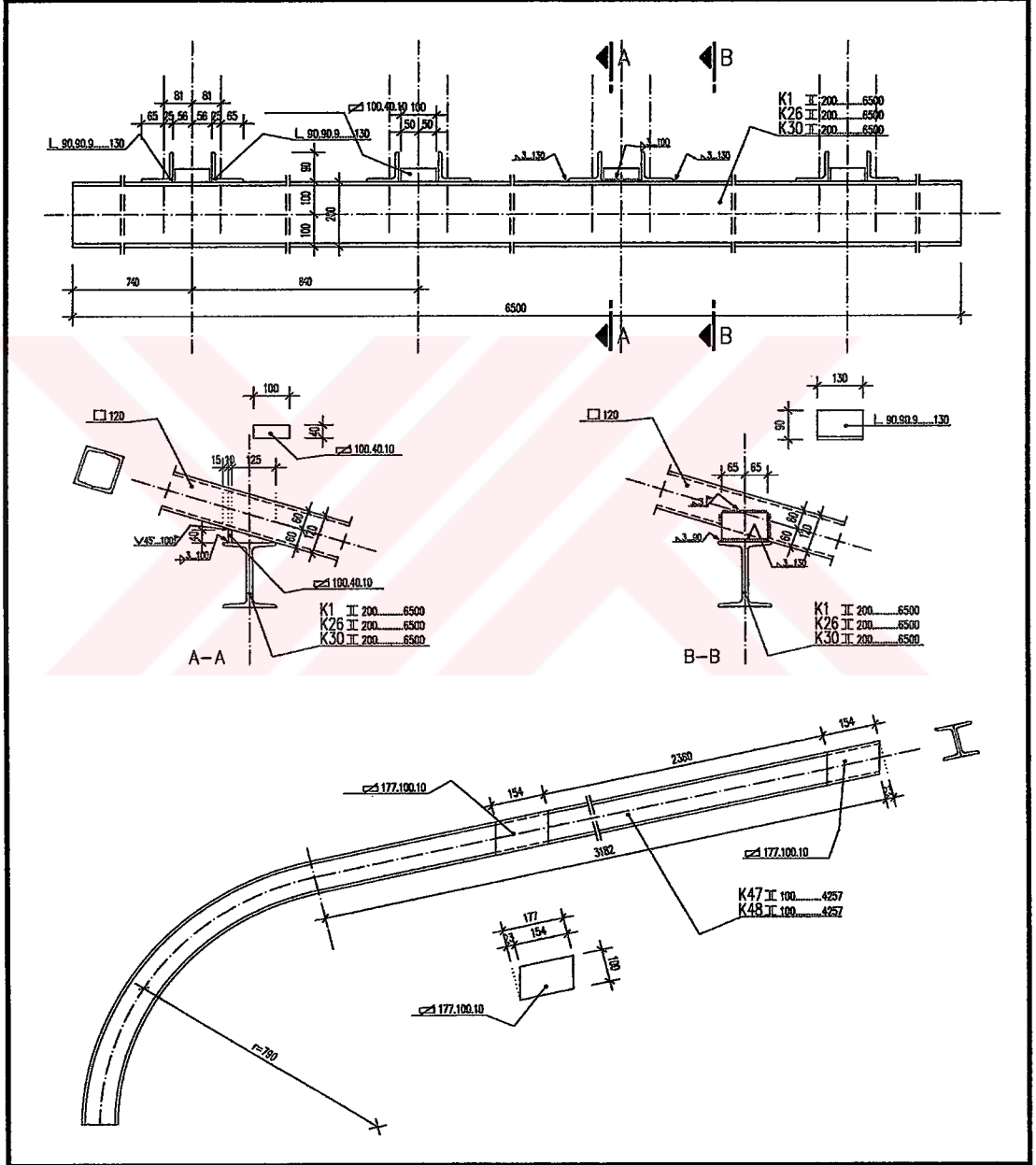
##### 4.1.1. Kolonlar

Yapının tamamında kolonlar [ 200'lük profillerin kulaklarının birbirine kaynaklanması ile elde edilmiştir. Kolonlar üretilirken üstlerine gelecek diğer elemanlara göre levhaları ile birlikte üretilmiştir. Ayrıca bir kısım kolon, kolon ayağı



#### 4.1.2. Kirişler

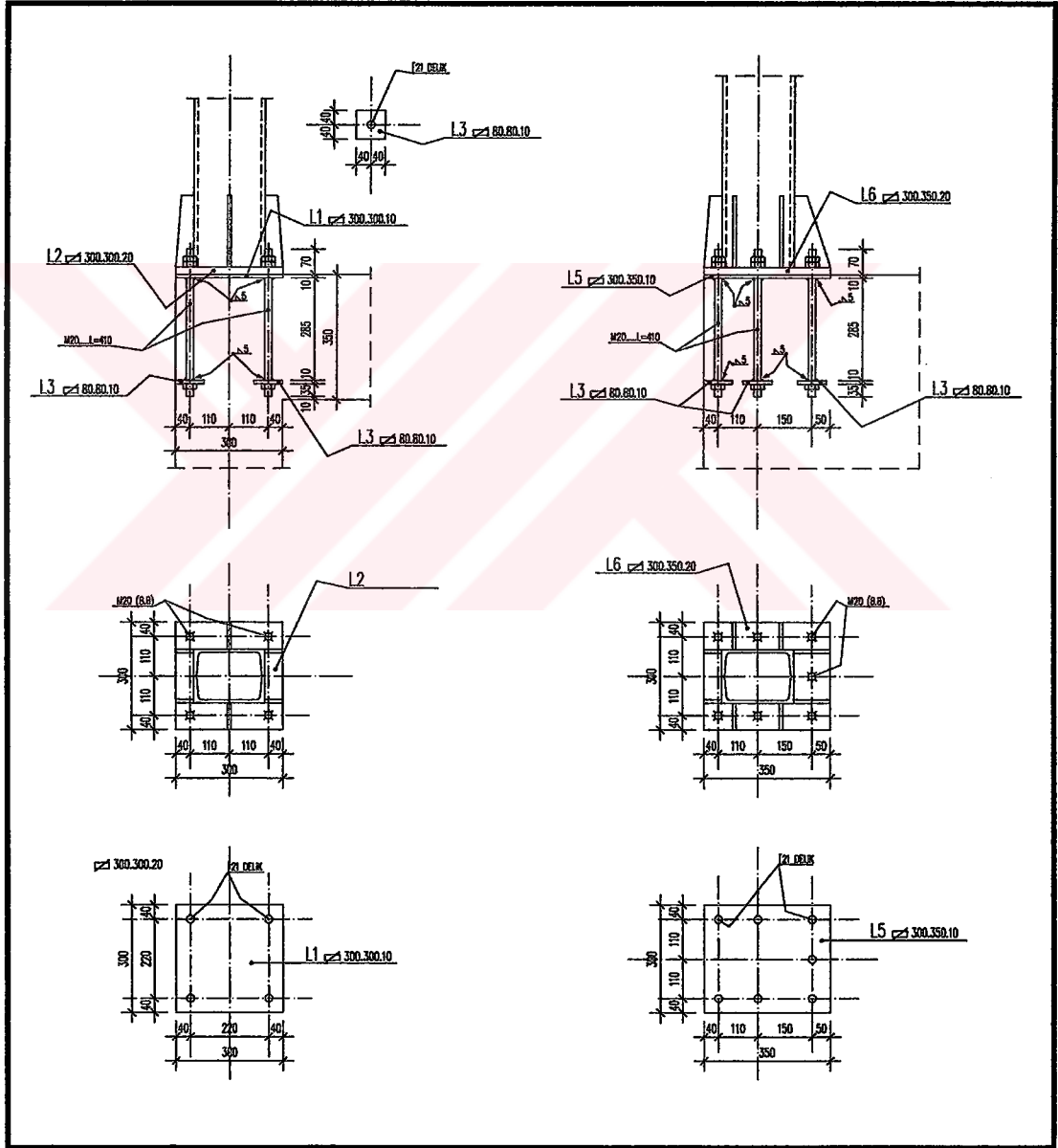
Yapıda kullanılan ana taşıyıcı kirişler, kolonların aksine [ 200'lük profillerin sırt sırta kaynaklanması ile elde edilmiştir. Gerek yaşama bölümünün üstünü örten eğimli çatı ve eğri çatıyı, gerekse yatak bölümünün üstünü örten düz çatıyı ve döşemesini taşımak için kullanılan U profiller çeşitli boyutlarda tasarlanmıştır ve ayrıca tek olarak kullanılmışlardır. (Şekil 4.5)



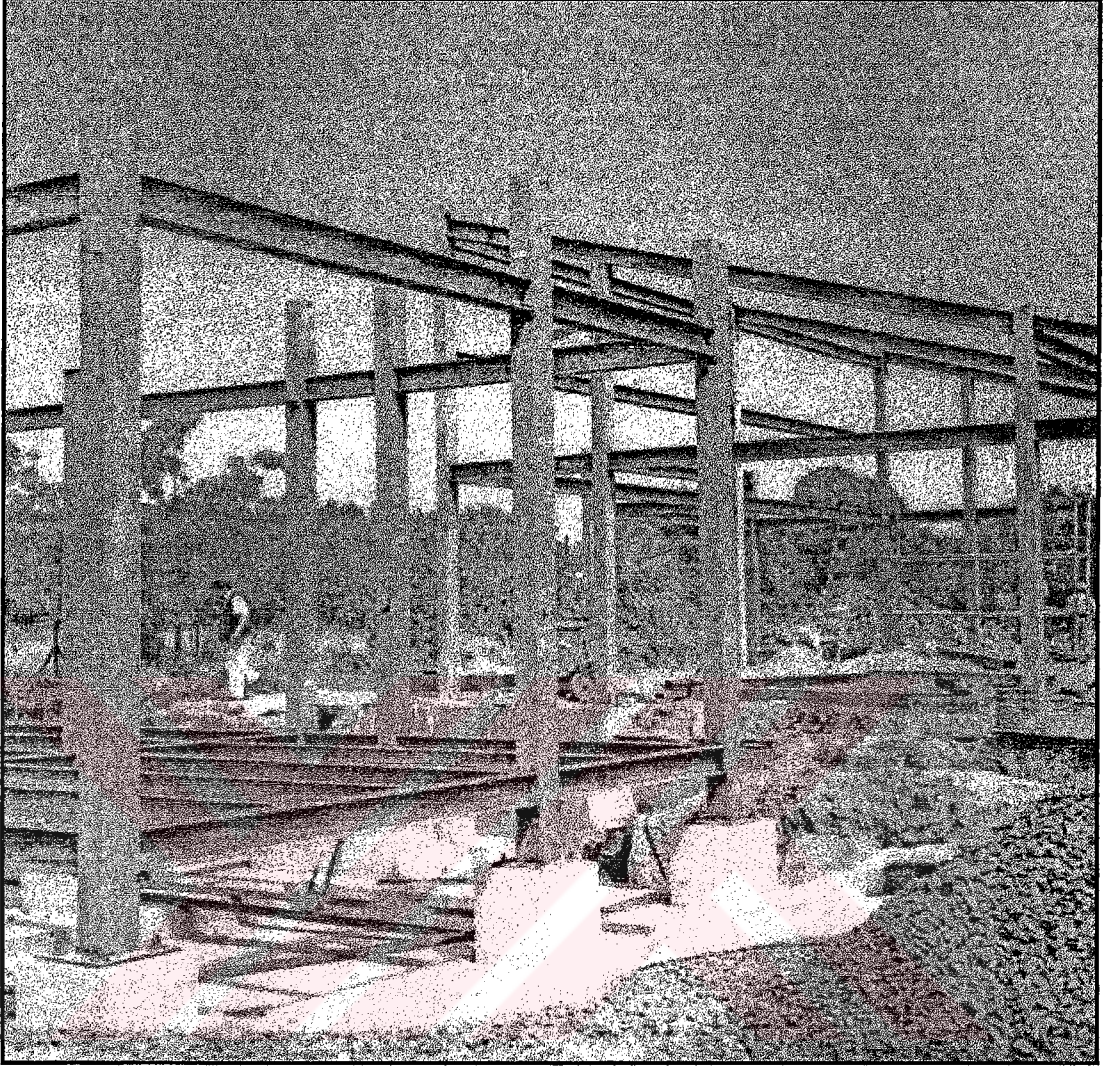
Şekil 4.5. Yapıda kullanılan bazı kirişlere ait detaylar

#### 4.1.3. Temeller, Ankrajlar ve Kolon ayakları

Yapıda bodrum kat daha önce yapıldığı ve çelik sisteme sonradan karar verildiği için, betonarme perdelerle oturan kolon ayakları için, zeminde perde duvarların üzerinde, donatı demirlerine kadar açılmış ve ankrajlar buraya kaynaklandıktan sonra, çeşitli yapı kimyasalları ile doldurularak, kolon ayakları üzerlerine bağlanmıştır. Yatak bölümünün altında kalan temellerde ise, kolon ayaklarının montajı için ankraj profilleri kullanılmış, daha sonra kolon ayakları kolonlarla birlikte getirilerek temellere bağlanmıştır. (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7)



Şekil 4.6. Yapıda kullanılan temel ayakları ve ankraj tipleri

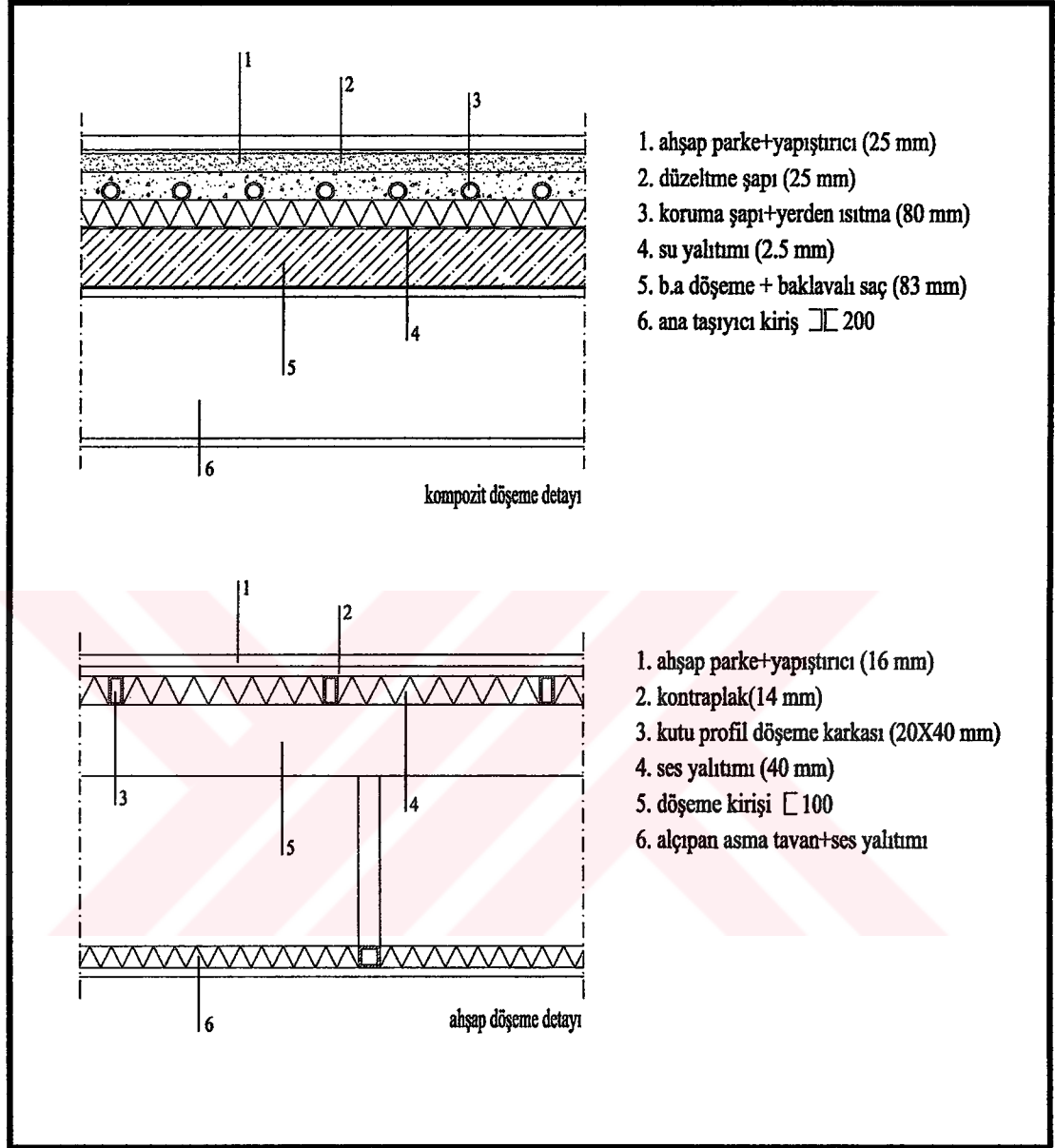


Şekil 4.7. Yapıda kullanılan kolon, kiriş ve temel ayaklarına ait birleşimler

#### 4.1.4. Döşemeler

Yapıda çelik taşıyıcı sistemin üzerine oturan betonarme döşemelerde, statik projede önerilen trapez saç kullanımı yerine baklavalı düz saç kullanılmış ve kompozite bu saçların üzerine belirli aralıklarla kaynaklanan U profillere döşeme demirlerinin kaynaklanmasıyla sağlanmaya çalışılmıştır. Yer döşemelerinde yerden ısıtma uygulaması yapılacağı için, betonarme döşemeden sonra üretici firmanın vermiş olduğu yükseklikler doğrultusunda yerden ısıtma elemanları yerleştirilmiş ve sonra yapının diğer döşeme elemanları konulmuştur. Ayrıca asma katın olduğu kısımda, döşemenin taşınması için kullanılan tali kirişlerin üzerine 20x40 mm'lik kutu

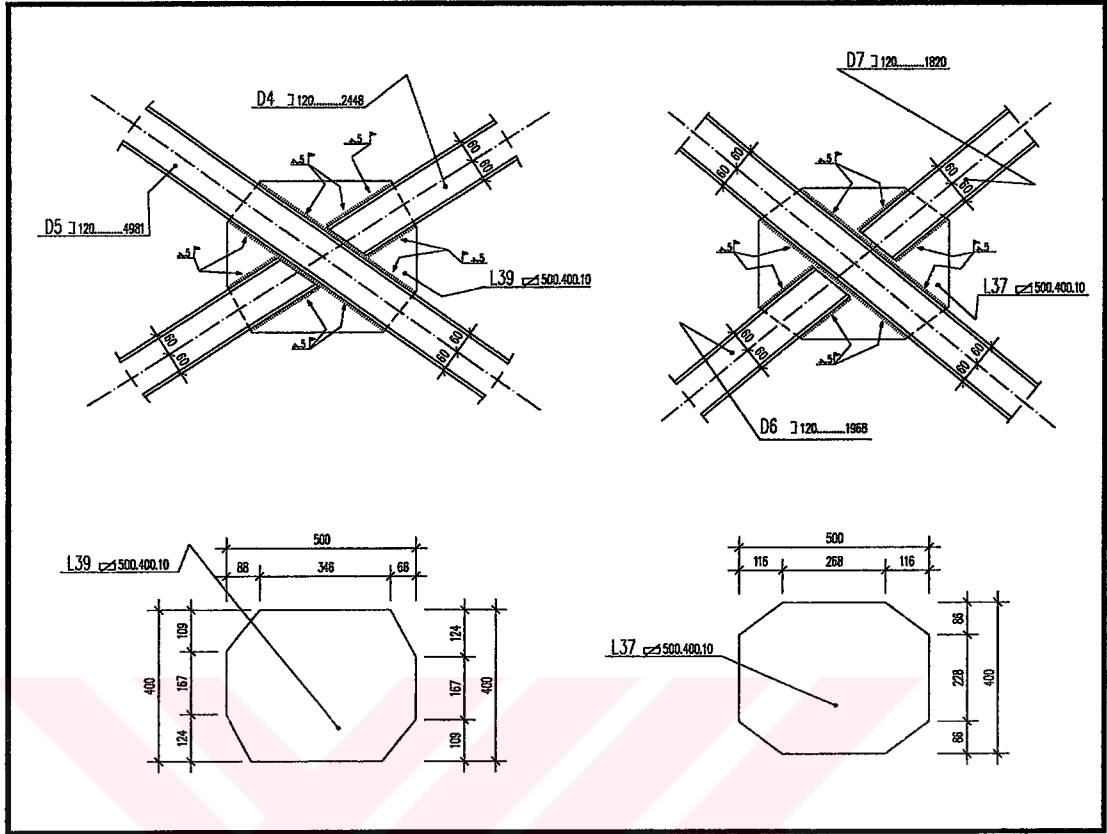
profiller döşeme elemanlarının montajı için kaynaklanmıştır. Bunun üzerine ahşap parkenin kaplanması için, 14 mm'lik kontraplak uygulaması yapılmıştır. (Şekil 4.8)



Şekil 4.8. Yapıda kullanılan döşeme tipleri

#### 4.1.4. Denge Elemanları

Yapıda yatay kuvvetlere karşı koymak için, bazı kolonlarlar kirişlerin arasında kalan bölümlere ve yaşama bölümünün üstüne örten çatıda çeşitli aralıklara tek yönde olmak üzere [ 120'lik U profillerle çaprazlama yapılmıştır. Çaprazların gerek kendi kesişimlerinde, gerekse de kirişlere veya kolonlara birleşimlerinde çeşitli boyutlarda levhalar kullanılmış ve kaynaklama metodu ile birleştirilmiştir. (Şekil 4.9)



Şekil 4.9. Yapıda kullanılan denge elemanları

#### 4.2. Yapının Kabuk Elemanları Açısından İncelenmesi

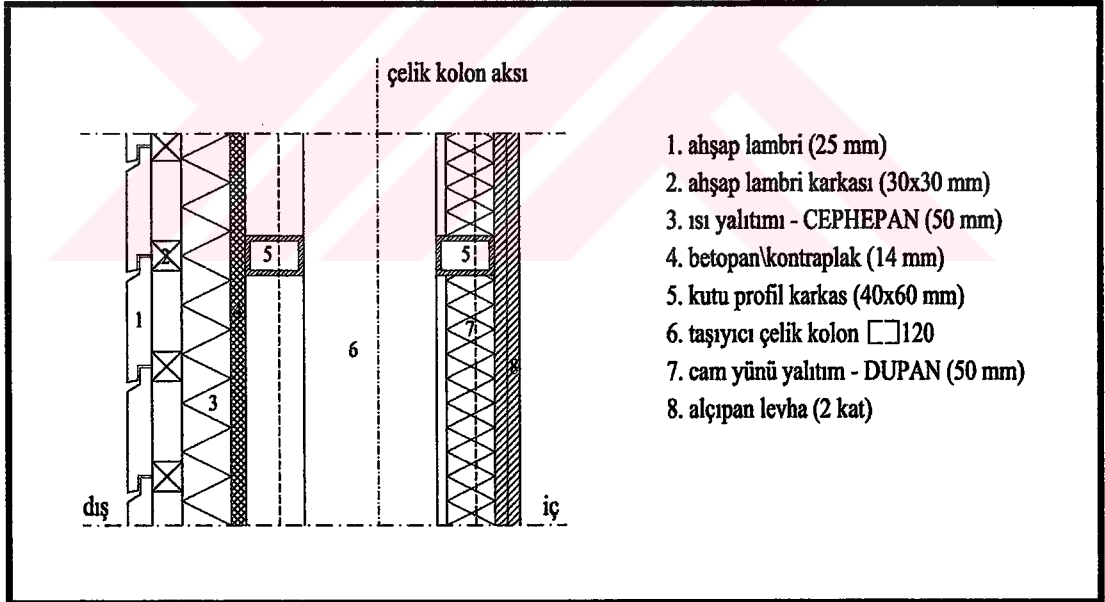
Yapının tasarım aşaması ve statik hesaplara göre şekillenen profiller ve birleşim detaylarının çizilmesinden sonra, uygulama aşamasında doğacak karışıklıkların, ortaya çıkacak problemlerin minuma indirilmesi ve nokta detaylarının çözümler için yapıda belirleyici olan kabuk elemanlarına ait tip detaylar oluşturulmasına karar verilmiştir. Oluşturulan tip detaylar, özel plan ve kesit şemalarında farklı renkler ve kodlarla belirtilerek, bu elemanların oluşturulacağı sıra geldiğinde katmanlaşma belirtilmiştir.

Yapının dış kabuğunu oluşturan dış duvarlarda, ahşap kaplama ve taş kaplama olmak üzere iki tip kaplama malzemesi kullanılmış, eğimli çatılarda kaplama malzemesi olarak bakır tercih edilirken, yatak bölümünün üstünü örten çatının gezilemeyen bir çatı olduğu kabul edilerek standart düz çatı katmanlarının üstünde çakıl kullanılmıştır.

#### 4.2.1. Duvarlar

Yapıda betonarme perde duvarlar dışında kullanılan dış duvarlar hafif taşıyıcı sistem duvar tipi olarak seçilmiştir. Duvara ait katmanları taşıyan 40x60 mm'lik kutu profiller çelik taşıyıcı kirişler ve döşeme arasına monte edilmiştir. Yapının iç kısmına gelen kısımlarda kutu profillerin arasına ısı yalıtım özelliğine ek olarak ses yalıtım özelliği de olan levhalar konulmuş ve çift kat alçıpan uygulaması ile sistem içerden kapatılmıştır. Yapının dış yüzünde ahşap ve taş kaplama olarak iki tip dış duvar olduğu için bunlar için ayrı katmanlaşma yapılmıştır.

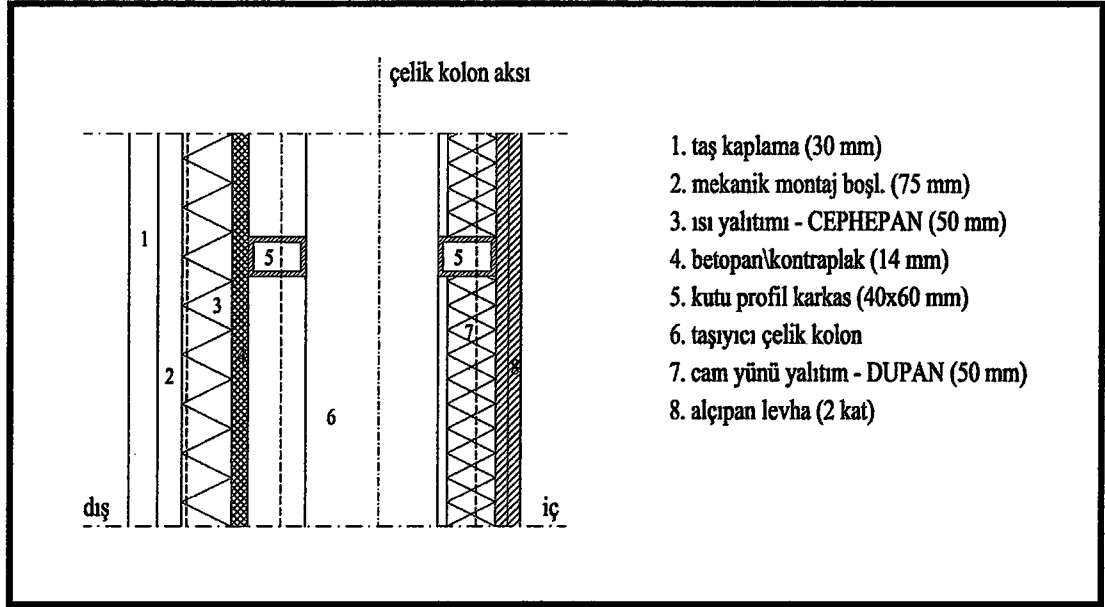
Ahşap lambri gelecek duvarlarda, 40x60 mm'lik karkasın önüne betopan konmuş ve bu betopana hem ısı yalıtım malzemesini taşıması hem de ahşap lambri karkası için ahşap bir karkas yapılmıştır. Bunların önüne konan 30x30 mm'lik ahşap karkasada 25 mm'lik ahşap lambri tek noktada sabitlenerek sistem kapatılmıştır. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10. Ahşap lambri olacak dış duvar detayı

Taş duvar gelecek bölümlerde ise, ahşap labri duvarda olduğu gibi, 40x60 mm'lik karkasın önüne betopan konmuş ve betopanların önüne taş duvarı taşıyacak olan mekanik monaj elemanları betopanların arkasındaki kutu profillerden oluşan karkasa tutturulmuştur. Mekanik montaj elemanlarının da yatayda belirli aralıklarla

bağlanması ile ayrıca ısı yalıtım malzemesi için bir karkas görevi görmesi ön görülmüş ve taş elamanlar bu sisteme oturtularak sistem kapatılmıştır. (Şekil 4.11)



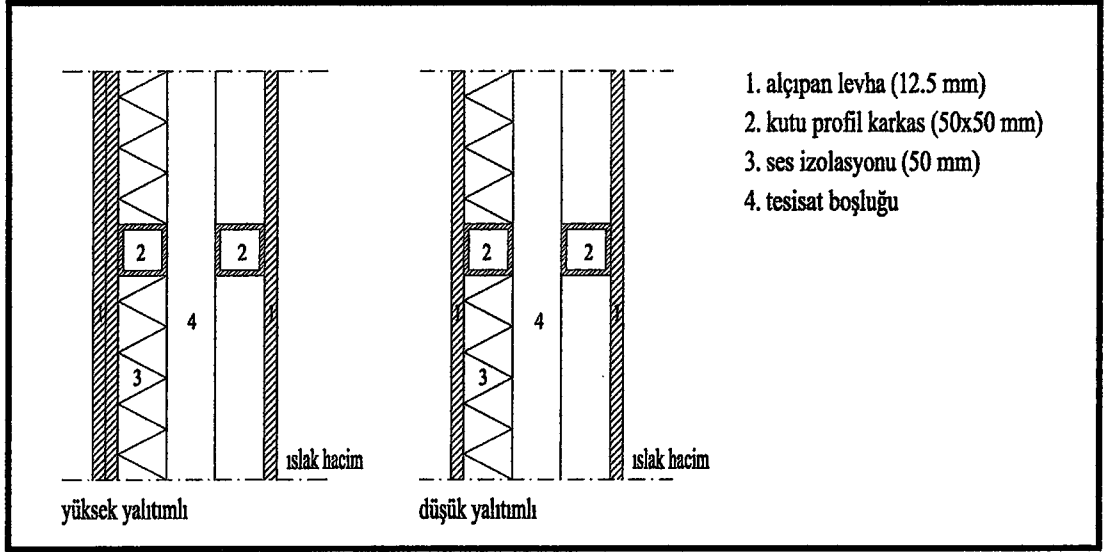
Şekil 4.11. Taş kaplama olacak dış duvar detayı

Ortaya konan bu tip detaylarının doğrultusunda katmanlaşma yapılırken, özel durumlar gereken yerlerde sadece içerde sistemi taşıyan kutu profillerden oluşan taşıyıcı karkasın kolona ve kirişe göre yeri değiştirilmiştir. Bununla beraber, iç ve dış kaplama elemanlarının yerleri ve mesafeleri sabit tutulmuştur.

İç duvarlar dış kabuk elemanı olarak geçmese bile bu yapıda kullanılan detaylandırma ilkelerinin iyi anlaşılması açısından anlatılacaktır. Çelik yapılarla uyumu nedeniyle yapının tümünde alçıpan bölme duvarlar tercih edilmiştir. Bu duvarlarda dış duvarlarda olduğu gibi çeşitli katmanlardan oluşturulurken, yapı içindeki yerlerine göre tesisat duvarları, bölücü duvarlar ve sürme kapı boşluklu duvarlar olarak gruplandırılmışlardır. Ayrıca ses izolasyonu birinci derecede önde tutularak, duvarlar kendi içlerinde de yüksek ve düşük yalıtımlı duvarlar olarak iki alt gruba ayrılmışlardır. Hafif bölme iç duvarlarda genel olarak kullanılan alüminyum C profiller kullanılmamış bunun yerine 50x50 mm'lik kutu profillerle duvarların oluşturulmasına karar verilmiştir.

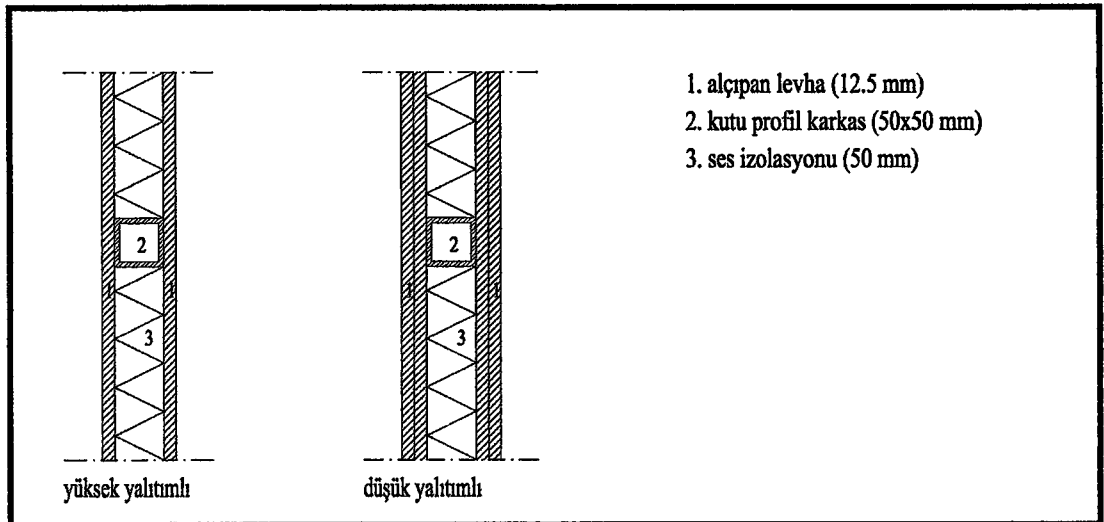
Tesisat duvarlarında, tesisatın için kutu profillerden karkas oluşturulmuş ve duvarın içinde tesisat için 50 mm'lik boşluk bırakılmıştır. Yüksek yalıtımlı tesisat duvarlarında ıslak hacimler dışında diğer mekanlara bakan kısımlarda, ses yalıtımına

ek olarak iki kat alçıpan kullanılmış, her iki alt grupta ıslak hacimlere bakan kısımda, tek kat alçıpan kullanılmıştır. Ayrıca ses yalıtımı oluşturulan karkasın içinde mekanların baktığı yöne yapılmıştır. (Şekil 4.12)



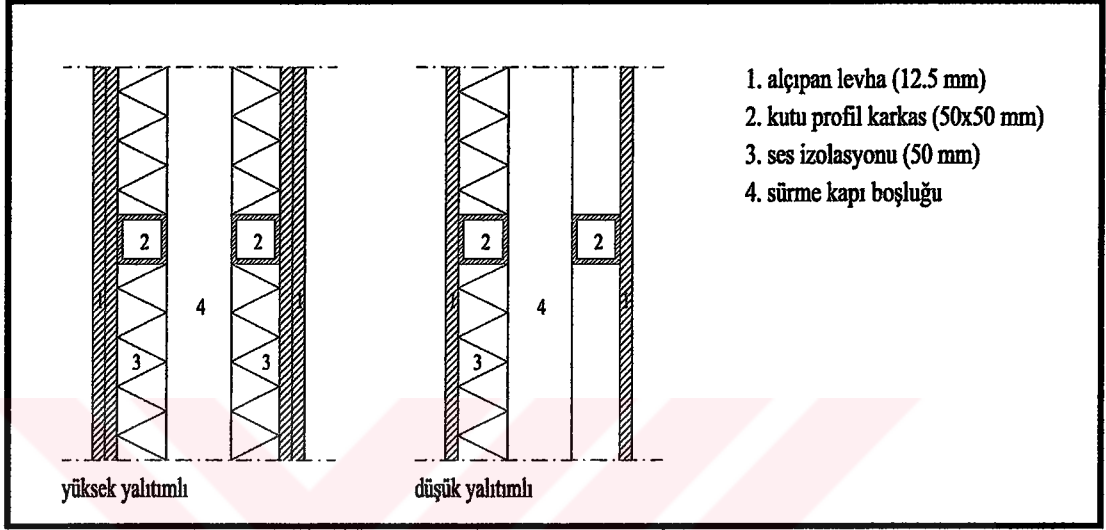
Şekil 4.12. Tesisat duvarları detayı

Standart bölücü duvar olarak kullanılan duvarlarda ise, taşıyıcı olarak yine 50x50 mm'lik taşıyıcı karkas tek olarak kullanılmış ve ses yalıtımı bu karkasın içine konmuştur. Yüksek ses izolasyonu gerektiren yerlerde, her iki yönde de çift alçıpan kullanılmıştır. Düşük ses izolasyonu gerektiren yerlerde, alçıpan sayısı her iki yönde teke indirilirken, uygulama aşamasında tip detaylar ön görülmesine rağmen aradaki ses yalıtımı konmamıştır. (Şekil 4.13)



Şekil 4.13. Standart bölme duvar detayı

Sürme kapı gelen bölme duvarlarda ise tesisat duvarlarında olduğu gibi çift karkas kullanılmış, daha önce belirlenmiş olan iki sürme kapı tipi için gereken boşluğa göre, karkaslar arasında sürme kapının ray mekanizmaları için boşluk bırakılmıştır. Yüksek ses izolasyonu gerektiren durumlarda çift kat alçıpan duvarın her iki baktığı mekan yönünde kullanılmış, düşük ses izolasyonu olan yerlerde alçıpan tek kata indirilmiştir. (Şekil 4.14)



Şekil 4.14. Sürme kapı boşluklu bölme duvar tip detayı

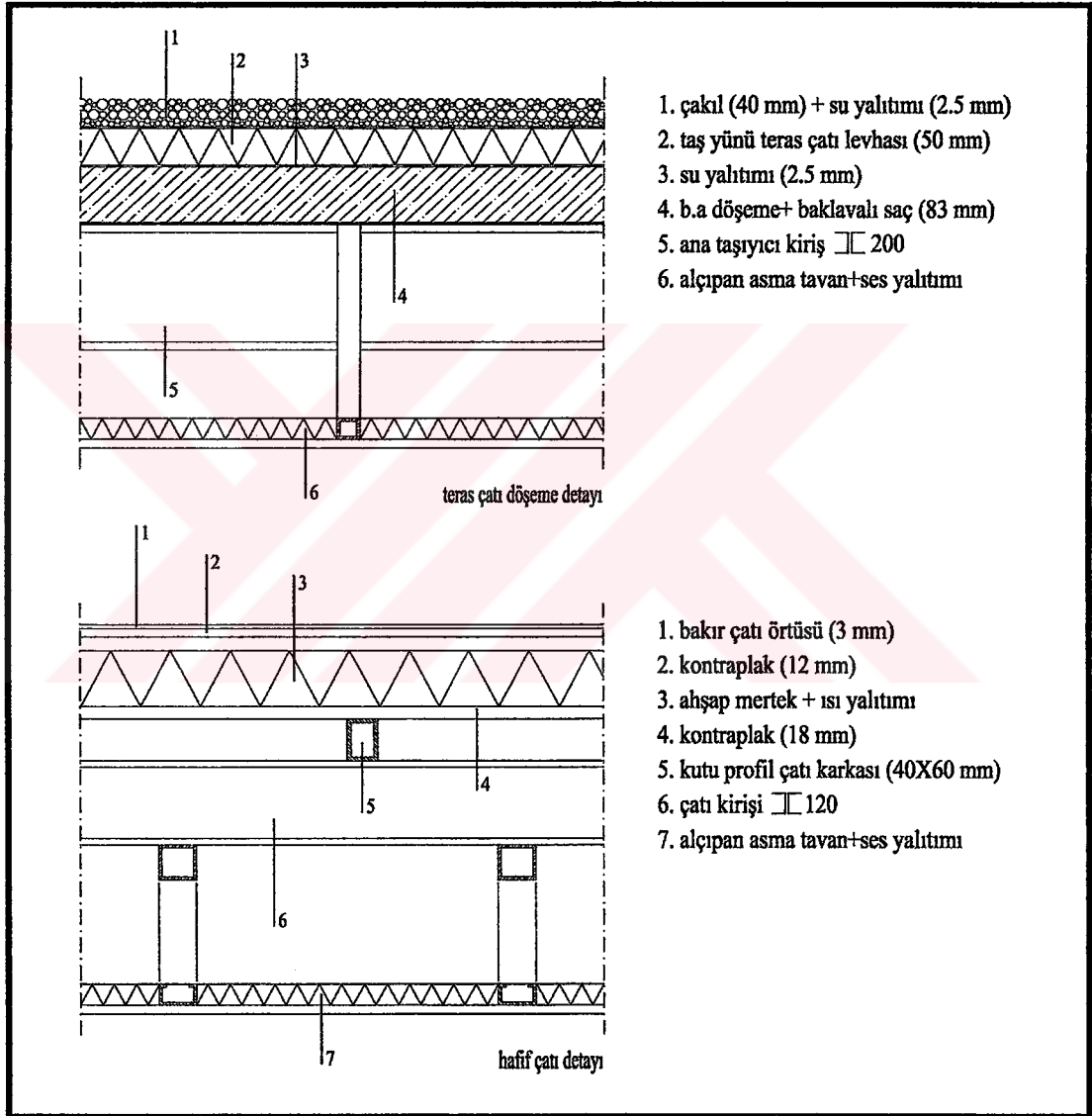
Yapıda, dış duvarlarda olduğu gibi, iç duvarlarda da bunlar prensip detayı olarak konmuş ve gereken katmanlaşmalar minimum ölçüler içinde verilmiştir. Yer yer kolonların içinde geçildiği durumlarda tek karkasla kurulmuş olan bölme duvarlar çift karkaslı hale getirilmiş veya çift karkaslı olan duvar tiplerinde ise arada kalan mesafe artırılmıştır.

#### 4.2.2. Çatılar ve Örtü Elemanları

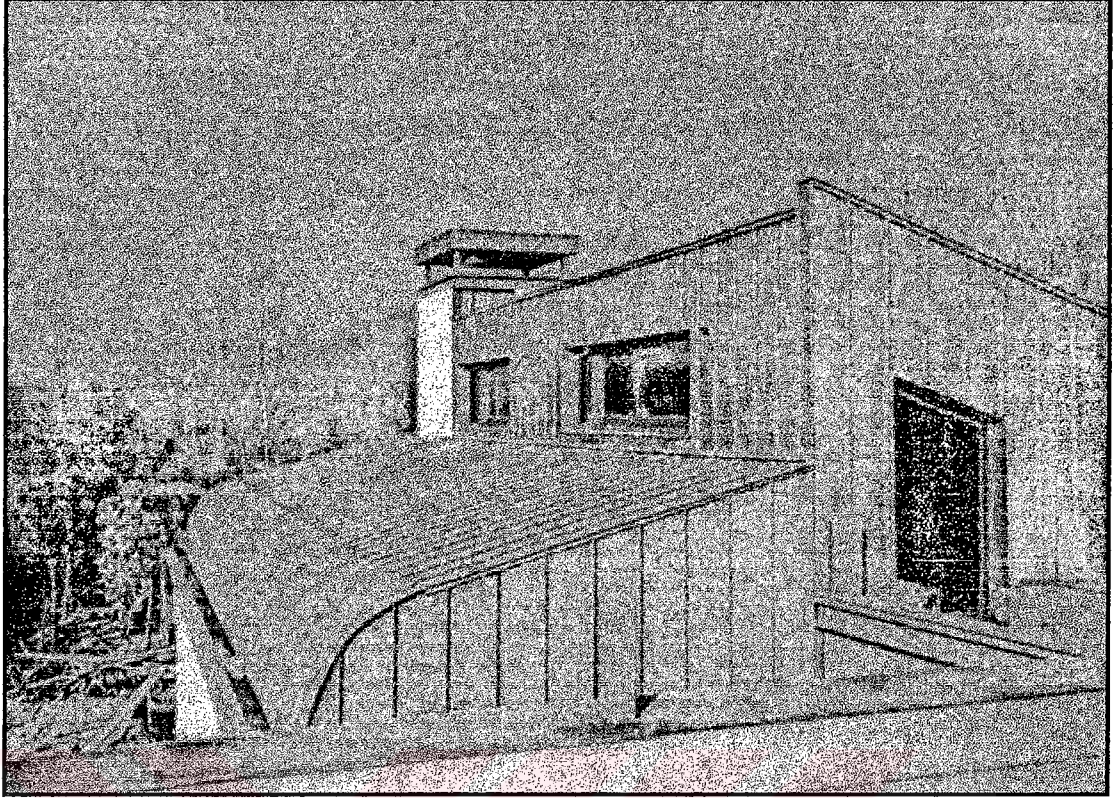
Yapıda yatak bölümünün üstünü örten teras çatı ve yaşama bölümünün üstünü örten eğimli çatı olmak üzere iki tip çatı elemanı ve bunlara bağlı olarak örtü elemanları ve katmanları oluşmuştur.

Teras çatı döşemelerinin yapımında baklavalı düz saç kullanılmış ve kompozite bu saçların üzerine belirli aralıklarla kaynaklanan U profillere döşeme demirlerinin kaynaklanmasıyla sağlanmaya çalışılmıştır. Çatıda betonarme döşemenin oluşturulmasından sonra, standart düz çatı detayları uygulanmıştır. Mal sahibi çelik kirişleri görmek istemediğinden dolayı altta alçıpan asma tavan uygulaması yapılmış ve istenen tesisat hacmine göre asma tavan yüksekliği esnek bırakılmıştır.

Yapının eğimli ve eğri yüzeylere sahiptir çatılarında ise, çelik taşıyıcı çatı kirişlerinin üzerine çatı elemanlarını taşıması için 40x60 mm'lik kutu profillerden çatı karkasları oluşturulmuş bunların üzerine de yalıtım malzemesinin oturacağı kontrplak yüzey monte edilmiştir. Kontrplak yüzeye yer yer ahşap elemanlar monte edilerek yalıtım malzemesinin sabitlenmesi sağlanmıştır. Yalıtımda kullanılan malzemenin üstüne ayrıca ince bir kontrplak tabakası konularak, bunun üzerine çatı kaplama malzemesi sabitlenmiştir. (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 )



Şekil 4.15. Çatı kaplamaları ve örtülerine ait detaylar

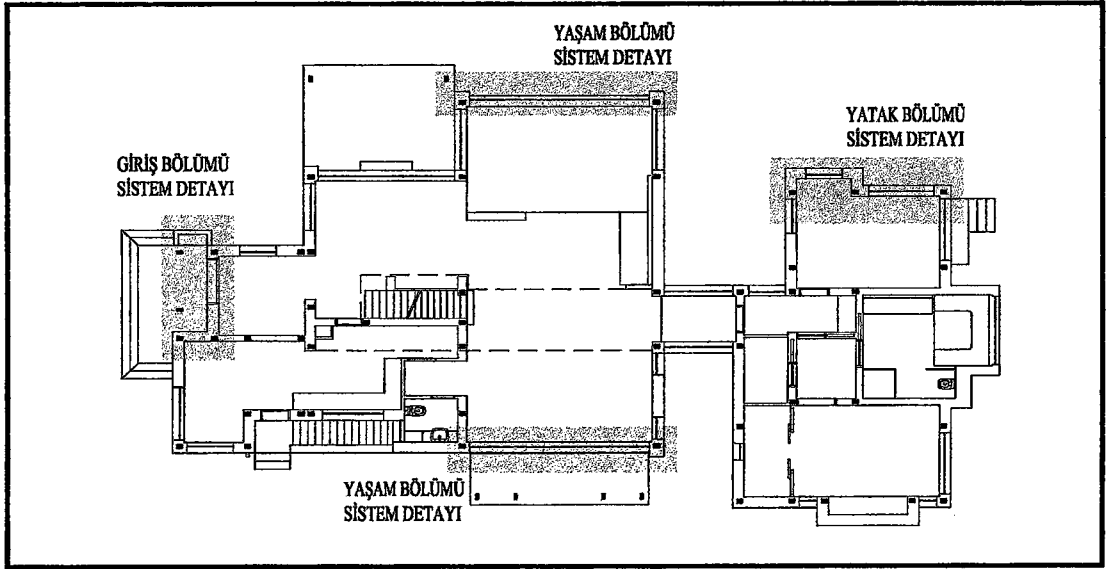


Şekil 4.16. Çatı kaplamalarına ait yapıdan bir görünüm

### 4.3. Yapıya Ait Nokta Detayları

Ortaya konulan tip detaylarının doğrultusunda 1/20 sistem detayları, plan, kesit ve görünüş olarak çizilmiş ve bunlara bağlı olarak çizilmesi ön görülen nokta detayları belirlenmiştir. Ön görülen nokta detaylarının çizildiği gibi mümkün olduğunca uygulatılmasına rağmen, daha önce de belirtildiği gibi şantiyede bilinçsizce ve mimarın kontrolü dışında yapılan değişiklikler nedeniyle tam anlamıyla uygulanamamıştır. Yerinde alınan ölçüler doğrultusunda revizyonlar yapılarak, nokta detayının aslına uyacak şekilde detaylandırmaları tekrar yapılmıştır.

Sistem detaylarının çizilmesinde yapının giriş sistem detayı, yaşama bölümü sistem detayı ve yatak bölümü sistem detayı şeklinde üç ana bölümden oluştuğu kabul edilmiştir. Ayrıca yaşama bölümü sistem detayı da, kendini oluşturan ön ve arka cephelerini de içinde bulunduracak şekilde detaylandırılmıştır (Şekil 4.17)

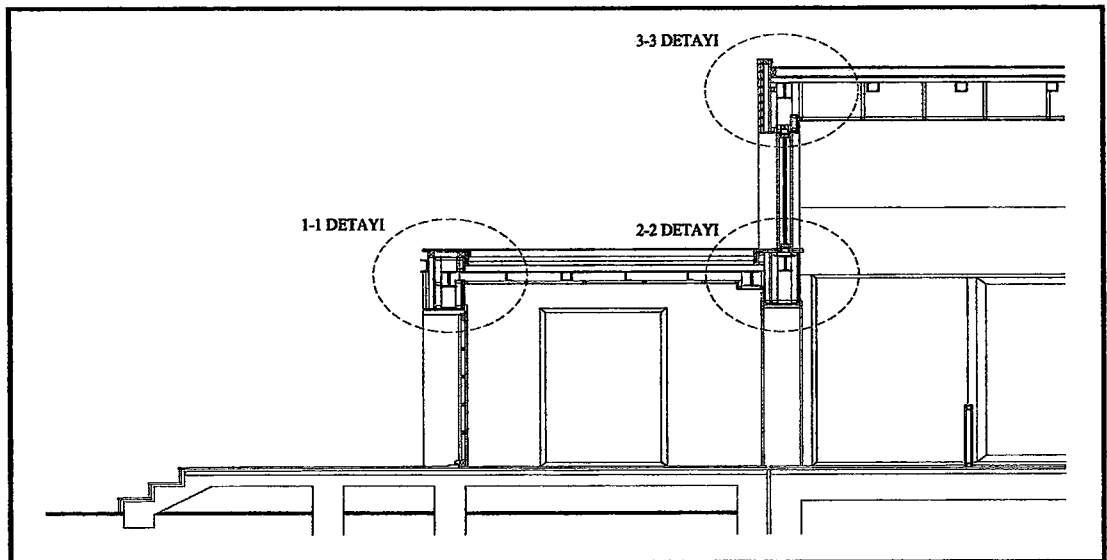


Şekil 4.17. Sistem detaylarının çizildiği aksları gösteren anahtar plan

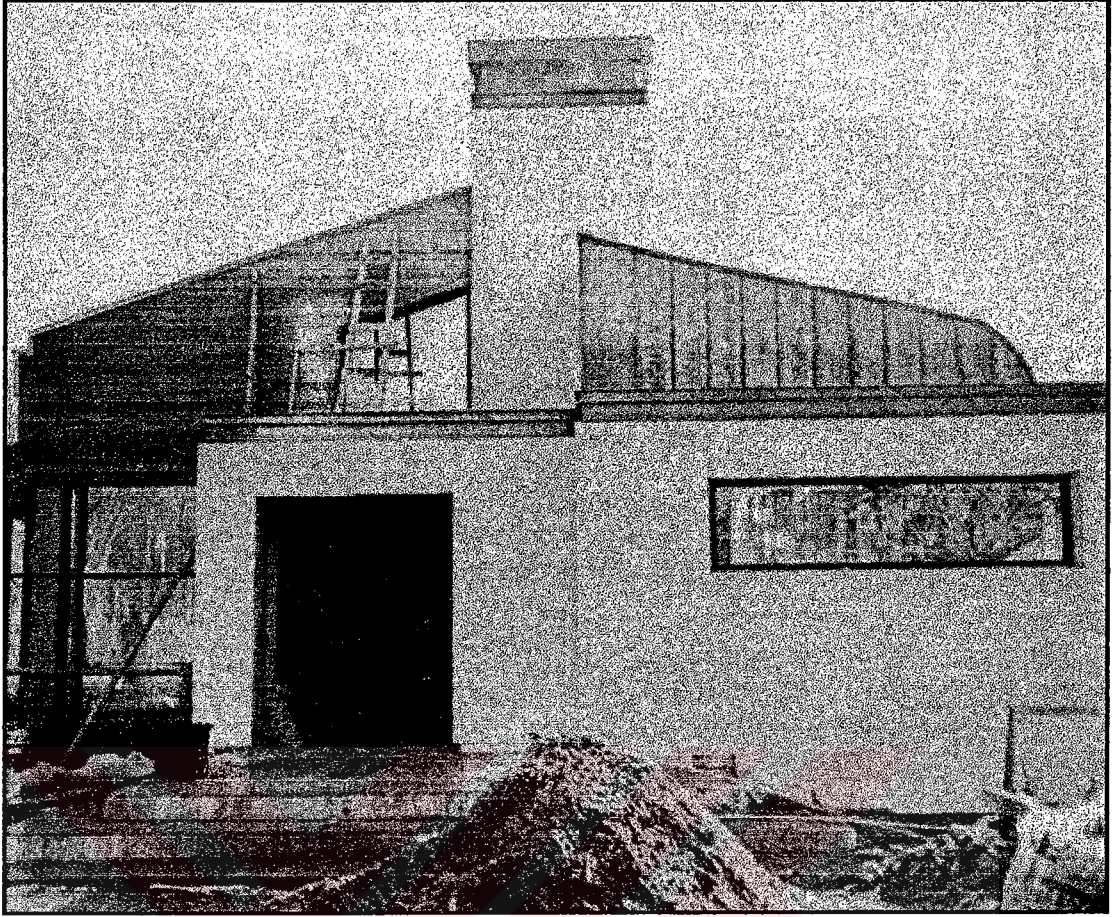
Bu anahtar plan üzerinde görülen sistem detaylarının geçtiği noktalar arasındaki sistem detayının ismi çalışmanın bundan sonraki bölüm alt başlığı olarak verilecek ve sistem kesitleri anahtar kesit olarak kullanılıp, bunların üzerinde gösterilen nokta detaylarının çizimlerine detaylı bir şekilde yer verilecektir.

#### 4.2.1. Giriş Sistem Detayına Ait Nokta Detayları

Giriş sistem detayında çelik taşıyıcı sistem ve bütünleyici elemanlarla ilgili üç tane önemli detay bulunmaktadır. (Şekil 4.18 ve Şekil 4.19 )



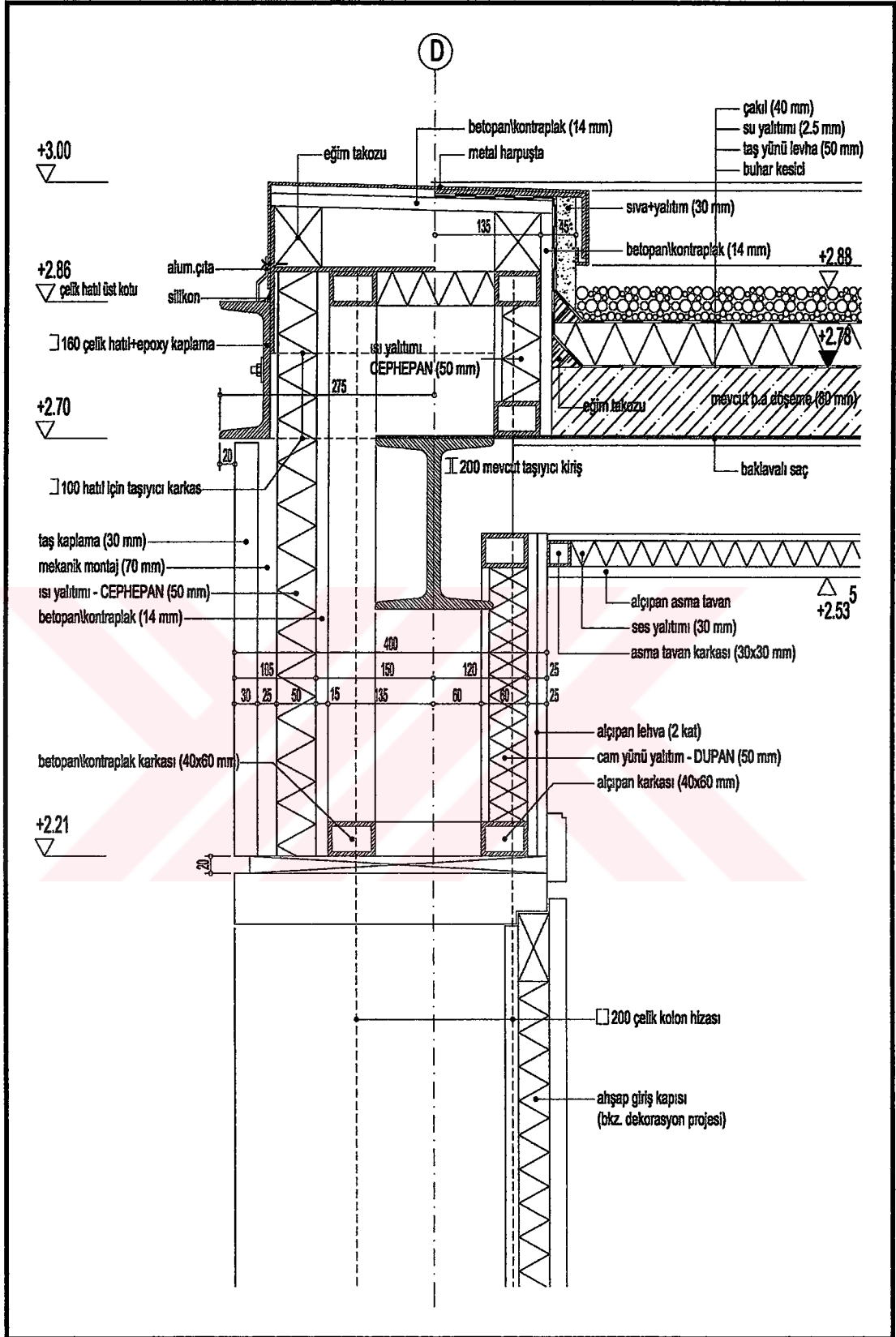
Şekil 4.18. Giriş sistem detayı kesiti ve nokta detaylarının yerleri



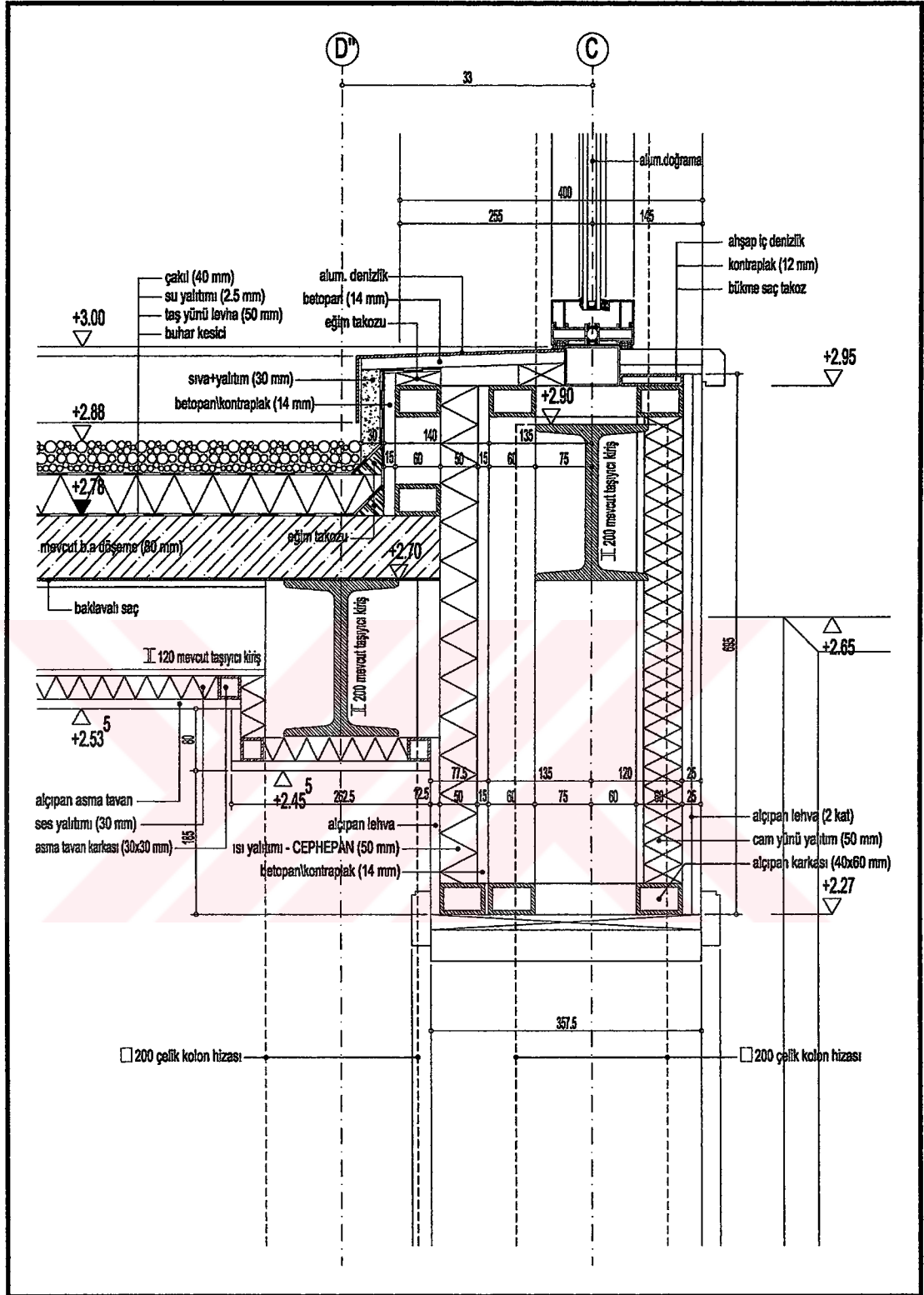
Şekil 4.19. Giriş sistem detayının görünüşü

1-1 nokta detayında, giriş kapısı üst lentosunun taşıyıcı sistemle nasıl bağdaştırıldığı, daha önce tip detayı çizilmiş olan çatı döşemesi tip detayına uygun olarak, taşıyıcı sistemle çatının ilişkisi ve çatı bitiş detayları ve taş kaplama detaylarının giriş kapısı ile ilişkileri görülmektedir. Tip detaylardan tek farkı daha kolona göre kutu profil taşıyıcıların yerindeki değişikliktir. İç ve dış duvarların aksa olan mesafeleri ise korunmuştur. Asma tavan mesafeleride aynı detayda verilmiştir. (Şekil 4.20)

Galeri bölümüne ışık almak için giriş cephesinde açılan pencerenin teras çatı ile bitiş detayını özellikle göstermek için çizilmiş olan 2-2 detayı aynı zamanda giriş kapısından sonra yaşama bölümüne ulaşmak için kullanılan açıklıklığın ve giriş bölümü sonradan yapılan bir ek olduğu için dilatasyondan dolayı ortaya çıkan ve giriş bölümüne ait olan taşıyıcı kiriş iç duvarlarla olan ilişkiside yine bu detayda gösterilmiştir. (Şekil 4.21)

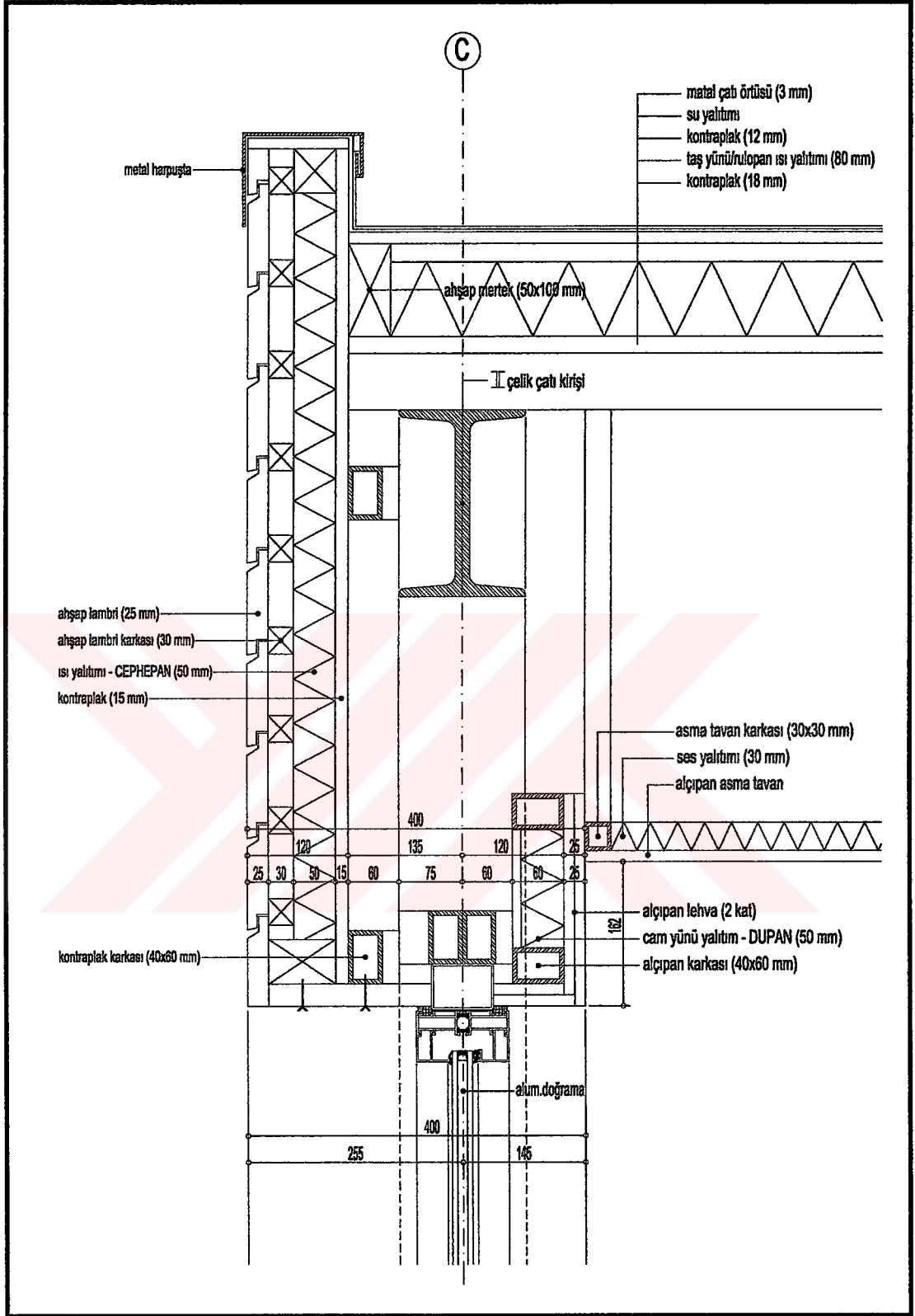


Şekil 4.20. Giriş sistem detayına ait 1-1 Nokta Detayı



Şekil 4.21. Giriş sistem detayına ait 2-2 Nokta Detayı

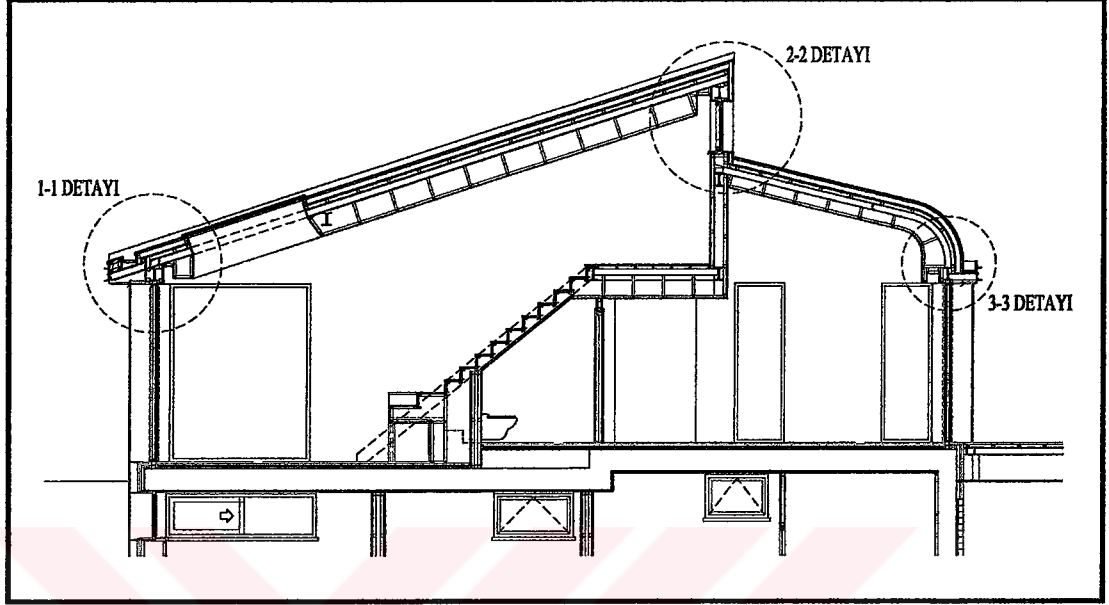
3-3 detayında, galeri bölümüne ışık almak için giriş cephesinde açılan pencerenin hem kirişleri birbirine bağlayan hemde çatıyı taşıyan ana kirişle olan ilişkisi gösterilmiştir. Ayrıca ön cephede kullanılan ahşap lambrilerle, çatının kaplamasının ilişkisinde bu detayda çizilmiştir. (Şekil 4.22)



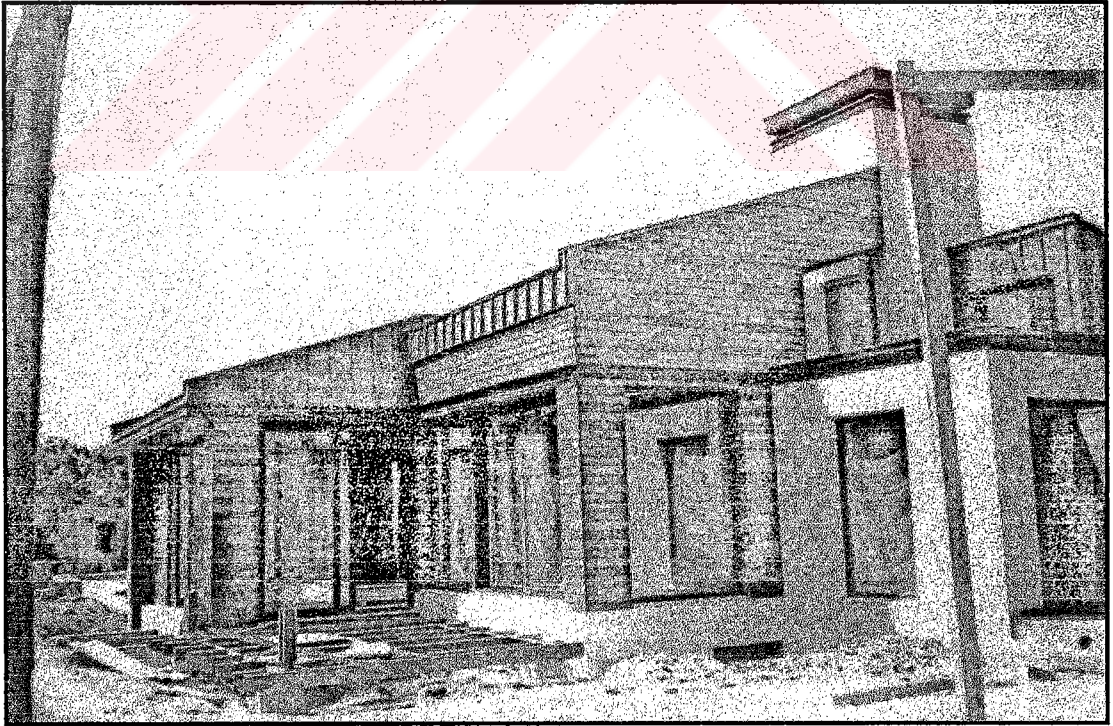
Şekil 4.22. Giriş sistem detayına ait 3-3 Nokta Detayı

#### 4.2.2. Yaşama Bölümü Sistem Detayına Ait Nokta Detayları

Yaşama bölümü sistem detayında çelik taşıyıcı sistem ve bütünleyici elemanlarla ilgili üç tane önemli detay bulunmaktadır. (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24)

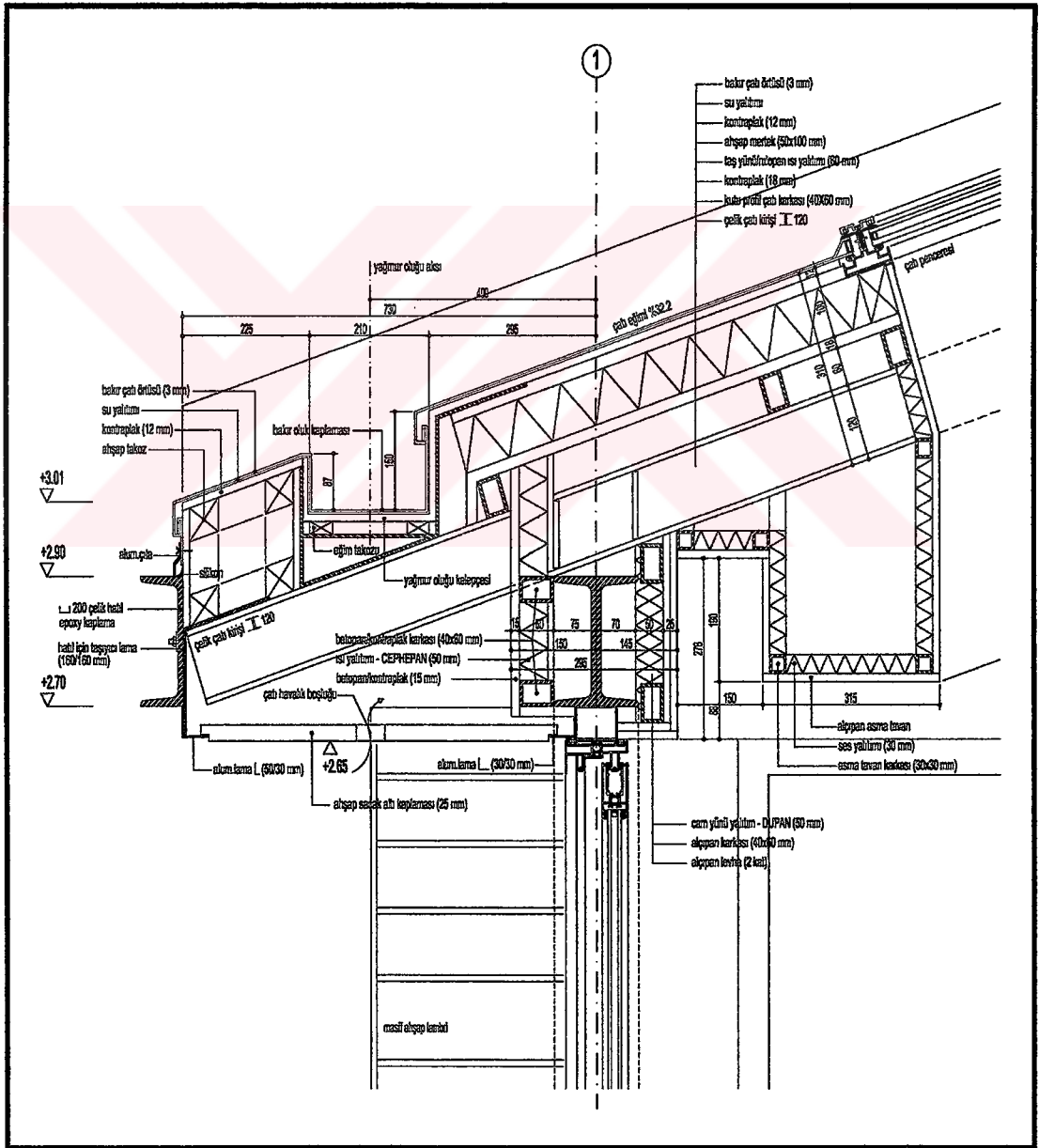


Şekil 4.23. Yaşama bölümü sistem detayı kesiti ve nokta detaylarının yerleri



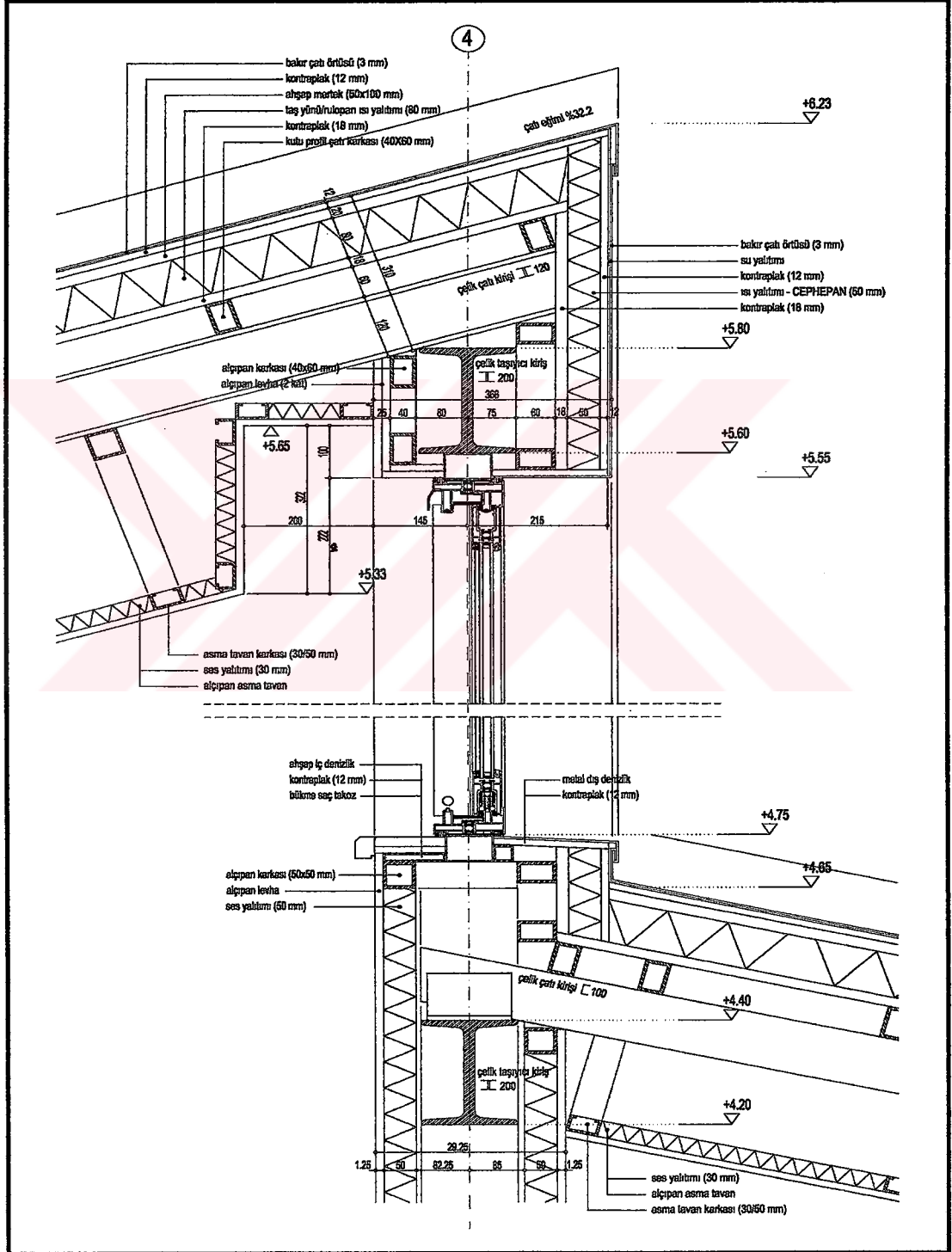
Şekil 4.24. Yaşama bölümü sistem detayının görünüşü

Oldukça çok fazla bilgiyi üzerinde barındıran bu detayda, öncelikle ifade edilmek istenen yapıda yağmur oluşunun taşıyıcı çelik sistem, çatıya ait taşıyıcı sistem ve önde giden hatulla olan ilişkisini göstermektedir. Ayrıca eğimli giden çatıda ışık almak için açılan pencere, üretici firmadan gelen detaylarının revizyonu ile beraber detayda görüldüğü gibi detaylandırılmış, taşıyıcı sistem ve havalandırma kanallarının geçtiği asma tavanla da ilişkilendirilmiştir. Detayda bu cephede kullanılan ahşap lambri ve saçak altı kaplaması ve pencere ilişkisi de ayrıca gösterilmiştir. Çatıda hava sirkülasyonun olması için saçak altı kaplamasında boşluk bırakılmış, ısı izolasyonu mümkün olduğunca her yerde kullanılarak oluşabilecek ısı köprüleri minuma indirilmiştir. (Şekil 4.25)



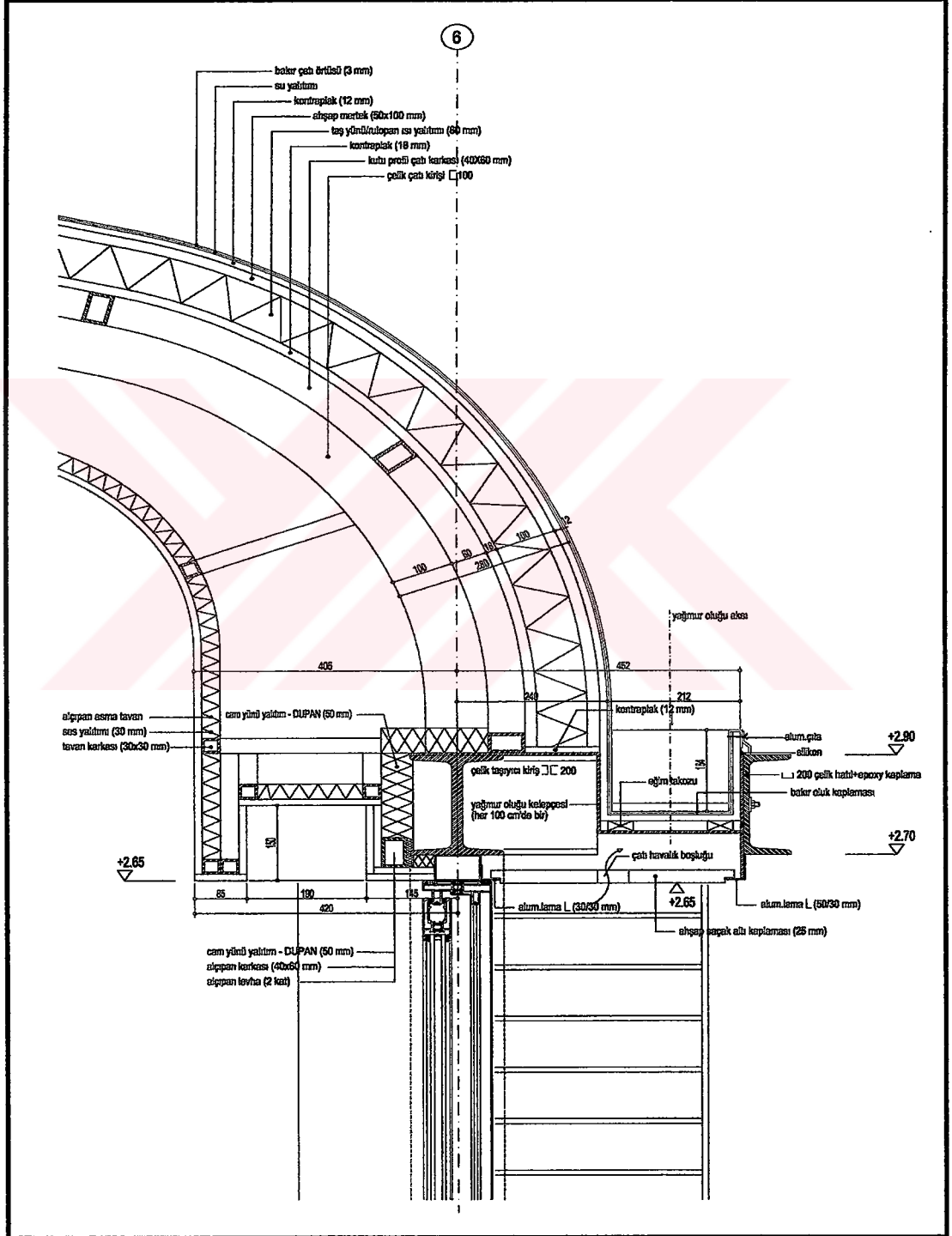
Şekil 4.25. Yaşama bölümü sistem detayına ait 1-1 Nokta Detayı

Kapsamlı bilgi içeren 2-2 detayında da ilk olarak hedeflenen, çatıların malzemeleri ile beraber daha önce belirlenmiş olan tip detaylara göre taşıyıcı sistemle ve içinde tesisat kanalları geçen asma tavanla ilişkisini göstermektir. Ayrıca galeri katına ait pencerenin hem üst çatı kirişi, hem de alttan giden ve eğri çatı kirişlerinin oturduğu ara kirişle nasıl bağdaştırıldığı bu nokta detayında gösterilmiştir. (Şekil 4.26)



Şekil 4.26. Yaşama bölümü sistem detayına ait 2-2 Nokta Detayı

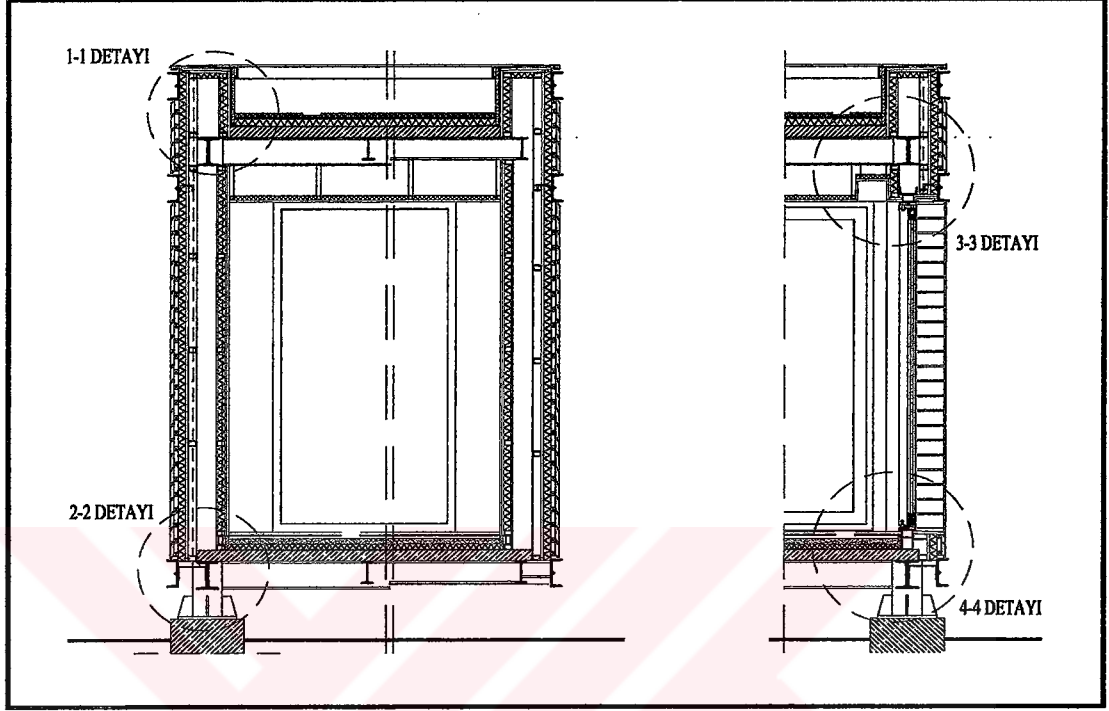
Yaşama bölümünde tasarımın bir getirisi olarak yemek bölümünü ve mutfağı örten eğri çatının daha önce belirlenmiş olan tip detaylara bağlı olarak taşıyıcı sistemle, yağmur oluğu ve çevre hatlı ile olan ilişkisini gösteren 3-3 detayında ayrıca tüm cephe boyunca varolan pencerenin, üretici firmadan gelen detaylarının revizyonu doğrultusunda, taşıyıcı çelik sistemle ilişkisi gösterilmiştir. (Şekil 4.27)



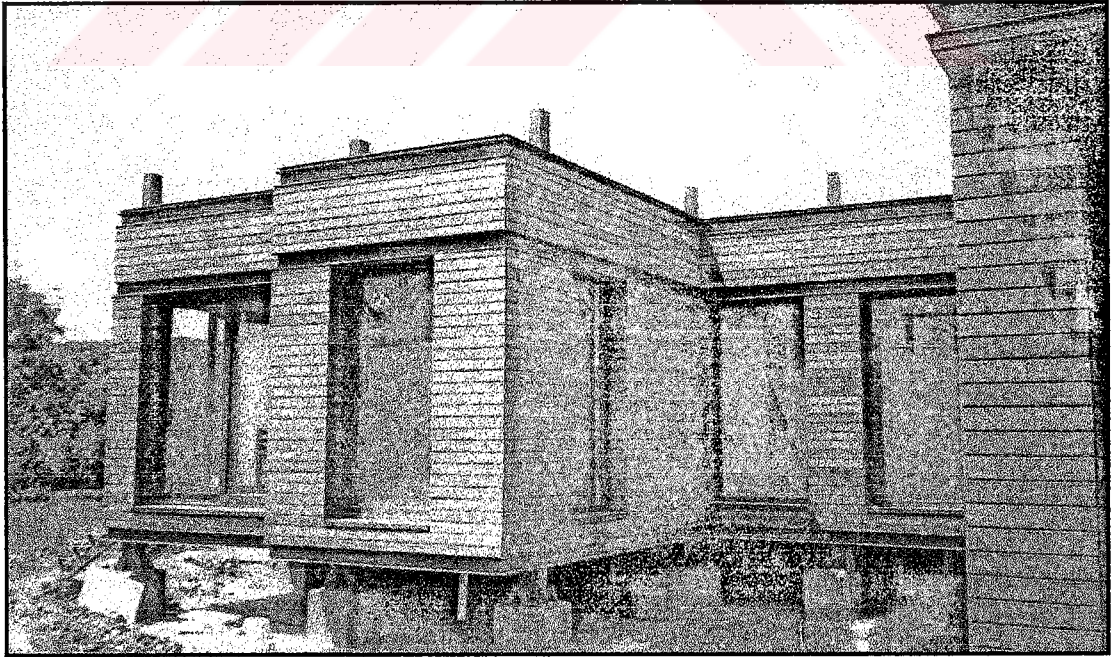
Şekil 4.27. Yaşama bölümü sistem detayına ait 3-3 Nokta Detayı

### 4.2.3. Yatak Bölümü Sistem Detayına Ait Nokta Detayları

Yaşama bölümü sistem detayında çelik taşıyıcı sistem ve bütünleyici elemanlarla ilgili dört tane önemli detay bulunmaktadır. (Şekil 4.28 ve Şekil 4.29)

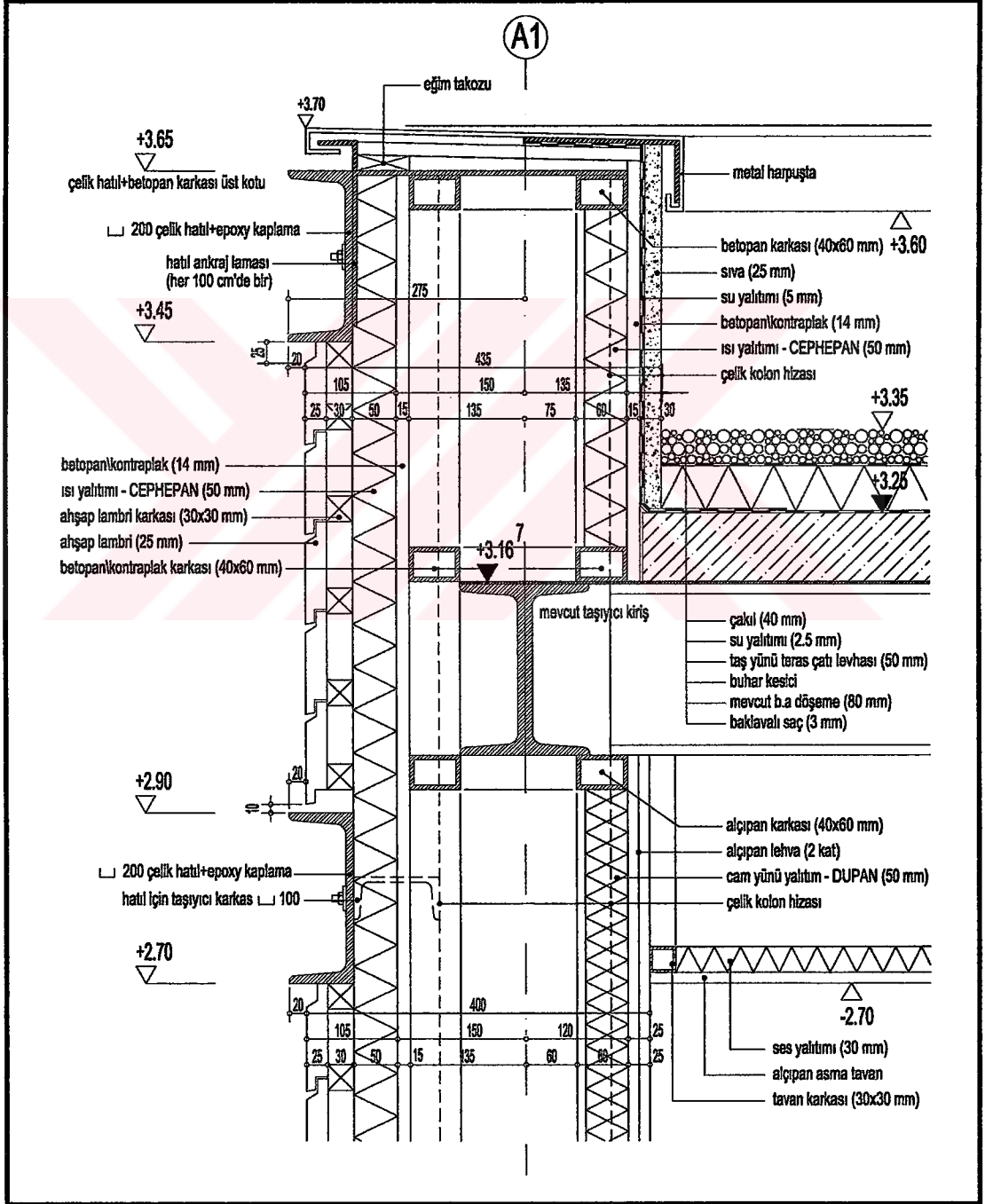


Şekil 4.28. Yatak bölümü sistem detayı kesiti ve nokta detaylarının yerleri



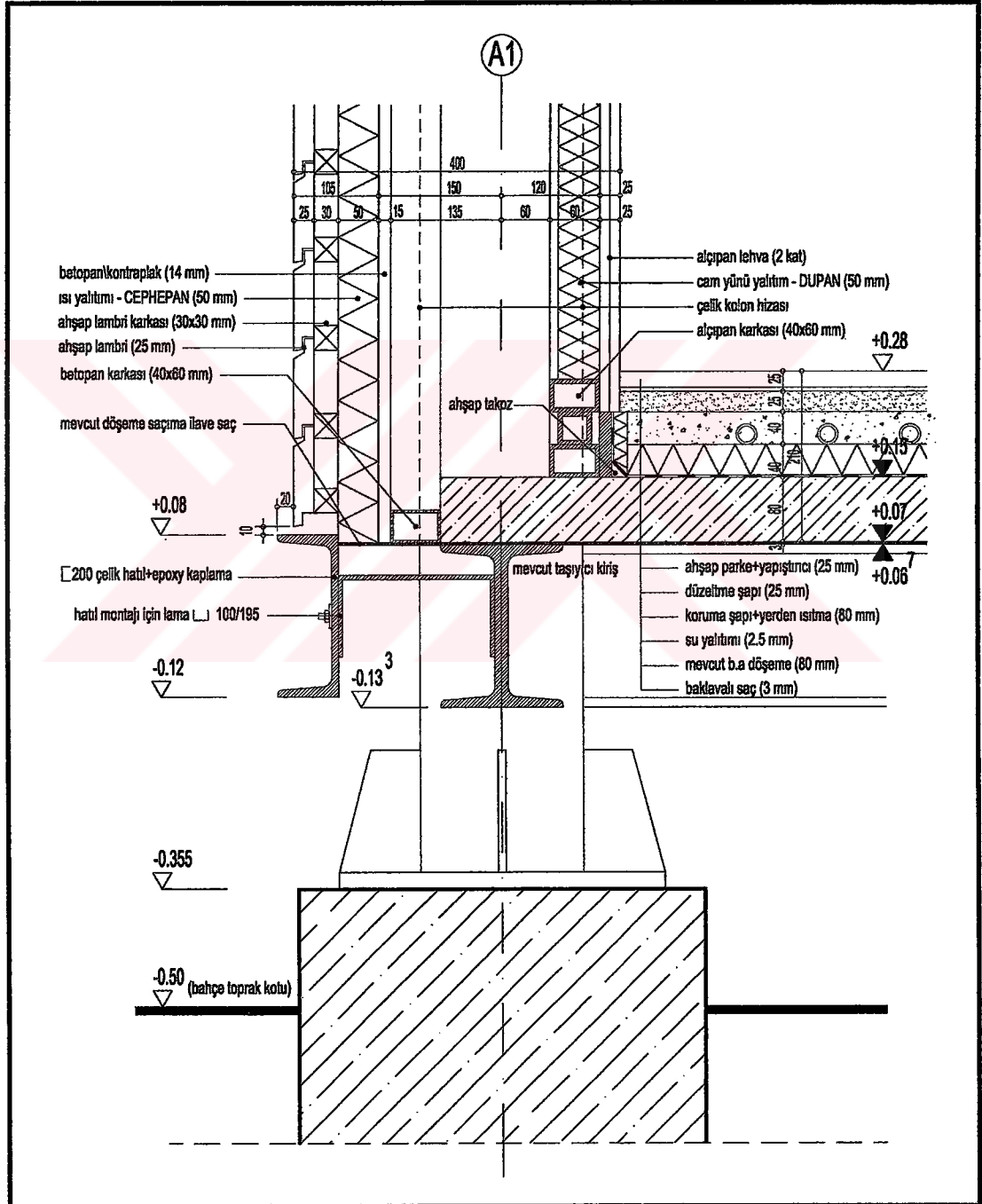
Şekil 4.29. Yatak bölümü sistem detayının görünüşü

Bu detayda gerek dış duvarların, gerekse de çatı döşemesinin daha önceden ön görülen tip detaylar doğrultusunda çelik taşıyıcı iskelet sistemle nasıl bağdaştırıldığı görülmektedir. Ayrıca bina boyunca üst kotta dönen çevre hatılının yapıya nasıl sabitlendiğini gösteren bu detayda, çatı bitiş detayında da dış duvarların oluşumuna benzer detaylar kullanılmış ve buna göre yapının dış ortamla ilişkisi kesilmiştir. Kullanılan ısı yalıtım malzemeleri gerekli yerlere koyularak oluşabilecek ısı köprülerinin de önüne geçilmeye çalışılmıştır. (Şekil 4.30)



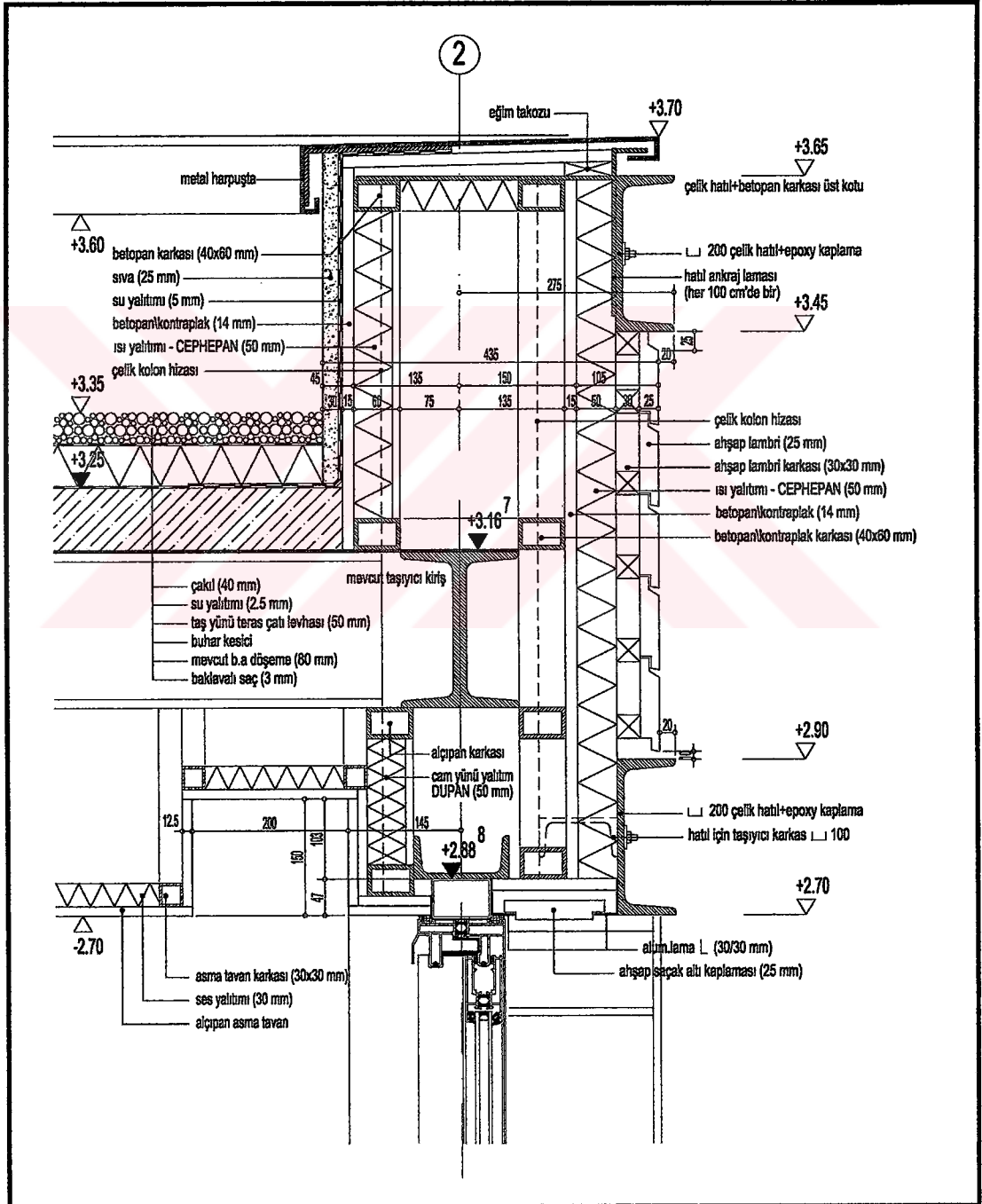
Şekil 4.30. Yatak bölümü sistem detayına ait 1-1 Nokta Detayı

Bu detayda ise daha önce öngörülen döşeme detayının, çelik iskelet sistemle ve iç duvarlarla nasıl bağdaştırıldığı anlatılmak istenmiştir. Ayrıca bina boyunca alt kotta dönen çevre hatlarının iskelet sisteme bağlantısı ve tasarımdan gelen kriterler doğrultusunda sisteme ait temellerle yapının ilişkisi bu detayda anlatılmıştır. Bu detayda görüldüğü üzere, dış duvar tip duvar detayları aynen bu nokta detayına uygulanmıştır. (Şekil 4.31)



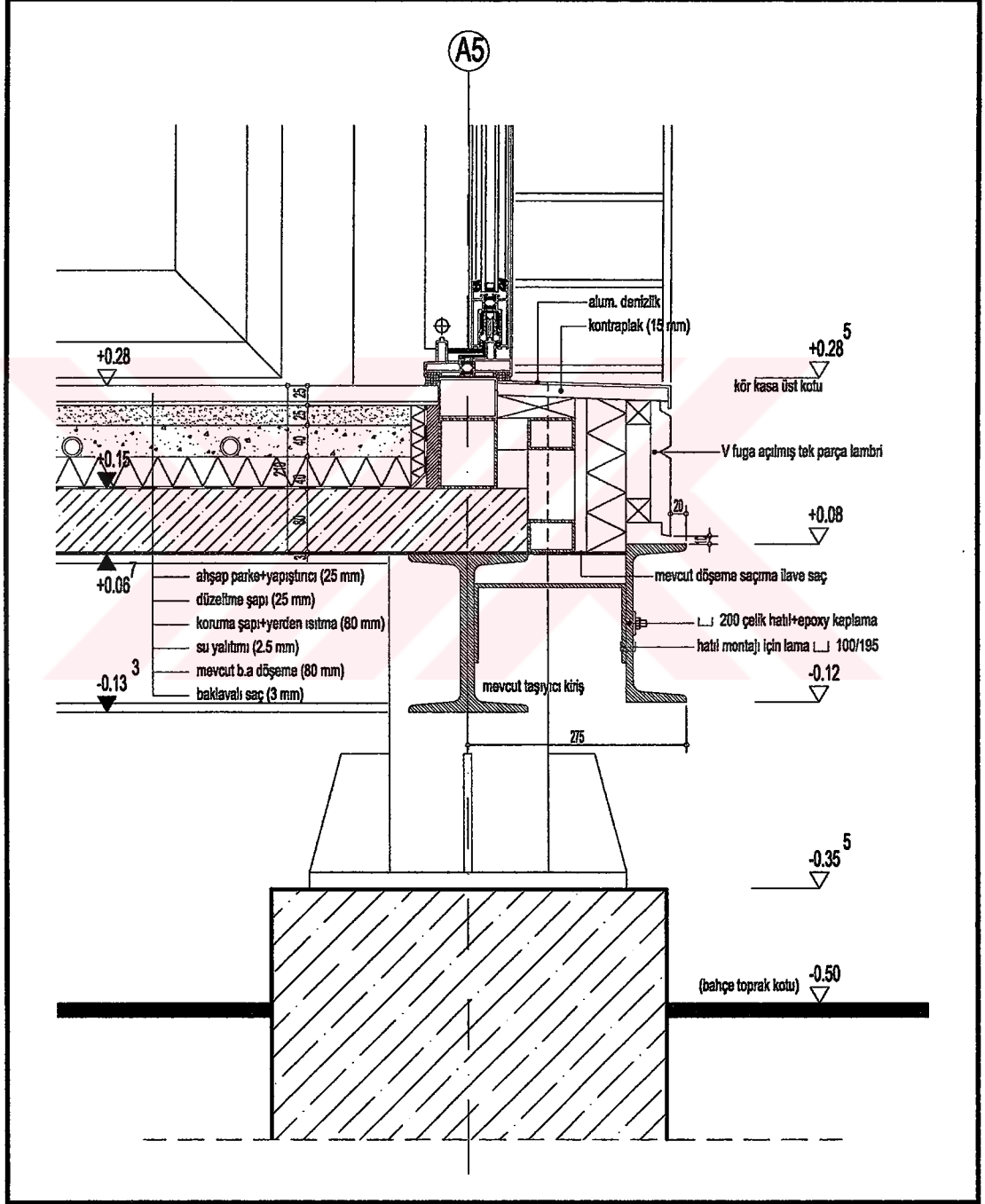
Şekil 4.31. Yatak bölümü sistem detayına ait 2-2 Nokta Detayı

3-3 detayında da gerek dış duvarların, gerekse de çatı döşemesinin daha önceden ön görülen tip detaylar doğrultusunda çelik taşıyıcı iskelet sistemle nasıl bağdaştırıldığı görülmektedir. Bununla beraber 1-1 detayından farklı olarak, alüminyum pencere doğramasının, ana taşıyıcı kirişlere belirli noktalardan bağlanan [14'lük profile doğrama kör kasasının sabitlenerek üst kotta taşıyıcı sistemle nasıl bağdaştırıldığı görülmektedir. Ayrıca alçıpan asma tavanda perdelik içinde ön görülen boşluk yine alçıpan karkasları ile oluşturulmuştur. (Şekil 4.32)



Şekil 4.32. Yatak bölümü sistem detayına ait 3-3 Nokta Detayı

4-4 detayında ise, alüminyum pencere doğramasının, taşıyıcı sistemle nasıl bağdaştırıldığı görülmektedir. Pencere doğramasının alt kotunun elde edilmesi için, mevcut döşemenin üstüne, kör kasanın montajı için kutu profil sabitlenmiş ve daha sonra kör kasa üstüne getirilmiştir. Ayrıca aynı kutu profile kaynaklanan kutu profillerle pencerenin altında kalan ahşap lambri karkaslarının da taşınması sağlanmıştır. (Şekil 4.33)



Şekil 4.33. Yatak bölümü sistem detayına ait 4-4 Nokta Detayı

### 6.3. Bölüm Sonucu

Bu bölümde, bütün tez çalışması boyunca çelik yapılara dair anlatılanlarının daha iyi anlaşılması için alan çalışması yapılmış bir iskelet yapı taşıyıcı sistem elemanları, kabuk elemanları ve nokta detaylarıyla incelenmiştir. Çelik bir yapının uygulama projesinin doğru çizilmesi ve ilerde karşılaşılabilecek sorunların minuma indirilmesi için, uygulama projesinde, büyük ölçekten başlayıp, küçük ölçeğe doğru gidilmesi gerekmektedir. Ayrıca yapıda oluşabilecek tüm detayların prensip detaylarının önceden belirlenmesi ve bunlara göre nokta detaylarının oluşturulması gerekmektedir. Tümevarım yöntemi gibi de kabul edebileceğimiz bu yaklaşımla, yapının uygulama projesi ve alan uygulamasında karşılaşılabilecek revizyonlar veya sorunlara kısa sürede müdahale edilebilir.



## 5. SONUÇLAR

Günümüz mimarlığının bugünkü durumuna gelmesinde, başarılı ve ses getiren yapıların ortaya çıkmasında, çeliğin taşıyıcı sistem malzemesi olarak yapılarda kullanılması büyük rol oynamıştır. Yapılarda ilk kullanmaya başlandığı zamanlardan itibaren sürekli geliştirilen çelik taşıyıcı sistemler sayesinde günümüze kadar önemli mimarlık ürünleri verilmiştir. Bu durum, mimarlara, mühendislere ve yapı malzemeleri üzerinde çalışanlara bir adım öteye gitmek için güç vermiştir. Ayrıca, günümüz mimarlığı artık geleneksel tasarım ve yapım yöntemlerini bırakmış, tamamıyla yan disiplinlerle organize bir şekilde çalışarak, yapıyı ortaya çıkarma yolunu seçmiştir ve mimarlar tasarladıkları yapıların detayları ile uğraşmak yerine, yan disiplinler tarafından çözüme ulaştıran detayların projelerine uygunlukları ve yapılarını en iyi şekilde nasıl ifade edecekleri üzerine çalışmaya başlamışlardır. Bir mimarında böyle bir çalışma içinde olması için, çelik taşıyıcı sistemler ve bütünleyici elemanlara ait prensip detaylarına hakim olması gerekmektedir.

Bu kriterlerin doğrultusunda bu tez çalışmasının yapılması ön görülmüş ve amaç olarak ortaya konan, çelik taşıyıcı elemanlar ve kabuk elemanlarıyla ilgili prensip detaylarının incelenmesinin ileride yapılacak olan diğer bilimsel çalışmalar için yol gösterici nitelikte olacağına karar verilmiştir.

Giriş bölümünde ortaya konanlardan sonra, ikinci bölümde tarihsel süreç, malzeme olarak çelik, çeliğin avantaj ve dezavantajlarına ek olarak Türkiye’de çelik üretimi incelenmiştir. Doğasından gelen özellikleri nedeniyle çeliğin üstün bir taşıyıcı sistem malzemesi olduğu anlaşılmış, avantajları ve basit çözümlerle ortadan kaldırılabilir dezavantajları sayesinde, mimarlara oldukça geniş tasarım olanakları verdiği ve birçok yapı tipinde tercih edilmekte olduğu görülmüştür. Çeliğin, eleman boyutunda belirli bir noktaya kadar başarılı çözümler sunarken, yine bu elemanlar ile oluşturulan sistemler sayesinde oluşturulan çelik yapıların diğer yapılara göre üstünlüğünün tartışılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde, çelik yapıların birçok farklı elemanın birleşmesi sonucu ortaya çıktığı gözönünde bulundurularak, çelik yapıyı oluşturan elemanlar taşıyıcı sistem elemanları ve dış kabuk elemanları olarak iki ana kısımda incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda, taşıyıcı çelik elemanların kendi içinde ayrı ayrı özellikleri, yükler karşısından farklı davranışlar gösterdiği, bunlar için önlem alınması gerektiği ve elemanların kendi aralarında oluşan birleşimlerin oldukça önemli olduğu ve gelen yükler doğrultusunda birleşimler yapılması gerektiği görülmüştür. Ayrıca çelik taşıyıcı elemanların bir çok farklı şekilde birleştirilerek farklı formlarda birçok yapı yapılabileceği, diğer yapı taşıyıcı malzemelerinde özellikle boyutlandırma da çıkan problemler nedeniyle oluşan kayıpların çelik taşıyıcı elemanlar sayesinde ortadan kalkacağı anlaşılmıştır. Ayrıca, kabuk elemanlarının yapının amacına, geçilecek açıklığa, yapıdan beklenen özelliklere göre iyi seçilmesi gerektiği, özellikle dış kaplama malzemeleri seçiminde ve detaylandırmasında yapıdaki taşıyıcı elemanların korunması ve kullanıcıların konfor seviyesini de düşünülmesi gerektiği görülmüştür.

Tez çalışması boyunca anlatılanların daha iyi anlaşılması için çalışmanın dördüncü bölümünde, alan çalışması yapılması çelik bir yapı, bugüne kadar uygulanmış detay çözümlerinin herhangi bir sorun göstermemesi üzerine, bu yapının detaylarına yer verilerek incelenmiş, taşıyıcı sistem malzemesi çelik olarak seçilmiş bir yapı tasarlanırken nasıl bir yaklaşım gösterilebileceği anlatılmıştır. Ön tasarım aşamasından, uygulama aşamasına geçildiğinde küçük ölçekten büyük ölçeğe gitmek yerine tam tersinin yapılarak, önce prensip detaylarının tasarlanması ve bunlara ait bazı kabüllerin yapılmasının, ilerde gerek uygulama aşamasında, gerekse de malzeme üreticisi firmalarla yapılan çalışmalar aşamasında çıkabilecek problemlerin minimuma indirilmesi açısından önemi anlaşılmıştır.

Tüm bu bölüm sonuçların ışığında, taşıyıcı sistemi çelik olmasına karar verilen bir yapının tasarlanması ve uygulanması için belirli bir ön çalışma ve planlama yapılması ve bunun ne kadar doğru bir karar olduğunun birkez daha düşünülmesi ilerde yaşanacak problemlerin minimuma indirilmesi için oldukça önemli olduğu görülmüş ve bu kararı birinci derecede verecek olan mimarında çelik yapılar hakkında belirli bir ön bilgiye sahip olması gerektiği anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] **Ardan, F.**, 1973, “Çelik Yapı Elemanları”, Güven Kitabevi, Ankara
- [2] **Uluğ, T.**, 1977, “Çelik Yapılar”, Teknik Yayınevi, İstanbul
- [3] **Schulitz, H., Sobek, W., Habermann, K.**, “Stahlbau Atlas”, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München
- [4] **Deren, H.**, 1995, “Çelik Yapılar”, İTÜ, İstanbul
- [5] **Allen, E.**, 1990, “Fundamentals Of Building Construction Materials and Methodos”, Wiley
- [6] **Gürbüz, J.**, 2002, “Çelik taşıyıcı sistemlerin yangına karşı korunmasında tarihsel süreç ve koruma ilkeleri” Yüksek Lisans Tezi İTÜ, İstanbul
- [7] **Duman, H.**, 1972, “Çelik Yapılar Ders Notları”, İTÜ, İstanbul
- [8] **Blanc, A., McEvoy, M., Plank, R.**, 1993, “Architecture and Construction In Steel”, E&FN Spon, London
- [9] **Akbay, F.**, <http://members.tripod.com/fatihakbay/celikyap.html>
- [10] **Türkiye Yapısal Çelik Derneği**, 2001, “Yapısal Çelik ve Mimari Tasarım Semineri Kitapçığı
- [11] **Dollman+Partner**, 2001, “Office Block in Fellbach”, Detail, 2001-4, 658-663
- [12] **Türkiye Demir-Çelik Üreticileri Derneği**, <http://www.dcud.org.tr>
- [13] **TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası**, <http://www.metalurji.org.tr/>
- [14] **ERDEMİR**, <http://www.erdemir.com.tr/>
- [15] **Özfiliz, S.**, 2002, “Çelik Yapılarda Taşıyıcı Sistemle Dış Duvarları Bütünleştirme Olanakları” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul
- [16] **Önel, H.**, 2003, “Yapı Üretimi Ders Notları” İTÜ, İstanbul

- [17] **Velioglu, S.**, 2001, “İTÜ-TÜSİAD Yaşama Saygı Projesi”, İTÜ, İstanbul
- [18] **Ünver H.**, 2003, “Çelik Yapı Detaylarının Taşıyıcı Sistemler Açısından İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi İTÜ, İstanbul
- [19] **Özgen A., Aşkar G.**, 1994, “Çelik Karkas Yapılar” İTÜ, İstanbul
- [20] **Özgen, A. Bayramoğlu, G.**, 2002, “Çok Katlı Çelik Yapılar”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Çelik Yapılar Seminerleri
- [21] **Koçak, Y.**, 1972, “Perçinli, Kaynaklı, Bulonlu İnşaat Konstrüksiyon Detayları”, Güven Kitabevi, Ankara
- [22] **Hart, A.**, 1992, Multi-Storey Buildings, Steel Designers” Manual, The Steel Construction Institute, London
- [23] **Odabaşı, Y.**, 1982, “Petek Kirişleri Hesap Yapım Yöntemleri”, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul
- [24] **Yorgun, C.**, 1992, “Hasır Çelik Takviyeli Çelik-Beton Kompozit Döşeme Plaklarının Pozitif Moment Bölgesindeki Davranışı ve Taşıma Gücü”, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul
- [25] **Işık, B.** 1997, “Ders Notları”, İTÜ, İstanbul
- [26] **Özşen, G., Yamantürk, E.**, 1989, “Çok Katlı Çelik Yapıların Tasarım İlkeleri”, Y.E.M. Yayını
- [27] **Yıldız, A.** 1998, “Konut Dış Duvarlarında Isı Yalıtımı Sürekliliğinin Sağlanması Üzerine Bir İnceleme” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul
- [28] **Ettinger J., ve diğerleri**, 1963, “Modern Steel Construction in Europe”, Elsevier Publishing Company, Amsterdam
- [29] **Uzay Sistem Prefabrik**, 2001, “Çelik Konstrüksiyon İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Tanıtım Kataloğu”, İstanbul
- [30] **Gerçek, C.**, 1979, “Yapıda Taşıyıcı Sistemler”, Yaprak Kitabevi, Ankara
- [31] **Erol A.**, 1997, “Yapılarda Taşıyıcı Sistemler”, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu
- [32] **Çınarlı F.**, 2002, “Sevsu-Hasan Evi”, Kemerburgaz, İstanbul

## **ÖZGEÇMİŞ**

### **Ozan ÖZYİĞİT**

1976 yılında Iğdır'da doğdu. Orta öğrenimini 1993 yılında İzmir Atatürk Lisesi'nde, lisans öğrenimini ise 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde tamamladı. 1999-2000 öğrenim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı Yapı Bilgisi Programında yüksek lisans eğitimine başladı.

1997 yılında Erözü Mimarlık'ta başladığı mesleki yaşamına başladı. 2000 yılında, İTÜ-TÜSİAD Yaşama Saygı isimli depremzedeler için kalıcı konut projesinde bir yıl çalıştı. Mimar Feyha Çınarlı ile beraber yaklaşık iki yıl çalıştıktan sonra, halen Suyabatmaz Mimarlık'ta mesleki yaşamına devam etmekte ve 1997 yılından beri çeşitli ekiplerle yarışma projelerine girmektedir.